



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



University of Wisconsin

Library

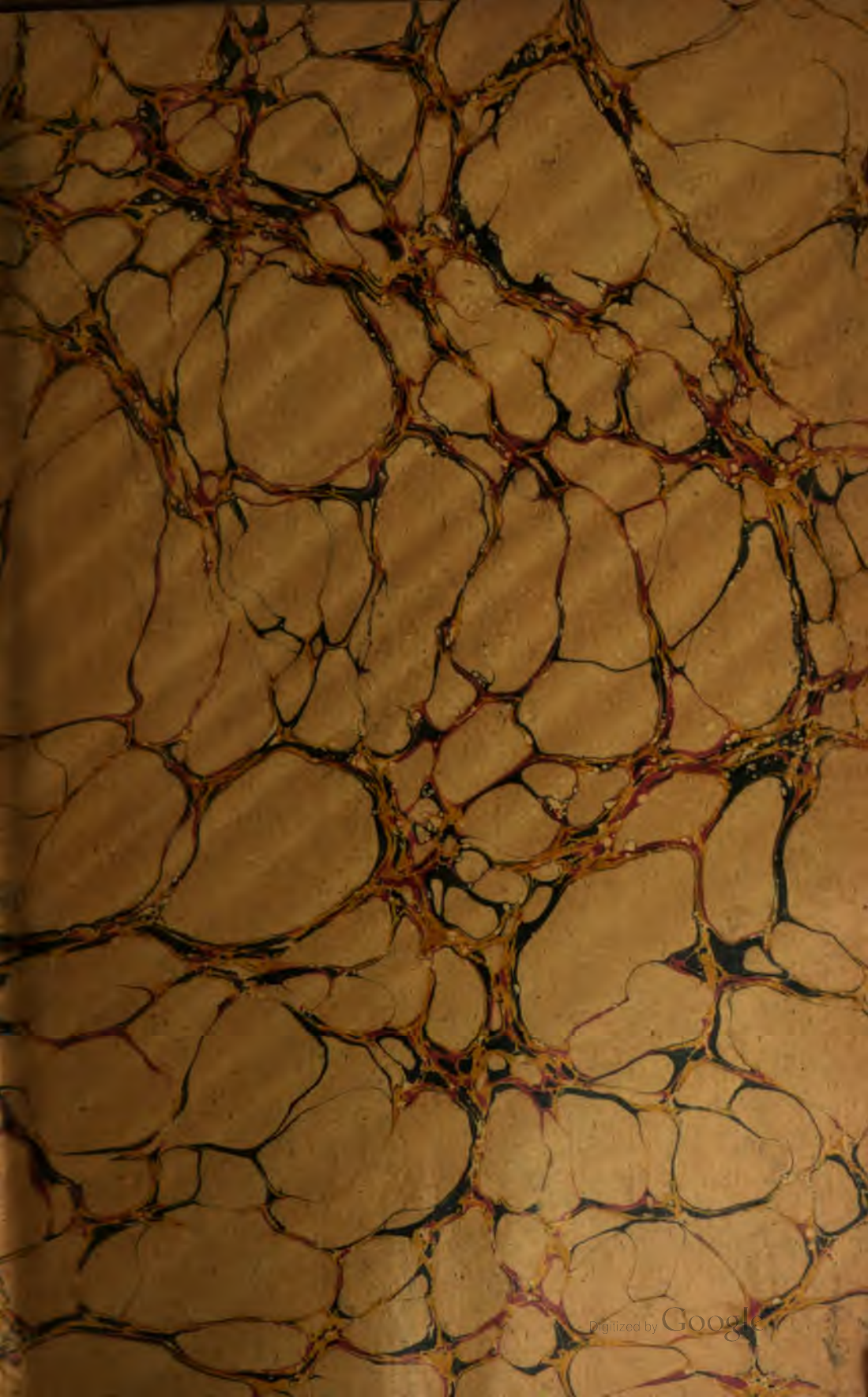
CLASS

TK

BOOK

W78

$\frac{2}{3}$



TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE
DES
MOTEURS A GAZ ET A PÉTROLE
ET DES
VOITURES AUTOMOBILES

Grands prix : Paris 1889, Anvers 1894, Amsterdam 1895, Bruxelles 1897
22 Diplômes d'honneur

JULES RICHARD

Ingénieur-Constructeur — Chevalier de la Légion d'honneur

Fondateur et successeur de la Maison **RICHARD Frères**

8, Impasse Fessart. — PARIS-BELLEVILLE

APPAREILS DE MESURE ET DE CONTROLE

Pour les Sciences et l'Industrie



ENREGISTREURS Brevetés S. G. D. G. écrivant à l'encre leurs indications d'une façon continue sur papier se déplaçant en fonction du temps.



AUTOMOBILES. — Enregistreurs Baromètre enregistreur Manomètre enregistreur de vitesse et de marche, totalisateurs. (Brevetés S. G. D. G.).

MÉTÉOROLOGIE. — Actinomètres, anémomètres, anémoscopes, baromètres, hygromètres, pluviomètres, psychromètres, thermomètres enregistreurs.

MÉCANIQUE. — Dynamomètres de traction et de rotation. Indicateurs dynamométriques (Système Richard). Manomètres enregistreurs et à cadran. Cinémomètres enregistreurs ou à cadran donnant d'une façon absolue la vitesse en mètres par seconde ou le nombre de tours par minute d'un arbre, d'une machine, etc.



Ampèremetre à cadran

INDUSTRIE. — Indicateurs de niveau d'eau enregistreurs, transmetteurs à distance. Hydromètres enregistreurs. Manomètres enregistreurs ou à cadran. Thermomètres avertisseurs, à cadran, enregistreurs, Pyromètres, etc.



Thermomètre enregistreur

ÉLECTRICITÉ. — Ampèremètres et voltmètres enregistreurs ou à cadran, wattmètres enregistreurs, compteurs horaires agréés par la Ville de Paris.

Le VÉRASCOPE, jumelle stéréoscopique réversible construite avec tous les soins que nous apportons dans l'établissement de nos appareils de précision, est par excellence l'appareil des chauffeurs, touristes et sportsmen.



Le Verascope

Il donne l'*illusion absolue de la réalité* en vraie grandeur avec son relief et sans aucune déformation ni exagération de perspective.

Envoi franco des notices et catalogues illustrés sur demande

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE
DES
MOTEURS A GAZ ET A PÉTROLE
ET DES
VOITURES AUTOMOBILES

PAR

Aimé WITZ

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES
DOCTEUR ÈS SCIENCES
PROFESSEUR A LA FACULTÉ LIBRE DES SCIENCES DE LILLE

TOME III



PARIS

E. BERNARD ET C^{ie}, IMPRIMEURS-ÉDITEURS
29, Quai des Grands-Augustins, 29

—
1899

MÉDAILLE D'ARGENT, EXPOS. UNIVERS. 1889. — MÉDAILLE D'OR EXPOS. DE ROUEN 1896

SPÉCIALITÉ D'APPAREILS DE GRAISSAGE

ROBINETS A SOUPE ÉQUILIBRÉE

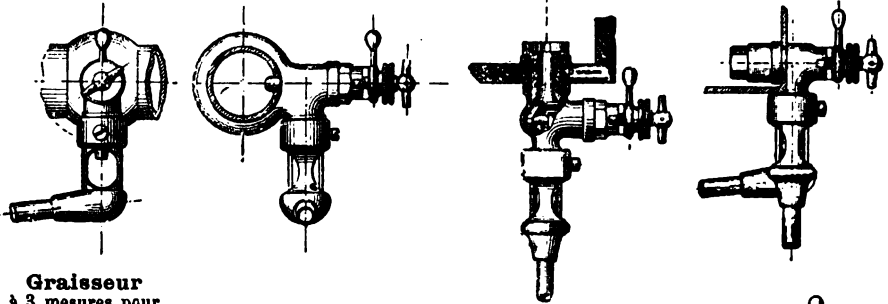


R. HENRY

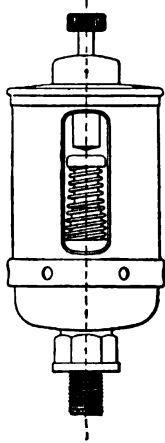
TÉLÉPHONE Seul Construct.-Concessionn. des marq. et des brev. J. HOCHGESAND TÉLÉPHONE
418-50 117, Boulev. de la Villette, 117. — PARIS 418-50

Compte-gouttes pour montage sur une rampe horizontale.

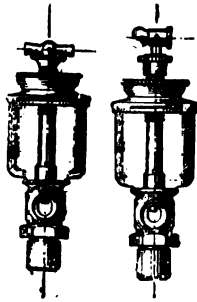
Compte-gouttes s'adaptant à des récipients de forme et de dimensions quelconques.



Graisseur à 3 mesures pour tricycle de Dion



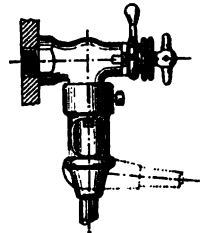
Graisseurs pour paliers et têtes de bielles.



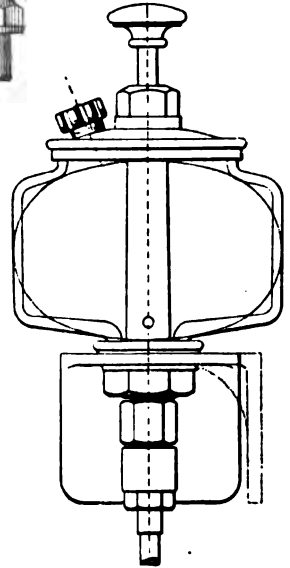
Compte-gouttes droit.



Lanterne compte-gouttes.

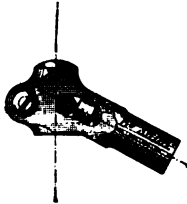


Graisseur à percussion



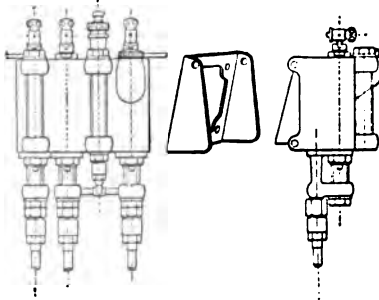
Salvator

Appareil de sûreté renfermant le ressort de rappel agissant par compression, remplaçant les ressorts de rappel actuels des culbuteurs aux moteurs Daimler et autres.



Oléopolymètre

Appareil de graissage à plusieurs débits pour voitures automobiles.



La maison se charge de toute installation de graisseurs, un local spécial est affecté à ce travail

J. & O. G. PIERSON 47 Rue Lafayette PARIS



NOUVEAU TYPE MOTEUR à GAZ "CROSSLEY" 1 à 1½ CHEVAL

Prix extrêmement réduits

Moteurs à Gaz "Crossley"

J. & O. G. PIERSON

47 Rue Lafayette PARIS



Manufacture Française

NOUVEAU TYPE MOTEUR à GAZ "CROSSLEY" 19 CHEVAUX

Prix extrêmement réduits Consommation 500 Litres par cheval heure

58633

JUL 15 1901

TK

1178

69 5 7067

BIBLIOGRAPHIE

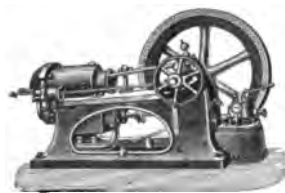
- Diesel.** — Theorie und Construction eines rationellen Waermemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren; (Berlin, Julius Springer, 1893).
- Witz.** — Les Machines thermiques à vapeur, à air chaud et à gaz tonnants (*Encyclopédie des aide-mémoire Léauté*) 1 vol. in-12 (Paris, Gauthier-Villars et Masson, 1893).
- Ringelmann.** — Rapport sur le concours spécial de moteurs à pétrole à Meaux (Meaux, 1894).
- Hartman et Schätler.** — Prüfung der petroleum Motoren (Berlin, Unger, 1894).
- Delamare-Deboutteville.** — Des moteurs à gaz et du moteur Simplex (Rouen, Cagniard, 1894).
- Capper.** — The trials of oil Engine at Cambridge (London, Spottiswoode, 1894).
- Witz.** — Les derniers progrès de la machine à vapeur (*Revue générale des Sciences*, 1895).
- Grover.** — The Effects of the products of combustion upon explosive mixtures of coal gas and air (Manchester, *The practical Engineer*, 1895).
- Witz.** — Les moteurs à gaz à l'Exposition de Rouen (*Energie électrique*, 1896).
- Dugald-Clerk.** — Recent developpements of the gas Engines (*Proceedings of the Institution of civil Engineers*, London, 1896).
- Meyer.** — Versuche an der 160 pferdigen Kraftgasanlage mit koksgeneratoren der Wasserwerke, zu Basel (Berlin, *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1896).
- Riché.** — Note sur un nouveau mode d'utilisation des bois de chauffage (Paris, Mouillot, 1896).
- Petrđano.** — Neuerung an Gaskraftmaschinen zur Erzielung augenblicklicher Verbrennung (Berlin, *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1896).
- Schröter.** — Diesel's Rationeller Wärmemotor (Berlin, *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1897).
- Heirman.** — Quelques mots sur la question des moteurs à gaz pauvres (*Union des Ingénieurs de Louvain*, 1887).
- De Keyser.** — La pratique des essais de gazogènes (Bruxelles, sans date).
- Witz.** — L'état actuel et les besoins de l'industrie des moteurs à gaz et à pétrole en France (Paris, *Revue générale des Sciences*, 1897).
- Humphrey.** — The Mond gas-producer plant and its application (London, *Proceedings of the Institution of civil Engineers*, 1897).
- Dicke.** — Fortschritte in der Erzeugung und Verwendung von Wassergas (München, Oldenburg, 1897).
- Hubert.** — De l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux pour la production de la force motrice (*Annales des Mines de Belgique*, 1897).
- Burstall.** — First Report to the Gas-Engine Research Committee (*Institution of mechanical Engineers*, 1898).
- Crozet.** — Etude sur les efforts qui font naître les trépidations dans les automobiles à pétrole (Paris, Rey, 1897).
- Greiner.** — De l'emploi des gaz de hauts fourneaux comme moteurs (Meeting of Iron and Steel Institute, London, 1898).
- Witz.** — Moteurs à combustion et haute compression (*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 1898).
- Witz.** — Le moteur Diesel et le perfectionnement des moteurs thermiques (Paris, *Revue générale des Sciences*, 1898).
- Pierson.** — L'éclairage électrique par moteurs à gaz (Manchester, Falkner et fils, 1898).
- Witz.** — Rapport sur les expériences faites sur un moteur Simplex alimenté de gaz de hauts fourneaux aux ateliers de la Société Cockerill (juillet, 1898).

"PRIESTMAN"

LE PLUS ANCIEN MOTEUR A PÉTROLE LOURD

Le Seul ayant fait ses preuves

GRAND PRIX
DE LA
SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
Pour l'Industrie Nationale en 1896



Pour Industrie et Agriculture

RÉFÉRENCES

SÉRIEUSES



Pour Bateaux

R. DE FARAMOND DE LAFAJOLE

Ingénieur E. C. P., Concessionnaire exclusif.

14, Cité Vaneau — PARIS

TELEPHONE 701-38

Elévations d'Eau, Lumière Electrique, etc.

CANOTS & YACHTS A PÉTROLE

INTRODUCTION

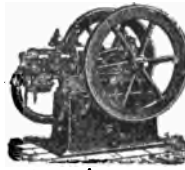
La première édition de cet ouvrage, paru en 1886, formait un petit livre in-12 de 286 pages : la troisième édition se composait déjà de deux forts volumes in-8°, de plus de 400 pages chacun, renfermant en tout près de 300 figures. Or, il fallait poursuivre l'historique des développements incessants et continus des moteurs à gaz et à pétrole ; il convenait de compléter la théorie générale et expérimentale de ces machines, de présenter avec méthode les résultats des nouvelles expériences poursuivies avec ardeur en ces derniers temps, de faire la monographie détaillée des créations les plus récentes et de développer les innombrables applications des moteurs, dont le champ d'action s'élargit chaque jour. D'autre part, les progrès de l'automobilisme ouvraient un chapitre nouveau de l'histoire et des progrès des moteurs à pétrole. Un troisième volume devait donc venir s'ajouter aux deux premiers : on nous demandait de tous côtés ce complément dont les matériaux s'amassaient et grossissaient depuis quatre ans.

Nous le présentons avec confiance à nos fidèles lecteurs ; ils y trouveront de nombreux et intéressants documents et pourront sans doute y puiser d'utiles renseignements : c'est le vœu de l'auteur et des éditeurs.

MOTEURS CHARON

Consommation
garantie

500 LITRES
par
CHEVAL-HEURE



GAZ & PÉTROLE

Gazogène au bois Riché

Economie garantie de 50 à 80 %
sur tous les autres systèmes de
production de force motrice

**S^G DES INDUSTRIES ÉCONOMIQUES
40 - RUE LAFFITTE - PARIS**

TRAITÉ
THÉORIQUE ET PRATIQUE
DES
MOTEURS A GAZ ET A PÉTROLE
ET DES
VOITURES AUTOMOBILES

CHAPITRE PREMIER

HISTOIRE DES MOTEURS A GAZ

On peut appliquer aujourd'hui aux moteurs à gaz le mot qui a été dit des peuples heureux : ils n'ont plus d'histoire ! Créés par Lebon, développés par Lenoir, Otto, Beau de Rochas, Dugald Clerk, et par d'autres, ils sont entrés enfin dans la période calme, régulière et fructueuse de l'application ; sans être parvenus encore à la perfection, ils ont du moins réalisé pleinement les conditions d'une bonne marche industrielle et ils sont devenus les moteurs les moins encombrants, les plus faciles à installer et les plus économiques, du moins quand on les alimente aux gaz pauvres. La machine à vapeur trouve souvent en eux des concurrents victorieux.

Il ne faut plus s'attendre maintenant à voir surgir tout à coup des dispositions nouvelles, venant bouleverser les idées acquises et provoquant une révolution dans la construction des moteurs à gaz. Leur théorie est établie sur des bases assez solides pour qu'il ne reste rien à attendre du hasard et de l'imprévu ; leur cycle est assez étudié pour nous permettre de croire qu'il n'y a plus d'intérêt majeur à le transformer : si la théorie expérimentale est restée incomplète, il faut reconnaître que les découvertes qu'on fera dans cette voie ne

peuvent guère aboutir qu'à des modifications de détail qui influenceront peut-être beaucoup sur les rendements sans nous amener cependant à altérer sensiblement les divers types actuels.

Les quatre dernières années, dont ce volume est destiné à retracer plus spécialement les travaux et les progrès, ont été fécondes en ces améliorations de dispositifs et d'organes, d'ordre secondaire sans doute, mais importantes quand même, portant surtout sur des questions de pratique et de construction. Nous essaierons de les mettre en lumière dans ces quelques pages d'introduction.

Les expositions sont un *criterium* de la marche d'une industrie : les industries mécaniques s'y révèlent mieux encore que les autres.

L'exposition d'Anvers de 1894 avait déjà présenté un réel intérêt pour les visiteurs français qui y avaient découvert (le mot est exact) des moteurs étrangers que nos revues techniques semblaient ignorer : sur soixante-cinq moteurs étrangers, il y avait quinze belges, trente allemands, quinze anglais ; cinq seulement étaient français ; ces derniers n'étaient d'ailleurs exposés que par les deux maisons Niel et Boulet. Signalons, parmi les nouveautés de cette exposition : les moteurs Ragot (Belgique) ; Dürkopp, Grob, Hille, Kappel, Molitor (Allemagne) ; Fielding, Forward, Acme, Tangye (Angleterre). En faisant la synthèse des idées qui paraissaient prévaloir, on constatait que la soupape triomphait déjà du tiroir ; l'allumage par tube incandescent dominait, avec ouverture libre pour les petits moteurs ; avec ouverture commandée pour les plus grandes puissances ; l'allumage électrique par pile ou magnéto ne se répandait pas ; les régulateurs d'inertie ou pendulaires étaient appliqués sur toutes les petites machines. L'aspect général des moteurs variait avec le pays d'origine : les allemands, formés à l'école de Deutz, conservaient les tiroirs d'allumage et les commandes par engrenages coniques, tandis que les anglais, suivant les indications de Crossley, préféraient les soupapes et les engrenages hélicoïdaux ; les premiers faisaient beaucoup de moteurs verticaux à pilon ; les seconds restaient fideles au type horizontal ; l'impression générale était, en somme, plus favorable aux derniers, qui avaient créé des modèles plus élégants et mieux compris.

Les expositions suivantes, universelles de nom, régionales de fait, de Lyon, Bordeaux et Rouen, ont présenté assez peu d'intérêt, parce qu'on n'y a vu paraître que les moteurs dont les noms couvrent

depuis longtemps nos murs de France et dont les dessins illustrent les dernières pages de toutes nos revues techniques : il n'y avait donc rien de nouveau. Mais les observations faites ci-dessus à l'occasion de l'exposition d'Anvers s'appliquent aussi à celles qui l'ont suivie. Les divers constructeurs tendent manifestement vers un type commun, sorte de synthèse des efforts et des idées de tous, mieux agencé qu'autrefois, dessiné avec plus d'art, construit avec plus de soin, moins bruyant, plus économique. Les différences qui subsistent entre eux sont minimes. Tout le monde fait de l'Otto, à cames et soupapes, à haute compression, à grande vitesse, avec allumage par incandescence ; la disposition de l'arbre de distribution change un peu ; il est quelquefois même remplacé par une commande directe par excentrique, mais c'est une question de forme qui présente peu d'intérêt pour le visiteur d'une exposition.

A Bruxelles, en 1897, la présence des constructeurs étrangers a donné un peu plus de variété à l'ensemble, mais l'impression générale était bien encore celle que nous venons d'exprimer. Les moteurs Otto, Fielding, Tangye, Clark et Chapman, Hille, Acme, Express, National, Robey, etc., répondaient à un concept uniforme, dans lequel il fallait des gens réellement experts pour démêler quelques divergences de détail plus ou moins importantes. Seuls les moteurs Letombe, à double effet et surcompression, et Polke, avec mécanisme distributeur à double vis hélicoïdale, présentaient quelque nouveauté : le premier a été couronné par un grand prix qui a honoré la construction française.

Des concours auraient plus d'intérêt et d'utilité que ces expositions à grand orchestre : c'est la pensée qui avait inspiré, en 1895, à la Société technique de l'Industrie du gaz en France, le projet de préparer à Paris une exhibition toute spéciale de moteurs devant être soumis à l'examen d'une commission d'ingénieurs compétents, qui n'auraient prononcé entre les concurrents qu'après une série d'expériences variées. On m'avait fait l'honneur de me demander de participer aux travaux de la commission d'essais ; mais un concours aussi sérieux n'était pas de nature à plaire à des gens d'affaires qui veulent tous faire croire au public que leur machine est la meilleure, la plus parfaite et la plus économique de toutes. Le projet échoua donc faute d'adhérents !

L'idée était pourtant fort louable, et elle avait déjà abouti pour les moteurs à pétrole : on avait donc le droit d'espérer un meilleur accueil de la part des intéressés.

Trois concours remarquables avaient précédemment été organisés dans le but de mettre en relief les progrès réalisés par les constructeurs de moteurs à pétrole : ils ont eu lieu tous les trois dans le courant de l'année 1894, à Meaux, à Cambridge et à Berlin. M. Ringelmann, directeur des essais à l'École nationale de Grignon (1), avait su attirer à Meaux huit moteurs fixes ou locomobiles de MM. Niel, Hornsby, Grob, Griffin, Merlin et de la Société de Winterthur (en Suisse); aucun concurrent n'est parti les mains vides, attendu que tous ont obtenu une médaille d'or, de vermeil ou d'argent. M. Ringelmann avait tenu compte dans son classement du rendement thermique, des frais journaliers et de la construction des machines : le moteur Grob a eu le meilleur rendement thermique égal à 17,1 %, et il a encore été classé premier au point de vue des frais journaliers ; le moteur Griffin a eu la meilleure note de construction. M. Merlin a eu l'honneur d'être premier au classement général : MM. Grob, Griffin et Niel l'ont suivi de près. Signalons dès maintenant qu'un moteur Grob de cinq chevaux n'a consommé que 1.500 grammes par heure, soit 300 grammes par cheval-heure effectif ; pour sa mise en train, le moteur Merlin n'a dépensé que 16 grammes. Ce concours a fait grand honneur à M. Ringelmann, au Syndicat agricole de Meaux et aux exposants.

C'est M. Capper qui a organisé le concours de la Société Royale d'agriculture de Cambridge ; il était assisté de MM. Ewing et Neville Grenville, ce dernier ayant été suppléé sur la fin des essais par M. Denison (2). Les concurrents étaient : la Britannia Co et MM. Campbell, Hornsby, Crossley, Samuelson, Fielding et Platt, capitaine Wells, Weymann et Hitchcock pour les machines fixes et demi-fixes, et MM. Campbell, Crossley, Clark-Chapman et Hornsby pour les locomobiles. Le moteur qui a consommé le moins de pétrole, allumage compris, a été un moteur de 7 chevaux de Crossley, dont la dépense n'a point dépassé 272 grammes par cheval-heure ; la locomobile des mêmes cons-

(1) Voir *Bulletin du Syndicat agricole de l'arrondissement de Meaux*, 15 juin 1894.

(2) *The trials of oil Engines at Cambridge*, in *The Journal of the Royal Agricultural Society of England*, tome V, 3^e série, 1894.

tructeurs a encore été la plus économique avec une consommation de 400 grammes pour un moteur d'une puissance de 10 chevaux. Pour éprouver l'endurance des machines, on les soumettait à la rude épreuve de trois journées de marche continue de dix heures, sans aucun nettoyage; dans ce cas, la consommation moyenne était évidemment un peu supérieure à celle de l'essai ordinaire : ce sont les moteurs Crossley et Hornsby qui ont détenu le record de ce dernier genre d'essai. Le rapport de M. Capper, auquel nous empruntons ces chiffres, est très documenté et plein d'intérêt; nous ferons connaître plus loin les résultats complets des diverses machines concurrentes.

L'Allemagne n'a pas voulu rester en retard, et la *Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft* a confié à MM. Hartmann et Schöttler le soin d'organiser un concours à Berlin : il a commencé le 15 mai, alors que celui de Meaux avait lieu le 19. On essaya douze locomotives et quinze machines fixes de 12 à 21 chevaux. Nous relevons parmi les firmes engagées dans ce concours les noms de : MM. Altmann (de Berlin), Grob (de Leipzig), Januscheck (de Schweidnitz), Robey (de Breslau), Hütte (de Dresde), Langensiepen (de Magdebourg), Swiderski (de Leipzig), Bützke (de Berlin), Koerting (de Linden); les sociétés représentées étaient la *Gasmotoren Fabrik* de Deutz, la *Daimler Motoren Gesellschaft* de Cannstadt (Wurtemberg), la *Motoren Fabrik d'Oberursel* (Seck et C^{ie}), la *Dresdener Gasmotoren Fabrik* (Moritz Hille), la *Bielefelder Maschinenfabrik* (Dürkopp) et la *Berliner Maschinenbau Aktien Gesellschaft* (Schwartzkopff). Cette énumération permet d'apprécier l'importance de ce concours, qui a fait l'objet d'un beau rapport dont nous extrayons ce qui suit (1). Les épreuves au frein étaient quadruples et comprenaient une demi-heure de marche à vide, une heure à charge normale, une heure à demi-charge et un temps indéterminé au maximum de puissance possible, ce dernier essai devant durer cinq minutes au moins. L'épreuve pratique agricole pouvait atteindre une durée de soixante heures; en même temps que le moteur actionnait une machine à battre, il devait mouvoir une dynamo à lumière, ce qui permettait d'apprécier sa régularité par le meilleur procédé; mais ces derniers essais n'étaient permis qu'aux machines ayant déjà fourni de bons résultats aux premières épreuves

(1) *Prüfung der Petroleum Motoren, in Arbeiten der deutschen Landwirtschafts Gesellschaft*, volume VI, Berlin, 1795.

au frein. C'est le moteur demi-fixe Swiderski de 10 chevaux qui a consommé le moins de pétrole, soit 375 grammes par cheval-heure effectif; le moteur Altmann arrivait presque *ex æquo* avec 378 grammes. Beaucoup de machines consommaient de 400 à 600 grammes; l'une d'elles monta à 1.190 grammes, et cela à pleine charge! Ont été admises à l'épreuve de soixante heures les locomobiles Otto, Hille, Schwartzkopff, Seck et Swiderski, les machines fixes de Dürkopp, Langensiepen, Swiderski, Otto, Hille, Kœrting et Schwartzkopff.

L'utilité de semblables concours est incontestable; les meilleures machines et les constructeurs les plus sérieux sont signalés aux intéressés, ce qui est un premier avantage; l'opinion publique y gagne d'autre part un élément d'appréciation plus solide que celui qui ressort des réclames plus ou moins audacieuses qui revendiquent toutes les perfections pour leurs appareils. Enfin ces concours font la preuve officielle des progrès réalisés par la construction, et ils établissent nettement l'état présent de la fabrication. Les épreuves de Meaux, de Cambridge et de Berlin feront donc époque dans l'histoire des moteurs à pétrole.

A l'occasion de l'Exposition de Bruxelles de 1897, les Sociétés provinciales d'agriculture du Brabant et du Hainaut ont organisé un concours de moteurs et de locomobiles à pétrole, qui a encore présenté de l'intérêt. Il y eut trois concurrents dans chaque catégorie. Les moteurs présentés étaient le Gnôme de MM. Nagel et Hermann, de Bruxelles, le moteur Capitaine et celui de la Société française de matériel agricole de Vierzon. A vide, la consommation horaire sur piston du moteur Capitaine fut la moindre; à la charge normale des moteurs, le Gnôme vint le premier, suivi de près par le moteur Capitaine. Ce dernier eut le prix.

Les locomobiles exposées portaient les marques de Swiderski, de Hille et de la Société de Vierzon: la locomobile de Vierzon consumma 622 grammes de pétrole par cheval-heure effectif, dont 402 grammes seulement sur piston; la mise en train put être effectuée par un seul ouvrier, en cinq minutes, tandis qu'il fallut un temps double pour les deux autres machines. Ce résultat fut remarqué.

L'année 1895 a failli être signalée par un combat singulier, par un match, entre deux concurrents réputés entre tous: la rencontre eût assurément vivement intéressé la galerie des spectateurs. Voici

quelle a été la cause du différend : il n'y avait pas eu de gros mots échangés, encore moins de voies de fait commises, mais la Compagnie des Moteurs économiques avait annoncé des consommations inférieures à 500 litres pour un moteur Charon qu'elle installait à Bordeaux. « Tenez-vous l'engagement à pleine et à demi-charge ? » avaient demandé indiscretement MM. Pierson, agents de la maison Crossley. On leur avait répondu en les provoquant à une épreuve comparative, et je fus choisi, d'un commun accord, par les deux parties pour décider entre elles. J'avais dressé le programme de la lutte, et il avait été accepté de part et d'autre, sans réserve ; mais on attend encore que les concurrents puissent mettre en ligne, à Paris, deux machines de mêmes dimensions, les constituant dans des conditions absolues d'égalité. Je reste à leur disposition.

La question à résoudre dans ce singulier conflit soulevé entre les excellents moteurs Crossley et Charon était d'ordre théorique autant que pratique. En effet, il s'agissait de savoir si le cycle classique d'Otto, perfectionné par une haute compression, par une marche à grande vitesse, par un balayage des produits de la combustion, etc., pouvait donner le même rendement qu'un autre dans lequel la détente était prolongée au prix d'une diminution de compression. Voilà en réalité un curieux problème qu'il importerait de résoudre : il présente un réel intérêt, et des essais comparatifs faits à différentes charges auraient pu jeter quelque lumière sur ce point controversé.

Le moteur Otto, que tous copient aujourd'hui, ne donne cependant pas encore la dernière et plus parfaite manière de transformer en travail l'énergie potentielle d'un mélange tonnant renfermé dans un cylindre. On pourrait faire mieux et nous allons développer cet aperçu.

Le cycle Otto, caractérisé par l'accomplissement des quatre temps du cycle dans un cylindre unique, en deux tours de manivelle, présente assurément d'indiscutables avantages, qui lui ont valu la prééminence sur les moteurs à deux temps, presque entièrement abandonnés aujourd'hui ; mais ce cycle soulève une objection, faite depuis longtemps, et à laquelle il paraissait très difficile d'échapper. C'est la suivante : le volume invariable de mélange admis, toujours égal à celui de la cylindrée, ne permet pas de détendre suffisamment les produits de l'explosion ; il en résulte une perte de travail assez

importante, puisqu'on n'utilise pas toute l'énergie actualisée dans la déflagration ; par suite, les gaz s'échappent du cylindre à une température trop élevée, qui diminue le rendement thermique du cycle. Un grand nombre d'inventeurs ont cherché à corriger le cycle d'Otto de ce grave défaut ; Charon a été un des mieux inspirés, mais il est tombé dans un autre défaut, résultant de la diminution de compression au prix de laquelle il réalise l'allongement de la détente ; or, cette diminution abaisse le rendement et compense en partie l'avantage obtenu, surtout quand le moteur travaille à faible charge. Niel avait eu une autre idée fort ingénieuse aussi ; il supprimait l'admission aux deux tiers environ de la course d'aspiration, et comprimait néanmoins à 3 kil.,5 ; la détente se trouvait ainsi allongée, mais il se produisait une dépression dans le cylindre à partir du moment où la soupape d'admission se fermait en phase d'aspiration du mélange ; de plus, l'admission n'était pas sous la dépendance du régulateur, qui opérait par prise de tout ou rien. Toutefois, il faut reconnaître que Niel obtenait fort simplement le résultat qu'Atkinson atteignait par son dispositif cinématique, si remarquable, mais si compliqué, du raccourcissement de la course d'aspiration et de compression. M. Heynen, dans le moteur Champion, a appliqué d'une autre manière le même principe ; une soupape disposée sur le côté du cylindre y laisse entrer de l'air aussitôt que la soupape d'admission se ferme ; cette soupape reste ouverte, quand le piston revient en arrière pour commencer la compression, et elle ne retombe qu'après que le piston l'a dépassée dans son retour. Il y a donc aspiration d'air pendant un tiers de la course, et expulsion du même volume d'air pendant le premier tiers de la course de compression. Comme cet air est confiné au fond du cylindre, l'inventeur *suppose* qu'il ne se mêle pas au mélange renfermé dans le cylindre ; cette supposition ne se vérifie peut-être pas complètement en pratique, et il s'échappe sans doute un peu de gaz, mais la perte est minime, attendu que l'on obtient à peu près le même rendement suivant que l'air expulsé est jeté sur le toit ou bien remisé dans le socle du moteur.

Toutes ces solutions sont encore imparfaites.

Voici ce qu'il faudrait : on devrait faire fonctionner les moteurs à gaz comme fonctionnent les machines à vapeur, en admettant une charge

tonnante de richesse constante, mais de volume variable, sous la dépendance du régulateur, suivant les besoins du travail et du réglage. De la sorte, le volume admis serait indépendant de la course du piston; la détente pourrait être allongée à volonté, et elle serait maximum alors que le moteur travaillerait à moindre charge. La vitesse se réglerait donc sans supprimer aucune explosion, et chaque cycle de quatre temps aurait son impulsion motrice, sans qu'on soit exposé à avoir des ratés.

La maison Ganz avait exposé à Buda-Pesth un moteur conçu dans cet ordre d'idées. Il admettait un mélange de compression invariable, mais il en introduisait un volume variable, suivant la vitesse acquise et la position du régulateur.

M. Letombe a trouvé une solution équivalente en créant un moteur à admission et surcompression variable sous l'action du régulateur. Mais on arrivait ainsi à avoir un mélange de teneur variable et l'on se trouvait exposé à introduire dans le cylindre des mélanges trop pauvres pour pouvoir exploser; c'eût été une grave imperfection que M. Letombe a corrigée en augmentant la compression au fur et à mesure que la richesse en gaz du mélange diminue. Par ce moyen, le rendement thermique reste constant, et la marche à demi-charge continue d'être économique. Le mérite du moteur Letombe a été reconnu à l'Exposition de Bruxelles par la plus haute récompense que le jury ait eue à sa disposition.

Tous ces dispositifs conservent intact le principe du cycle à quatre temps d'Otto et de Beau de Rochas : ils constituent des modifications de détail qui ne transforment pas le type.

On ne construit guère aujourd'hui d'autres moteurs que des moteurs du genre Otto.

La marche à deux temps, adoptée par M. Dugald Clerk, n'est employée que dans le moteur Bénier, et dans le remarquable moteur à deux pistons opposés dans le même cylindre de M. von Oechelhaeuser.

Les moteurs à combustion, genre Brayton, Simon et Gardie étaient eux-mêmes bien peu en faveur, quand un savant allemand a rappelé sur eux l'attention des constructeurs.

M. Rudolph Diesel, ingénieur à Munich, a publié en 1893, une intéressante étude sur la théorie et la construction d'un moteur *thermique rationnel* destiné à supplanter les machines à vapeur et les autres

machines à feu connues aujourd'hui (1). L'auteur de cet intéressant travail y présentait une théorie nouvelle de la combustion, à la lumière de laquelle il se proposait d'énoncer les conditions qu'il faut remplir pour tirer d'une quantité de chaleur donnée la plus grande somme possible de travail. Passant de la théorie à la pratique, l'ingénieur bavarois établissait le projet d'une machine, analogue assurément aux moteurs à air et à gaz, mais qui en différait essentiellement d'après lui, par le principe même qui l'avait inspiré. Il se faisait fort de démontrer que les moteurs mis en service précédemment étaient établis sur des bases fausses (dass sowohl Feuerluft als Gasmotoren principiell falsch arbeiten), et qu'il fallait renoncer à en tirer de meilleurs résultats aussi longtemps qu'on persévérerait dans l'erreur originelle de leur concept.

C'était une véritable révolution de la théorie; il devait en résulter une révolution dans la pratique et l'on en escomptait par avance les brillants résultats.

Un premier essai de construction fut tenté dès l'année 1893 (2); mais le nouveau moteur opérait des compressions si énormes, il réalisait de si grandes vitesses et il s'y développait des températures si élevées que l'exécution des idées du maître se heurta à des difficultés pratiques insurmontables au début; on voulut d'ailleurs employer d'abord comme combustible du charbon pulvérisé, et ce fut un autre écueil à franchir. On le tourna prudemment; on sacrifia d'abord de la pression, puis on abandonna d'autres prétentions; on aboutit, somme toute, en 1895, à un moteur de 12 chevaux, qui ne marcha pas trop mal. Enfin, en 1897, on put mettre sur pied un moteur de 20 chevaux, fonctionnant au pétrole, que nous décrirons plus loin, et qui donna de beaux résultats, officiellement constatés par un essai du savant professeur Schröter.

Ces expériences furent faites en présence d'ingénieurs délégués par des maisons de construction de tous pays, désireuses de s'assurer le privilège d'exploitation de ce merveilleux moteur; on y vit aussi

(1) *Theorie und construction eines rationalen Warmemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren*; Berlin, Julius Springer.

(2) *Diesel's Rationeller Warmemotor*; *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, Berlin, 1897.

une commission française composée de M. Sauvage, professeur à l'École des Mines de Paris, Carié, ingénieur en chef des Forges et Chantiers de la Méditerranée, Merceras et Dyckhoff, constructeurs à Bar-le-Duc.

Les résultats furent remarquables ; la consommation de pétrole par cheval-heure effectif, en pleine charge, fut de 238 grammes et de 276 grammes à demi-charge ; or, les meilleures machines dépensaient généralement jusqu'ici de 300 à 400 grammes (1).

On cria la merveille dans toutes les revues techniques et le moteur Diesel fut l'objet de l'attention générale : il la méritait bien.

Mais les amis de M. Diesel se laissèrent emporter un peu trop loin par l'enthousiasme, lorsqu'ils annoncèrent qu'à bref délai les trains seraient remorqués par la nouvelle machine et que les transatlantiques feraient leur traversée à une vitesse double avec une consommation de charbon moitié moindre : nous n'en sommes malheureusement pas encore là. Ce n'est d'ailleurs pas la première fois qu'on nous fait espérer cette éventualité encourageante et les admirateurs des cycles de Stirling et d'Ericsson ont eu les mêmes illusions et, ajoutons-le, des déceptions égales à celles qu'on se prépare, en s'emballant outre mesure sur les premiers résultats fournis par une machine à pétrole de 29 chevaux. On construit, dit-on, à Augsburg, un moteur de 120 chevaux, alimenté par un gazogène Buire-Lencachez ; attendons les résultats pour asseoir un jugement plus motivé.

Pour nous, le moteur Diesel est un moteur Brayton, grandement amélioré théoriquement par la haute compression préalable, pratiquement par la combinaison d'une marche à quatre temps avec la combustion. C'est peut-être ce fonctionnement à quatre temps qui a manqué au moteur Gardie pour obtenir de plus beaux résultats.

On reviendra certainement aux moteurs à combustion pour les grandes puissances ; sans vouloir prétendre à un rôle de prophète qui ne me convient pas, je demande cependant la permission de redire ici ce que j'écrivais dans le premier volume de cet ouvrage, en 1891 : « Nous sommes persuadé que l'on reviendra à ce type et qu'on le fera avec succès, surtout pour les grandes puissances (2). » Les gros moteurs à explosion sont soumis à une épreuve pratique trop

(1) Signalons toutefois que M. Petráno a obtenu par un moteur de 4 chevaux, le cheval-heure effectif au prix de 250 grammes de pétrole ayant une densité de 0,85.

(2) Tome I, page 186.

rude, et l'on s'expose à payer par un accident désastreux la moindre déféctuosité du métal; des ruptures d'arbres de couche, même calculés très largement, forgés et travaillés dans les meilleures conditions, ne justifient que trop cette manière de voir. Les constructeurs anglais, non moins prudents qu'habiles, ont montré une sage défiance dans cette grave question, et ils n'ont pas encore dépassé des diamètres de 462 millimètres et des courses de 0^m,600. Le plus puissant moteur sorti de la maison Crossley est à deux cylindres de ces dimensions, placés en opposition et agissant par leur tige sur une manivelle commune disposée entre les cylindres. Deux machines de ce modèle sont en service depuis quatre ans à la *Blackpool Towe C^o*, où elles actionnent des dynamos, des pompes et des monte-charges. Elles font 160 tours, marchant au gaz de houille et développant 220 chevaux indiqués : elles n'ont encore eu à subir aucune réfection. M. Dugald Clerk estime à moins de cent le nombre des moteurs anglais atteignant une puissance de 100 chevaux indiqués. Nous avons eu tort en France de vouloir aller trop vite et de ne pas imiter la prudente réserve de nos concurrents.

L'emploi des gaz pauvres, très répandu en Angleterre et en Allemagne, a fait aussi de réels progrès en France : les gazogènes Dowson, Buire-Lencachez, Fichet et Heurtey, Pierson, Bénier et autres se multiplient et permettent d'obtenir le cheval-heure effectif au prix d'une consommation minime d'anhracite. Ces appareils auraient eu de plus nombreuses applications s'ils se prêtaient sans embarras à l'usage de nos charbons français, qui coûtent beaucoup moins cher que les anhracites, amenés à grands frais du pays de Galles. C'est dans cette voie qu'il faut diriger nos études : de sérieux progrès ont déjà été réalisés, et l'on a utilisé fort heureusement des charbons maigres d'Anzin, de Vicoigne, de Nœux, de Charleroi, etc.; mais nous avons des couches excellentes aussi dans le Gard, l'Aveyron, la Saône-et-Loire, etc., et ce serait un grand bénéfice pour notre pays si l'on parvenait à s'en servir dans les gazogènes.

Mais voici qu'une application nouvelle se présente pour les moteurs à gaz.

Dans une des spirituelles chroniques, dont il agrémente chaque semaine la *Revue Industrielle*, M. Delahaye s'est amusé un jour agréablement des moteurs à gaz et de ses lecteurs : voici en effet ce qu'il

disait le 9 février 1897. « Parmi les ingénieurs anglais qui depuis dix à quinze ans s'occupent de la production et de l'utilisation du gaz riche ou pauvre, à l'éclairage, au chauffage et à la force motrice, il n'en est pas qui pourraient soutenir la comparaison avec M. Thwaite au point de vue de l'imagination. Ce n'est pas que ses idées soient absolument inédites, mais lors même qu'il s'inspire des conceptions de ses prédécesseurs, il les présente avec un luxe de détails, au besoin de calculs, qui fait oublier les vagues hypothèses de l'ancien temps ; il les assaisonne d'ailleurs à la sauce du jour, ce qui n'est pas sans donner un air d'actualité à ces revenants d'un autre âge. Pour le moment, M. Thwaite s'intéresse aux moteurs à gaz ; il ne s'agit pour lui ni du gaz de houille, ni du gaz Dowson, ni même du gaz pauvre de gazo-gène, dont le moindre tort est de faire trop parler d'eux ; quant aux moteurs à gaz, assez de gens s'en occupent, et on ne compte plus les expositions, ni les publications qui leur sont consacrées. Heureusement, on n'avait pas encore discuté à fond la question de l'emploi des gaz de hauts fourneaux pour actionner les moteurs à gaz, et M. Thwaite s'en empare dans le journal *Iron and Coal Trades Review*. On conçoit sans peine tout le parti que peut tirer un auteur anglais d'un sujet aussi élastique : le haut fourneau y est peu à peu transformé en station centrale d'énergie, si le lecteur veut bien prendre la peine de nous suivre ».

M. Delahaye exposait ensuite comment M. Thwaite proposait d'utiliser les gaz combustibles sortis du gueulard pour actionner des moteurs à gaz, lesquels feraient mouvoir des souffleries, des laminoirs, des dynamos, etc : l'énumération était fortement chargée. Le chroniqueur terminait son article par ce qui suit :

« M. Thwaite devrait laisser aux Jules Verne de son pays le soin de nous apprendre à tirer des gaz de hauts fourneaux un meilleur parti que celui que nous connaissons. Loin de nous l'idée de déprécier les moteurs à gaz en général ; mais encore faut-il les laisser à leur place. Un de leurs caractères les moins contestables, c'est qu'ils ne se prêtent pas aux coups de collier, nous entendons par là qu'on ne peut pas leur demander beaucoup plus que leur puissance nominale. Nous ne les voyons donc pas chargés de conduire des laminoirs, à moins de se lancer dans la construction de types dont le moteur de 320 chevaux des moulins de Pantin serait un faible échantillon. Il y

aurait d'autres remarques à faire au sujet du gaz que prétend employer M. Thwaite ; mais ce serait donner trop d'importance à ses communications que de les discuter point par point, et les maîtres de forges seront les premiers à sourire de cette transformation de leurs usines pour la plus grande gloire des moteurs à gaz ».

Nous avons reproduit cette longue citation du spirituel écrivain pour montrer que des ingénieurs savants et distingués nourrissent encore à l'égard des moteurs à gaz des préjugés injustifiés. M. Delahaye, qui voit si juste d'ordinaire et qui est si bien placé pour voir loin, s'est laissé aveugler par les rancunes que tout bon ingénieur gazier nourrit dans son cœur contre les gazogènes et les appareils similaires. Dans la circonstance, il a manqué une excellente occasion de profiter de ses nombreuses sources d'information pour mieux se renseigner. C'est qu'en effet les maîtres de forges ne sourient nullement de l'idée d'utiliser les gaz de leurs hauts fourneaux à l'alimentation des moteurs à gaz : ils y applaudissent au contraire avec enthousiasme et nous allons dire pourquoi.

Un haut fourneau de cent tonnes produit environ 22.000 mètres cubes par heure d'un gaz dont le pouvoir calorifique moyen peut être estimé à 970 calories. La moitié en est employée à chauffer le vent ; on brûlait autrefois le reste sous des chaudières spéciales qui avaient un mauvais rendement ; les machines à vapeur alimentées ainsi ne valaient guère mieux. En effet, elles développaient au plus 400 chevaux effectifs. Or, les mêmes gaz sont assez riches pour pouvoir détoner dans le cylindre d'un moteur à gaz, si toutefois on fait une compression suffisante. Avec 11.000 mètres cubes, on peut obtenir, au taux de 5 mètres cubes par cheval-heure, environ 2.200 chevaux effectifs, ce qui conduit à un gain de 1.800 chevaux environ, soit à une économie de 80 tonnes de charbon par jour. Ces considérations chiffrées ont une éloquence qui nous dispense de les commenter longuement. Disons seulement que la pratique a justifié dans ce cas les espérances de la théorie : à Seraing, à Frodingham et à Wishaw, à Hoerde, sur l'initiative de MM. Bailly, Delamare-Deboutville, Gardner, Thwaite, Von Oechelhæuser, Watkinson, etc. (je ne sais lequel nommer le premier et je les place par ordre alphabétique), des moteurs ont été installés à côté des hauts fourneaux et la preuve est surabondamment de la possibilité d'utiliser dans les moteurs les gaz

recueillis au gueulard. Assurément, il a fallu lutter contre les poussières entraînées ; les variations de pouvoir calorifique et de pression des gaz ont aussi occasionné quelques déboires, mais on s'y attendait, et l'on a triomphé de ces difficultés. Les moteurs marchent bien, ils ne consomment que 3 mètres cubes par cheval-heure effectif, leur vitesse est régulière, les cylindres restent en bon état, et le moteur à gaz a une conquête de plus à son actif!

C'est un nouvel ordre de choses qui commence : nul ne saurait dire en ce moment où cela aboutira, et il se pourrait bien que cela menât très loin.

Le moteur à gaz s'accommode du reste à merveille de tout mélange tonnant, et il y a de nombreuses manières de carburer l'air et de desservir un moteur. Ne parlons que pour mémoire des pétroles lourds et légers, voire même des pétroles bruts, qui donnent d'excellents résultats, tout le monde le sait. Mais insistons sur l'emploi de quelques autres produits.

L'alcool a été essayé en France et à l'étranger et ces tentatives ont été couronnées de succès. Son prix élevé est le seul obstacle à son emploi dans les moteurs : mais on pourrait arriver à fabriquer des alcools d'industrie qui feraient tomber cette objection.

La parole est aux chimistes, aux agriculteurs et aux distillateurs : les moteurs sont prêts.

On croit généralement que l'emploi de l'alcool est beaucoup plus répandu en Allemagne qu'en France, et que cela est dû au prix inférieur de l'alcool et à la réduction des frais de dénaturation : cette opinion est fondée à certains égards, mais il ne faudrait pas l'exagérer. Les Allemands ont dénaturé, en novembre 1897, 79.281 hectolitres, ce qui correspond à une consommation moyenne de 129 litres par mille habitants ; c'est l'éclairage qui absorbe une grande partie de cet alcool. L'alcool se vend 22 pfennigs (27,5 centimes) le litre à 86 degrés dans le nord de l'Allemagne et à Berlin. Nous sommes loin en France de cette consommation et de ces prix. Toutefois observons que l'usage de l'alcool est localisé dans certaines parties de l'empire et qu'il est des régions dans lesquelles la consommation n'atteint pas 4 litres par mille habitants et dans lesquelles le prix dépasse 70 centimes. Ces différences proviennent surtout des frais de transport très élevés en Allemagne comme en France : il y aurait donc lieu d'obte-

nir avant tout des réductions de tarifs de transport aussi bien que de dénaturation.

L'acétylène pourrait, lui aussi, être appliqué à la production de la force motrice.

Le moteur à acétylène serait-il trouvé ?

Un journal italien (la *Rivista Tecnica*) l'annonçait le 30 avril 1896, et il en attribuait l'honorable et fructueuse paternité à M. Pedretti (de Parme). Cet inventeur ingénieux aurait alimenté d'un mélange d'un volume d'acétylène pour quinze volumes d'air un petit moteur à quatre temps développant 62 kilogrammètres par 600 tours à la minute et ne pesant que 9 kilogrammes; la consommation de carbure de calcium serait restée inférieure à 5 centimes par heure. L'annonce de cette merveille a été accueillie avec un scepticisme que nous avons partagé : en mettant les choses au pis, le cheval-heure effectif ressortirait à environ 7 centimes pour les moindres puissances ; voilà un beau résultat que nous aurions voulu voir établir par des documents techniques indiscutables. On nous les fournira peut-être ; sachons les attendre.

Nos ingénieurs ne se sont d'ailleurs pas laissés devancer par leurs confrères d'Italie, et nous avons à signaler des résultats très nets obtenus par MM. Cuiat et Ravel. Ces expériences ont démontré que l'acétylène sera d'un emploi difficile. Ce terrible gaz a besoin d'être asservi ; mais on a asservi plus fort que lui, et la dynamite est une atténuation de la nitroglycérine qui témoigne des ressources de la chimie.

Qui sait même si l'on ne parviendra pas un jour à utiliser dans les moteurs ces explosifs brutaux dont l'énergie ne sert encore qu'à lancer des projectiles ? N'oublions pas que les moteurs à poudre ont été le prototype des moteurs à gaz. Le progrès des théories, des méthodes et des appareils nous ramènerait-il un jour au point de départ ? Cela s'est vu dans plus d'une invention humaine et pourrait se renouveler dans l'industrie des moteurs à gaz.

Mais ne nous laissons pas emporter par la folle du logis et contentons-nous de signaler les résultats acquis, sous peine d'être accusés d'un excès d'enthousiasme.

Il nous reste à dire quelques mots de jurisprudence.

On sait que l'on a employé avec succès le gaz comprimé sous haute pression, à bord des navires et sur des voitures de tramways.

Or, quelques personnes se sont préoccupées des responsabilités que peut faire encourir l'emploi de récipients en acier renfermant du gaz comprimé à 30 kilogrammes : la Commission centrale des machines à vapeur a répondu à ces inquiétudes en donnant à M. le Ministre des Travaux Publics une consultation fortement motivée et des plus rassurantes. Le décret du 30 avril 1880 a dispensé de toute épreuve les chaudières à vapeur d'une capacité inférieure à 100 litres, quelle que soit leur pression. Or, un récipient de gaz comprimé à 30 kilogrammes devrait avoir 1.200 litres de capacité pour présenter le même danger qu'une chaudière de 100 litres à 10 kilogrammes de pression, donc à 183 degrés de température ; tous deux recèlent alors environ 600.000 kilogrammètres d'énergie potentielle. Dans ces conditions, un récipient de gaz de 50 litres ne présente donc aucun danger sérieux et tout le monde peut se rassurer.

Voici une autre question dont la solution intéresse ceux qui installent des moteurs à gaz dans des locaux habités ou renfermant des matières combustibles.

M. Bouis exploite à Marseille une scierie mécanique mise en mouvement par un moteur Otto : à la suite de réclamations, cet industriel s'est vu dresser un procès-verbal pour avoir ouvert sans autorisation un établissement *classé* ; renvoyé devant le Tribunal de simple police, il a argué de ce que son industrie n'était pas dans la nomenclature des établissements classés, et que les moteurs à gaz ne sont pas des moteurs à feu et échappent par conséquent aux règlements établis pour l'emploi des moteurs à feu dans l'industrie. Ayant été condamné, M. Bouis se pourvut devant le Conseil d'État et devant le Ministre du Commerce et de l'Industrie, lequel soumit le cas au Comité consultatif des Arts et Manufactures. La question spéciale à examiner consistait à savoir si une fabrique de caisses, comprenant une scierie pour débiter les planches nécessaires à leur fabrication, mue par moteur à gaz, rentrait dans la catégorie des établissements classés. Le Comité déclara qu'un moteur à gaz ne comportait de combustion de gaz qu'à l'intérieur de l'appareil, hors de portée des matières combustibles qui peuvent se trouver dans le voisinage ; que dès lors le

danger d'incendie, qui est le motif du classement des établissements analogues à une scierie n'est ni créé, ni aggravé par la présence du moteur, comme il le serait pour des moteurs comportant un foyer découvert d'où peuvent s'échapper des fragments incandescents. Il fit remarquer incidemment que le gaz brûlé dans les moteurs risque infiniment moins de porter l'incendie dans l'atelier que les becs de gaz ou autres flammes lumineuses découvertes qui se trouvent dans les usines classées. En conséquence, il fut conclu que le moteur à gaz n'est pas à considérer comme un moteur à feu, pour ce qui est du classement des usines qui l'emploient. Cette solution fut admise par le ministre, M. Lebon, et communiquée par lui, le 24 avril 1893, à la Section du Contentieux du Conseil d'État.

L'exposé historique que nous venons de faire de tout ce qui est survenu en ces derniers temps dans le domaine de la production de la force motrice par les gaz ou les vapeurs combustibles témoigne du grand développement qu'a pris cette industrie. Malheureusement nos constructeurs français n'y tiennent pas le premier rang, comme cela devrait être.

Le moteur à gaz est pourtant d'invention française; pour le démontrer, pas n'est besoin de remonter à l'abbé Hautefeuille; il suffit de rappeler les titres de Lebon qui, aussitôt après avoir trouvé le procédé d'extraire de la houille un gaz éclairant et combustible, indiqua nettement le moyen d'utiliser l'énergie de ce gaz, et de Lenoir, qui établissait, soixante ans plus tard, la première machine capable d'une marche pratique. On a voulu joindre à ces noms celui de Beau de Rochas, dont les idées fécondes et neuves auraient hâté certainement l'évolution du moteur à gaz, si le penseur profond et original avait été doublé d'un mécanicien aussi habile. Mais ces qualités ne marchent pas toujours de pair; d'ailleurs la mise en œuvre et l'exploitation des découvertes ne semblent pas données au génie français, qui est caractérisé par plus d'invention que de savoir-faire et par une initiative plus intellectuelle que commerciale, ainsi que l'histoire de Denis Papin et du marquis de Jouffroy en offre deux célèbres exemples.

Aussi n'est-ce ni Lebon, ni Lenoir, ni Beau de Rochas qui devinrent le Watt du moteur à gaz; la fortune et le succès de Watt et de Boulton échurent à Nicolas-Auguste Otto et à son collaborateur et associé Eugène Langen, qui créèrent d'abord un moteur atmosphérique, puis,

en 1876, un moteur à quatre temps qui constitue encore le type le plus parfait et le plus économique du genre, le seul que l'on construise aujourd'hui, sous les formes les plus variées et les noms les plus divers. A ce jour, il a été vendu plus de 56.000 moteurs, développant au moins 400.000 chevaux, par les ateliers de Deutz et par les concessionnaires étrangers des brevets Otto, parmi lesquels nous citerons : la Compagnie française des Moteurs à gaz, MM. Crossley frères (de Manchester), Fétu (de Liège), Schleicher-Schumm (de Philadelphie), etc.

Les ateliers de Deutz, où se sont développés les moteurs Otto, sont très considérables, mais leur importance est dépassée par l'usine des frères Crossley. Ces immenses ateliers, situés à Openshaw, près de Manchester, couvrent près de 4 hectares et ont une population de mille ouvriers et employés ; il existe, de plus, douze maisons de réparation, réparties entre les plus grandes villes des Iles Britanniques. La maison Crossley a vendu à elle seule 31.000 moteurs pouvant développer 200.000 chevaux ; sa production annuelle est maintenant de plus de 3.000 moteurs, qui sont exportés dans tous les pays du monde. MM. J. et O.-G. Pierson, agents de la maison en France, en installent un grand nombre dans notre pays : ils sont excellents du reste.

La puissante maison Tangye, de Birmingham, essaie de marcher depuis quelque temps sur les brisées de MM. Crossley et elle a placé de beaux moteurs dans le Nord à des prix qui témoignent d'un vif désir de se créer une clientèle française. Il faut signaler encore, parmi les constructeurs anglais qui importent des moteurs dans notre pays : MM. Andrew (de Stockport), Fielding et Platt (de Gloucester), Peter Burt (de Glasgow), Taylor (de Nottingham), Furnival (de Reddish), Gardner (de Manchester), etc. ; toutefois le chiffre d'affaires de ces dernières maisons est encore assez restreint en France. Cependant il augmente constamment parce que les prix de ces machines sont inférieurs à ceux de la construction française, malgré les droits d'entrée considérables dont elles sont grevées.

Cette situation doit arrêter notre attention.

La France, il faut le déclarer bien haut, pourrait se suffire à elle-même et elle se passerait sans peine du concours de l'étranger. En effet, nous ne faisons assurément pas moins bien que les autres ; pourquoi donc nos constructeurs se laissent-ils déborder et pourquoi

réclament-ils encore de la protection? C'est parce qu'ils produisent généralement trop cher.

Cela tient à des causes multiples et surtout à ce que nos ateliers de construction ne sont pas assez importants, ni assez spécialisés. Le moteur à gaz doit se construire comme les machines à coudre et les vélocipèdes, par séries, de manière à réduire au minimum tous les frais de production. C'est la règle du travail dans ces grands établissements étrangers qui livrent jusqu'à soixante machines par semaine; or, cette organisation du travail est la première condition d'abaissement des prix de revient. La spécialisation des ingénieurs, du personnel, des machines-outils est un autre élément, non moins important, qui nous manque généralement aussi en France, alors que cela existe ailleurs. La maison Crossley, qu'on ne se lasse pas de citer, n'a d'autre objectif que la construction, l'étude, le perfectionnement et la vente de ses moteurs; elle est outillée d'une façon admirable; elle a la propriété de plus de cent brevets; tout est centralisé à Openshaw; au lieu de concéder à l'étranger des licences de construction, elle préfère y vendre ses moteurs, établis par elle dans les meilleures conditions de vente.

Qu'avons-nous à opposer à cela? Des maisons fort sérieuses sans doute, extrêmement honorables, dirigées par des hommes éminents, mais dont le capital de 500.000, de 700.000 francs, d'un million et quart au plus est absolument insuffisant pour permettre une construction intensive et le travail par séries dont nous parlions ci-dessus. Ce sont donc les capitaux qui manquent le plus à notre industrie française des moteurs à gaz. Nos meilleures firmes vendent 2.000 à 3.000 chevaux par an; la maison Crossley en vend 60.000, et le reste des constructeurs anglais 40.000! Nous ne vendons pas un seul moteur en Angleterre; elle nous en envoie annuellement plusieurs milliers.

Cette situation déplorable prendra-t-elle fin bientôt? Je ne le pense pas, car nous voyons un trop grand nombre de petits mécaniciens se lancer dans la fabrication des moteurs; séduits par les prix encore rémunérateurs de ces machines (1), ils cherchent à construire un type plus ou moins original: ils le construisent tant bien que mal

(1) Un moteur de 4 chevaux pèse, volant compris, environ 1.500 kilogrammes et se vend près de 3.000 francs; c'est donc de la mécanique à 2 francs le kilogramme.

et le vendent au rabais, c'est-à-dire en consentant des réductions énormes pour enlever l'affaire. Les prix se dépriment ainsi en même temps que la construction ; l'industrie du moteur y perd doublement.

Les capitaux abondent lorsqu'il s'agit de créer une Société quelconque de construction pour des voitures automobiles ; n'en trouverait-on pas pour une affaire sérieuse de moteurs à gaz ?

Mais ces considérations sont d'ordre plus commercial que technique ; je ne veux pas y insister davantage dans un ouvrage consacré uniquement à l'étude théorique et pratique des moteurs à mélanges tonnants, et qui a surtout pour objet de contribuer à promouvoir cette catégorie de machines si intéressantes au point de vue scientifique, si utiles déjà à l'industrie et qui lui rendront de plus grands services encore.

Ces lignes, écrites à l'avant-veille de l'exposition de 1900, recevront bientôt une éclatante confirmation dans ce grand concours international, pour lequel les constructeurs se préparent déjà et nous promettent de remarquables nouveautés.

CHAPITRE DEUXIÈME

CLASSIFICATION ET NOMENCLATURE

Nous conservons notre classification, qui a été adoptée du reste par la plupart des auteurs qui traitent des moteurs à gaz.

Premier type. — *Moteurs sans compression à explosion.*

Deuxième type. — *Moteurs, avec compression, à explosion.*

1° à deux temps (Dugald Clerk) ;

2° à quatre temps (Otto).

Troisième type. — *Moteurs avec compression, à combustion.*

Quatrième type. — *Moteurs atmosphériques.*

Un **cinquième type**, mal défini encore, mais qui pourrait se développer, est venu s'adjoindre aux premiers : ce sont les moteurs rotatifs ou turbo-moteurs.

Tous les cinq types précédents peuvent marcher au gaz, à l'essence de pétrole, à l'alcool, ou au pétrole lampant, avec plus ou moins de facilité et de succès, moyennant des modifications déterminées. Les moteurs à pétrole lampant diffèrent généralement assez des autres pour nous imposer d'en faire l'objet de monographies spéciales.

Nous compléterons ainsi qu'il suit la nomenclature déjà donnée des principaux moteurs (1) : le nombre des types se multiplie tellement que nous sommes obligés de nous borner à ceux qui présentent une intéressante nouveauté ou dont les constructeurs ont pris une importance plus grande.

DEUXIÈME TYPE

1° à deux temps

Von Eichelhaeuser

Parker

Southall

(1) Cf : Tome I, page 47 et Tome II, page 33.

2° à quatre temps.

Tangye.	Kappel.	Démon (Cadiot).
Werdau.	Phénix.	Southall.
Hille.	National.	Westinghouse.
Pygmée.	Furnival (Express).	Duplex Day.
Pellorce.	Midland.	Duplex Niel.
Lair-Delay.	Andrew et Bellamy.	Hartley, Dick et Kerr.
Champion.	Gardner.	Dawson.
Hamilton.	Borsig.	Roser-Mazurier (compound).
Robson.	Polke.	

Diesel.

TROISIÈME TYPE

CINQUIÈME TYPE

Gauthier et Wehrlé.	Beetz.	Auriol.
Moteur A. G.	Vernet.	Gardner et Sanderson.

Moteurs à pétrole

Capitaine-Tolch.	Gibbon (Britania).	Howard.
Japy.	Robey.	Hille.
Lacroix.	Clarke, Chapman et C ^o .	Dürkopp.
Tangye.	Gladys, Day.	Ganz.
Wells (Premier).	Campbell.	Kane Pennington.
	Gardner.	

CHAPITRE TROISIÈME

ÉTUDE SUR LES COMBUSTIBLES

I

Gaz d'éclairage.

Nous avons peu de travaux nouveaux à signaler, depuis l'apparition du deuxième volume de cet ouvrage, sur le gaz d'éclairage, communément dit gaz de ville. La question n'est assurément pas épuisée, (aucune question scientifique ne l'est jamais), mais son étude est fort avancée, et les principales données sont recueillies.

Il ne nous reste donc plus qu'à glaner quelques renseignements complémentaires.

Les nombreux essais qu'il nous a été donné de faire nous ont confirmé dans notre opinion que le pouvoir calorifique du gaz produit par une usine à quelques jours d'intervalle, avec le même charbon, peut varier beaucoup. Ce fait est d'ailleurs général. Dans les expériences du *Gas-Engine Research Committee*, faites avec du gaz de Manchester, deux analyses ont donné les résultats suivants :

Éléments	Premier échantillon	Second échantillon
Hydrogène	46,7 volumes.	45,8 volumes
Oxyde de carbone	4,8 »	7,0 »
Gaz des marais	36,2 »	34,4 »
Carbures divers	4,4 »	4,7 »
Acide carbonique	0,0 »	0,0 »
Oxygène	0,2 »	1,2 »
Azote	7,7 »	6,9 »
	<hr/>	<hr/>
	100,0 »	100,0 »
Volume d'air de combustion . . .	5,61	5,47
Pouvoir calorifique par mètre cube.	4742 calories	4884 calories

La différence entre les deux prises de gaz atteint donc 5,5 % !

Beaucoup d'expérimentateurs auraient identifié d'autorité ces deux échantillons. Remarquons d'ailleurs que ces pouvoirs sont relativement très faibles.

Le gaz de Leeds dont s'est servi M. Grover dans ses essais lui a donné à l'analyse :

Hydrogène	52,9 volumes.
Oxyde de carbone	6,5 »
Gaz des marais	35,2 »
Carbures, oléfines	4,2 »
Acide carbonique et oxygène	1,1 »
Azote	0,1 »
	<hr/>
	100,0 volumes.
Pouvoir calorifique par mètre cube	5080 calories

C'est une plus-value de plus de 13 % sur le second échantillon du Comité anglais.

L'essai calorimétrique d'un gaz s'impose donc dans tout essai ayant la prétention d'être sérieux : une analyse chimique est même nécessaire quelquefois.

Les différences que nous venons de signaler sont un grand et sérieux obstacle à l'établissement d'une théorie expérimentale des moteurs par suite des résultats divergents que l'on peut obtenir en employant des gaz de ville considérés comme identiques, mais en réalité de composition variée. Aucun élément ne devrait être négligé, dans l'espèce, car ils peuvent tous prendre une importance inattendue : ainsi la diffusibilité d'un gaz est fonction de sa teneur en hydrogène, en oxyde de carbone et gaz des marais, et, par le fait même, la proportion relative de ces gaz contribue à faciliter plus ou moins la combustion du gaz de ville dans un volume d'air déterminé ; la pression explosive dépend de la rapidité de cette combustion. Cet exemple est caractéristique.

Mais revenons à la fabrication du gaz d'éclairage.

L'emploi des huiles minérales ne prend guère d'extension.

On a proposé récemment d'utiliser les goudrons.

Les bas prix auxquels sont descendus les goudrons en ces dernières années ont démontré que le marché en était encombré et qu'il

fallait chercher de nouveaux débouchés à cet important sous-produit de la fabrication du gaz. La préparation des asphaltes, des cartons imperméables, des peintures préservatrices du bois absorbe une minime quantité de goudron ; la distillation elle-même, opérée dans le but de recueillir les huiles d'anthracène, de créosote, et autres, ne constitue pas encore un exutoire suffisant pour ce produit, dont l'Angleterre seule produit annuellement plus de 600.000 tonnes ; la combustion directe du goudron est d'autre part une ressource extrême, qui ne peut être considérée comme une solution de ce problème économique. Ces considérations ont amené M. Stafford Ellery à chercher à extraire du goudron un combustible gazeux utilisable pour l'éclairage ou la production d'énergie, et il a entretenu de son projet le *Gaz Institute* du Royaume-Uni, au congrès de 1894 (1).

Voici, d'après cet ingénieur, la composition moyenne en poids d'un goudron de gaz :

Huiles légères.	3,0
— de créosote	20,5
— d'anthracène	6,9
Gaz et liqueur ammoniacale.	9,0
Brai.	60,4
Divers	0,2
	<hr/>
	100,0

Le goudron est d'autant plus riche en hydrocarbures que les cornues ont fonctionné à plus basse température. En général, il semble qu'une *tonne anglaise* (1.016 kilogr.) donne 16.000 *pieds cubes* (452 mètres cubes) de gaz riche, 508 kilogrammes de coke et 7^k,25 de sulfate d'ammoniaque. Ce coke est exempt de cendres et égal comme qualité au meilleur coke de fonderie; le liquide ammoniacal est aussi de vente facile. La distillation constitue par suite une opération fructueuse, car le coke et l'ammoniaque valent au moins 9 shillings, soit 11 fr., 25. La distillation s'effectue aisément dans des cornues de fonte au fond desquelles on injecte le goudron; le condensour est formé par une série de tuyaux légèrement inclinés de manière à ce que les premiers produits de la condensation reviennent à la cornue pour y subir de nouveau le contact des parois chaudes.

Ce procédé n'a pas encore subi l'épreuve de la pratique, mais nous

(1) *Journal du Gaz et de l'Électricité*, 31 Juillet 1894.

croions qu'en certains cas il pourrait être utilisé et cette considération nous a amené à le signaler ici.

Les gaz riches obtenus par la distillation des charbons et des carbures sont fréquemment comprimés dans des réservoirs en métal très résistants, et utilisés ainsi pour alimenter des moteurs de voitures ou de bateaux : nous en verrons d'intéressants exemples. En les comprimant à 20 kilogrammes, on arriverait à emmagasiner dans un litre environ 100 calories : c'est peu de chose comparativement aux calories que peut fournir un litre de pétrole, et pourtant le gaz comprimé trouverait encore son emploi en certains cas déterminés. Malheureusement, il est établi que la plupart des gaz de distillation éprouvent une perte sensible par la compression, qui entraîne la liquéfaction des carbures lourds. M. Love a signalé à la Société de Chimie de New-York, des pertes de 16 %. Mais il faut observer que l'évaporation des liquides condensés peut restituer les calories qu'on croyait perdues ; quand on recueillait le gaz sous une pression élevée, ces liquides restaient dans le réservoir et le gaz était appauvri ; par contre, lorsque la pression descend au voisinage de la pression atmosphérique, les hydrocarbures redeviennent volatils, si toutefois la température n'a pas été trop abaissée par la détente. Le pouvoir d'un gaz comprimé en réservoir varie donc du commencement à la fin de sa détente. C'était un fait à signaler.

Le plus grand défaut, on pourrait dire le seul défaut du gaz d'éclairage, est d'être trop cher ; si on ne le payait que 15 centimes au mètre cube, il permettrait de produire le cheval-heure au plus bas prix par les petits moteurs, jusqu'à dix ou douze chevaux. C'est qu'en effet, on économise alors le chauffeur-mécanicien, qui coûte environ 0,40 à 0,50 francs de l'heure. Avec un moteur consommant 600 litres par cheval-heure d'un gaz à 15 centimes, on gagne donc $\frac{0,40}{0,15 \times 0,6} = 4,4$ chevaux, que l'on peut considérer comme produits gratuitement, comparativement à la machine à vapeur.

Mais dès que l'on atteint 15 chevaux de puissance, les avantages du gaz de ville s'évanouissent, exception faite pour quelques cas particuliers de travail intermittent et irrégulier.

C'est alors qu'est indiqué l'emploi des gazogènes au gaz pauvre, qui produisent le mètre cube, à 1200 calories en moyenne, au prix

de 2 centimes le mètre cube, tous frais d'amortissement, d'intérêt, d'entretien et de conduite compris, ce qui équivaut à du gaz de ville à moins de 9 centimes; avec de grandes installations, on arrive à réduire encore beaucoup ce prix.

Le gaz pauvre ne permet pas d'installations de moins de 15 chevaux, parce que les gazogènes ne peuvent marcher à bonne allure et donner de bon gaz qu'avec une consommation minimum de 10 kilogrammes de charbon par heure.

A partir de cette limite inférieure, l'alimentation des moteurs par les gaz pauvres donne de grands bénéfices sur les machines à vapeur en général dans tous les pays où les prix de l'antracite et des charbons maigres équivalents *criblés* ne sont pas très supérieurs à ceux des charbons menus qu'on peut brûler dans le foyer d'une chaudière à vapeur. Ainsi il faut absolument que la tonne d'antracite criblé ne coûte pas le double de la tonne de charbon menu pour que l'économie du gazogène soit réelle; sous cette réserve, on peut affirmer que le gazogène à gaz pauvre peut procurer un grand bénéfice sur le prix de revient du cheval-heure par machine à vapeur.

Les considérations précédentes nous paraissent établir nettement les conditions dans lesquelles il y a intérêt et bénéfice à alimenter les moteurs au gaz de ville et au gaz pauvre plutôt que de recourir aux machines à vapeur.

II

Gaz de gazogènes et Gaz pauvres

Sans vouloir revenir sur les considérations générales et sur la théorie présentées dans nos tomes I et II, nous aurons néanmoins à les compléter; les travaux faits récemment sur cette question par des hommes autorisés nous fourniront en effet des données nouvelles qui ne résolvent sans doute pas tous les problèmes posés, mais qui en éclairent quelques-uns d'une vive lumière et nous permettent d'espérer pour les autres une solution plus ou moins prochaine.

C'est par des essais rationnels, conduits par des ingénieurs com-

pétents, en vue d'éclaircir un point mal connu de la pratique, que la fabrication des gaz combustibles dans les gazogènes fera le plus de progrès : malheureusement ces expériences présentent de sérieuses difficultés et l'on trouve rarement les moyens de disposer à son gré d'un appareil industriel en vue d'une recherche théorique.

On pourrait du moins rencontrer assez fréquemment l'occasion de faire des essais de rendement, car les industriels ont tout avantage à s'y prêter et l'on peut organiser ce genre d'expériences sans troubler en rien la marche d'un établissement industriel.

L'évaluation du rendement d'un gazogène peut se poser en ces termes : étant donnée une consommation déterminée d'un combustible solide, mesurer d'une part la chaleur disponible dans ce combustible et, d'autre part, la chaleur que peut développer par sa combustion le gaz provenant de ce combustible. Le rapport de ces deux quantités définit le rendement du gazogène.

L'opération que nous venons de décrire exige une longue série de mesures physiques et chimiques : elles doivent être à la fois simples et exactes. Il faudra peser le combustible, déterminer sa puissance calorifique, évaluer les quantités de vapeur d'eau fournies et le calorique correspondant, recueillir les gaz produits, mesurer leur volume, les analyser et déduire de cette analyse ou chercher directement leur pouvoir calorifique ; on le voit, c'est un travail considérable et qui exige une mise en œuvre d'appareils assez laborieuse et quelquefois coûteuse. Notons d'ailleurs qu'il faut, pour aboutir à de bons résultats, prélever habilement les échantillons de combustible solide dans l'approvisionnement qui en est fait, s'assurer que les cendres produites ne renferment pas de charbon mal brûlé, estimer la teneur en eau hygroscopique, suivre les phénomènes de combustion et de réduction dans la cuve de l'appareil, évaluer les températures, procéder aux prises de gaz, vérifier les appareils volumétriques de mesure, etc. On ne pourra établir la valeur du rendement que sur ces nombreuses données, dont il en est quelques-unes qui s'obtiennent péniblement.

Nous allons passer successivement en revue les diverses méthodes qu'il convient d'appliquer pour aboutir à des chiffres précis : nous saisissons aussi l'occasion de fournir des indications utiles sur les observations que l'on peut faire relativement au fonctionnement des appareils.

La mesure du pouvoir calorifique du combustible constitue une opération importante et assez délicate.

Il n'y a qu'une seule bonne méthode de détermination du pouvoir calorifique des combustibles solides : c'est la méthode du calorimètre. Les meilleurs calorimètres sont ceux créés par M. Berthelot et qui ont servi de type à M. Malher. Toutefois le prix d'achat élevé de ces appareils et leur manœuvre toujours délicate ne mettent pas ces appareils à la disposition de tout le monde, et l'on peut avoir à rechercher d'autres moyens d'appréciation. Les procédés et les formules (1) basés sur l'analyse élémentaire sont tous contestables ; toutefois nous ferons peut-être une exception pour le procédé et la formule de M. Goutal. Ce chimiste détermine la quantité C de carbone fixe (carbone cokifiable) et A de produits volatils, et il applique la formule $Q = 8150 C + mA$, dans laquelle m est un paramètre variable, égal à 13.000, si A est compris entre 2 et 15 %, à 10.000 entre 15 et 30 et 9.500 entre 30 et 35.

Cette formule donne d'assez bons résultats et nous en recommandons l'emploi quand on n'a pas de calorimètre.

Voici un certain nombre de résultats empruntés à des essais que l'on a le droit de considérer comme bien faits.

	Pouvoir calorifique en calories par kilogramme —
<i>Houilles sèches à longue flamme.</i>	
Houille type (à 76 C, 5 H, 15 O)	7200
— de Decazeville (Bourran)	7486
— de Blanz y (Sainto-Marie)	7866
— d'Anzin (Lambrecht)	8600
— de Nœux (fosse n° 1, C = 83)	8790
— de Douvrin-Lens (C = 91)	8640
— d'Aniche (Ferdinand)	8426
— de Charleroi (Gilly)	8550
— — (Sartles-Moulins)	8430

Anthracites.

Anthracite type (93 C, 2 H, 3,5 O)	7800
— de la Mure (Isère)	7468 à 8216

(1) Nous visons ici les formules de Dulong, de Scheurer-Kestner, de Cornut, de Ser, de l'Association allemande, etc., bien connues de nos lecteurs.

Houille anthraciteuse de Blanzv	7773
— de Commentry	7850 à 8456
— de Grand'Combe	7852
— du Crenso	8404
— de Kébao (Tonkin) (C = 93)	8532
Anthracite de Pensylvanie (C = 95)	8256

Lignites.

Lignite de Trifail (Styrie)	6284
— de Vaugirard	5536
— à 70 C et 5 H	6000

Bois.

Cellulose.	4200
Sapin de Norvège sec.	4477
Chêne de Lorraine sec	4329
Bois à 48 C et 6 H	3700
— médiocrement sec	2450
Chêne ordinaire	4620
Frêne	4711
Bouleau	4771
Sapin.	5085
Pin	5085

Tourbe.

Tourbe de Bohême brute.	3774
— pure	5283

Nous joignons à ces tableaux les pouvoirs des coques et de quelques hydrocarbures employés pour carburer l'air.

Cokes.

Coke métallurgique de la Grand'Combe	7010
— de la Ruhr.	7057
Coke de Houille de Commentry	7665
— demi-grasse d'Anzin.	7787
Coke d'anthracite de Pensylvanie	7528
— de pétrole d'Amérique.	8057

M. Bunte a démontré que, en tenant compte des cendres, le pouvoir des coques métallurgiques allemands de provenances diverses varie de 7.700 à 8.000 calories.

Hydrocarbures.

Pétrole raffiné d'Amérique	11.047
Essence de pétrole d'Amérique	11.086
Pétrole brut d'Amérique	11.094
— de Bakou.	11.200
Pétrole de Novorossisk	10.328
Ozokérite de Boryslaw.	10.946
Pétrole raffiné de Russie (1) (0,823).	11.040
— (inflammation à 31°,5) (0,826) (2)	10.878
— d'Amérique (inflammation à 25°) (0,797) (2).	10.767
Gazoline à 0,708	11.360
Astarki, résidu de Bakou.	10.340
Alcool de densité 0,834.	6.522

Un essai préliminaire des houilles destinées à la fabrication des gaz pauvres est d'une utilité incontestable : c'est le seul moyen de s'assurer qu'une qualité de charbon convient à la gazéification et pourra donner de bons résultats.

L'opération est d'ailleurs d'une exécution assez simple, quand on est organisé pour la faire. La Compagnie pour la fabrication des compteurs et du matériel d'usines à gaz (3) construit un appareil inventé par M. Auduin. Il se compose d'une cornue de distillation formée par un tube de fer chauffé par une rampe de brûleurs Bunsen; pour mieux concentrer la chaleur sur le tube, on le recouvre d'un demi-cylindre en métal, muni de cheminées de tirage. Le gaz produit par la distillation se rend dans un petit barillet et de là dans des colonnes à coke, plongées dans l'eau d'une caisse. Il est conduit ensuite dans un vase rempli de chaux où il s'épure avant de passer au gazomètre. On connaît donc, par différence de pesées, la quantité de coke donnée par le charbon; sa nature, sa friabilité, sa tenue, sont déterminées aussi; le volume et la qualité du gaz recueilli sont un autre élément important. Le barillet et les colonnes ont recueilli le goudron distillé. Bref, un tel essai est très significatif: on le fait porter sur 100 grammes de charbon, bien desséché, concassé en morceaux de la grosseur d'une noisette.

(1) Concours de Meaux.

(2) Concours de Berlin.

(3) Notice sur les appareils spéciaux pour usines à gaz et abonnés, Paris, sans date.

Pour déterminer la teneur du coke en cendres, on peut opérer simplement au creuset; on pulvérisera une vingtaine de grammes et on les portera à la température du rouge dans une flamme oxydante; il faut une demi-heure de calcination pour le moins. On opère dans une capsule plate de platine ou de porcelaine; on doit chauffer graduellement afin d'éviter les pertes par projection. On peut agiter avec un fil de platine. L'opération est terminée quand on ne voit plus de points noirs sur la cendre; on les ferait disparaître, s'ils persistaient, en arrosant la cendre d'alcool, qui fait venir les parcelles de charbon à la surface, et en chauffant de nouveau au rouge. La température doit être suffisante pour décomposer les carbonates.

Le creuset permet aussi, quand on ne dispose pas d'un appareil spécial, de déterminer la teneur d'un charbon en matières volatiles: mais il faut alors chauffer au rouge vif à l'abri du contact de l'air. Muck a donné les règles suivantes: 1° prendre un gramme de charbon; 2° installer un brûleur Bunsen; 3° placer sur un triangle de métal, à 30 millimètres de l'orifice du brûleur, un creuset de platine, muni d'un couvercle à cheminée; il doit être entièrement entouré par la flamme du brûleur, laquelle aura 18 centimètres de hauteur; 4° chauffer le creuset renfermant le charbon jusqu'à disparition de toute flamme à la cheminée du couvercle du creuset; 5° peser le coke résiduel; la différence donne le poids des matières volatiles.

On a souvent à doser le soufre d'un charbon; à cet effet, on calcine en creuset ouvert un mélange intime de l'échantillon avec de la magnésie et des carbonates de sodium et potassium. Il se forme un sulfate soluble qu'on analyse par les procédés connus.

Une belle étude de M. E. Meyer, de Hanovre (1), sur les gazogènes des stations hydrauliques de Bâle, nous fournit d'intéressantes données sur la production des gaz pauvres au moyen du coke. Cette installation faite par les ateliers de Deutz, se compose de trois gazogènes semblables à ceux que nous décrirons plus loin, de deux petites chaudières débitant de la vapeur surchauffée, de deux épurateurs à la sciure de bois et de quatre scrubbers. Les trois gazogènes sont rangés de front sur une même ligne et ils comprennent entre eux les deux chaudières; chaque épurateur est accouplé aux deux scrubbers;

(1) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, tome XXX, 1896.

les gaz sont recueillis dans un gazomètre unique de 50 mètres cubes de capacité.

Les gazogènes, qui sont du genre Dowson, ont une section de 0,4223 mètre carré; la hauteur de la charge est de 1,35 mètre; la grille mesure 0,568 mètre carré. Les couvercles sont réfrigérés par une couche d'eau de 2 centimètres d'épaisseur, constamment entretenue par un mince filet de liquide. L'insufflation se fait par un injecteur à vapeur

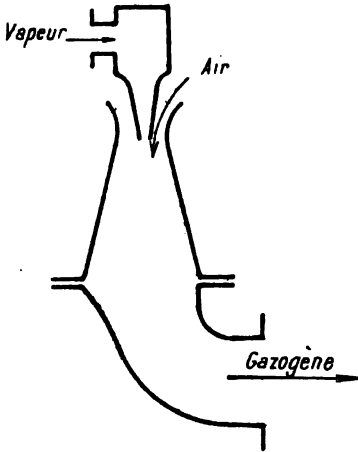


Fig. 1

représenté par la figure 1; la vapeur s'échappe par un orifice de 5 millimètres de diamètre, et débouche dans un tronc de cône renversé de 35 millimètres de diamètre au sommet. La surface de chauffe des chaudières est de 5 mètres carrés; la surchauffe se produit dans un serpentin d'une surface de 2,62 mètres carrés.

Un seul gazogène et une chaudière suffisent pour alimenter un moteur Otto à deux cylindres développant 150 chevaux effectifs.

Le gazogène était chargé de coke, dont la composition était la suivante :

Eau (perdue à 108°)	. . . . .	0,62 %
Cendres	. . . . .	9,70
Carbone et combustible	. . . . .	89,68
		<hr/>
		100,00

L'analyse élémentaire a donné les résultats ci-dessous :

Carbone	. . . . .	87,62 % en poids.
Hydrogène	. . . . .	0,81
Azote et acide carbonique.	. . . . .	0,58
Soufre	. . . . .	0,72
Cendres	. . . . .	9,70
Eau	. . . . .	0,62
		<hr/>
		100,00

La formule allemande :

$$P = 8100 C + 29000 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2500 S - 600 W \quad (1)$$

(1) S est la quantité de soufre et W l'eau hygroscopique accompagnant le charbon.

assigne à ce coke un pouvoir calorifique de 7.338 calories par kilogramme, vapeur d'eau condensée ; à la bombe Mahler, on a relevé 7.247 calories ; le poids de la vapeur d'eau produite étant de 72,9 gr., le pouvoir calorifique, vapeur d'eau non condensée, ressort à 7.202 calories en moyenne (1).

Dans un essai commencé à 9^h,40^m du matin, on a recueilli du gaz de composition variable, suivant le tableau ci-dessous qui témoigne néanmoins d'une marche régulière.

Heures . .	9,40 ^m	10,55 ^m	11,59 ^m	12,56 ^m	2,04 ^m	3,15 ^m	4,20 ^m	8,10 ^m	Moyenne
Gaz : CO ² .	6,5	4,8	4,2	4,7	5,0	4,0	4,8	4,6	4,8
CO .	26,6	28,2	27,8	26,7	26,6	29,0	28,4	27,8	27,6
C ² H ⁴ .	1,8	2,7	2,6	1,8	2,2	1,7	2,0	1,6	2,0
H .	6,8	5,9	6,4	8,8	9,1	8,0	5,8	5,1	7,0
O .	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
Az .	58,7	59,0	59,0	57,9	57,1	57,8	58,8	60,9	58,6

Le pouvoir calorifique calculé de ce gaz moyen est de 1.190 calories par mètre cube à 0° et 760 millimètres de pression, vapeur d'eau non condensée.

Le calorimètre Junker a donné 1.202 calories dans les mêmes conditions.

Vapeur d'eau condensée, on trouverait 1.254 calories.

La consommation horaire de coke a été déterminée avec grand soin :

Coke consommé par heure dans le gazogène . . .	102 ^k 4
—	
dans la chaudière . . .	11,2
Total . . .	<u>113,6</u>

Eau évaporée dans la chaudière	66 ^k ,2
Vapeur produite par kilogramme de coke . . .	6 ^k ,360
Pression de la vapeur engendrée	4 ^k ,33
Température de la surchauffe	234°
Gaz pauvre engendré par kilogr. de coke . . .	4.740 litres.
Vapeur insufflée par kilogr. de coke	0 ^k ,647

(1) Nous dirons ici, ce qui, sera d'ailleurs répété plus loin, que le pouvoir calorifique réel, le seul dont il puisse être tenu compte dans un calcul de rendement, est le pouvoir mesuré avec condensation de la vapeur d'eau. C'est sous cette réserve que nous publions les chiffres qui suivent.

Le bilan thermique de l'opération de la gazéification s'établit sur les données ci-dessus.

Chaleur disponible	$113,6 \times 7202 =$	818.100 calories.
— du combustible brûlé sous la chaudière	$11,2 \times 7202 =$	80.700 —
— — employé dans le gazogène	$102,4 \times 7202 =$	787.400 —
— de la vapeur d'eau formée		45.400 —
Pertes de la chaudière.	$80.700 - 45.400$	35.300 —
Chaleur mise en œuvre par la gazéification	$787.400 + 45.400 =$	782.800 —
— retrouvée dans les gaz.		588.400 —
Pertes dans le gazogène.	$782.400 - 588.400 =$	199.400 —

Le diagramme de la figure 2 résume ces calculs.

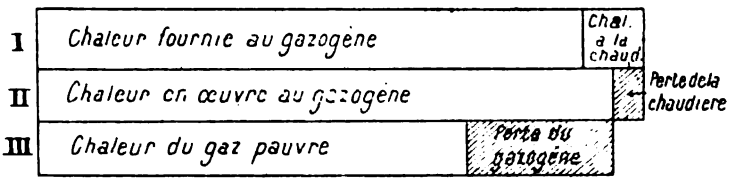


Fig. 2

En somme, on perd :

$$\text{Dans la chaudière } \frac{35.300}{818.100} = 4,3 \%$$

$$\text{Dans le gazogène } \frac{199.400}{818.100} = 24,4 \%$$

Le rapport entre les quantités de charbon brûlées à la chaudière et au gazogène variaient du 1/7 au 1/9.

Le calcul a démontré à M. Meyer que 54 pour cent seulement de la quantité de vapeur envoyée au gazogène sont dissociés; 46 pour cent sont donc produits en pure perte. Et pourtant la proportion de vapeur fournie dans cet essai par kilogramme de coke (0^s,647) est normale! Ce résultat ne serait-il pas dû à ce que le mélange d'air et de vapeur surchauffée traverse trop rapidement les couches de carbone incandescent, au contact desquelles l'acide carbonique se

réduit et la vapeur se dissocie? Cette hypothèse a paru plausible à l'ingénieur distingué dont nous rapportons les recherches et il a dès lors cherché à ralentir cette vitesse de passage en employant deux gazogènes pour alimenter les moteurs mis précédemment en expérience. Il a donc institué deux essais comparatifs, faits avec un ou avec deux gazogènes, pour une même production de gaz. Voici les résultats obtenus :

	MARCHE	
	à un gazogène	à deux gazogènes
Durée de l'essai	3 ^h ,17 ^m	3 ^h ,84 ^m
Consommation horaire de coke dans le gazogène	86 ^k ,0	108 ^k ,5
— d'eau dans la chaudière.	52 ^k ,8	65 ^k ,4
Vapeur d'eau insufflée par kilogr. de coke . .	0,614	0,642
— dissociée par kilogr. de coke au gazogène	0,425	0,310
— non dissociée	81 %	52 %
Température des gaz à la sortie du gazogène .	650°	530°
Pouvoir calorifique du gaz produit	1196 cal.	1163 cal.
Température de surchauffe de la vapeur. . .	174°	172°

Cet essai a démontré péremptoirement à M. Meyer que son hypothèse était erronée et il y a renoncé; à ce résultat très net de l'épreuve se sont jointes d'ailleurs quelques données fort intéressantes.

Et d'abord, on voit que la consommation de combustible est de 168^k,9 avec deux gazogènes au lieu de 138^k,8 avec un seul appareil; le travail étant resté le même, on peut conclure à une augmentation de 21,6 pour cent dans la consommation. Il est donc préférable d'employer un gazogène unique que d'en accoupler deux, pour une production donnée de gaz.

Malgré qu'on ait réduit au minimum la quantité de vapeur injectée dans la marche à deux gazogènes, la dépense de ce chef a néanmoins été plus grande; par contre, il y a eu moins de vapeur dissociée dans le second cas que dans le premier. Le gaz sortait plus chaud des appareils dans le premier essai que dans le second. Il résulte de tout cela qu'il se dissocie d'autant plus de vapeur d'eau que l'allure du fonctionnement est plus chaude; il y a donc un réel et indiscutable intérêt à marcher à allure chaude et à surchauffer préalablement l'air introduit au gazogène. J'avais déjà formulé cette conclusion dans mon second volume, page 35, et je renvoie le lecteur aux considérations émises à cette place.

M. Meyer a aussi expérimenté longuement, à Zurich, sur des gazogènes, genre Dowson, construits par M. Hirzel, de Leipzig, présentant 0^m,75 de diamètre et 2^m,10 de hauteur sur grille; une seule chaudière les alimentait : timbrée à 6 kilogrammes, elle mesurait 4 mètres carrés de surface de chauffe. Chaque gazogène pouvait produire 300 mètres cubes de gaz à l'heure. Le gaz engendré traversait d'abord un barillet, puis un laveur à coke constitué par une colonne de 5 mètres de hauteur sur 1 mètre de diamètre, et enfin un épurateur à sciure de bois imprégnée de pétrole. Le gaz épuré s'accumulait dans un gazomètre de 4 mètres de diamètre.

On marchait à l'anthracite de Charleroi. La vapeur d'eau était surchauffée et l'air insufflé était préalablement réchauffé par son passage dans l'enveloppe du gazogène.

La pression du gaz à la sortie du gazomètre était de 40 millimètres d'eau. Le pouvoir calorifique moyen du gaz produit a été de 1238 calories. Il renfermait 23,5 d'oxyde de carbone et 18,8 d'hydrogène.

M. Meyer a constaté que le pouvoir calorifique du gaz subissait d'énormes variations allant de 1.185 à 1.300 calories, quelquefois même de 1.040 à 1.358, ce qui constitue un écart de plus de 32 pour cent. Dans une journée de travail de dix heures, le gaz est d'ordinaire plus constant le soir que le matin.

C'est après le chargement du gazogène que l'on observe les plus fortes variations : aussitôt après l'introduction du charbon frais le pouvoir baisse légèrement, puis il se relève rapidement pour monter encore quelque temps ; mais il décroît ensuite faiblement et tombe enfin très brusquement. Aussi M. Meyer conseille-t-il de faire les chargements à courts intervalles et avec peu de charbon à la fois une alimentation continue aurait, à cet égard, de grands avantages. C'est à l'introduction de charbon frais et à toutes ses conséquences qu'il faut attribuer les oscillations constatées dans le pouvoir calorifique, bien plutôt qu'à l'épaisseur de la couche de charbon dans la cuve du gazogène. Les variations de pression à la chaudière ont assez peu d'influence sur la richesse du gaz ; mais la production du gaz change beaucoup, parce que le souffleur débite plus ou moins d'air et de vapeur. Une forte surchauffe augmente la teneur en hydrogène, sans améliorer beaucoup la richesse du gaz.

Un excès de vapeur surchauffée conduit à une forte dépense de

combustible dans la chaudière sans qu'il y ait compensation par ailleurs ; on peut même constater quelquefois que la vapeur traverse le gazogène sans se condenser et qu'elle arrive alors aux laveurs, qu'elle tend à échauffer en pure perte. Il faut donc éviter avec soin de fournir trop de vapeur, même surchauffée, au gazogène, à moins qu'on ne se propose de recueillir les produits ammoniacaux ; dans ce cas en effet on doit marcher à allure plus froide, pour éviter de décomposer les produits nitreux. Mais la récupération de ces produits ne peut avoir lieu que dans des installations spéciales. Nous n'avons pas à nous en occuper ici pour le moment.

Je conclus donc encore, comme dans mon tome II, en recommandant plutôt une allure chaude, qui permette d'enrichir le gaz.

Quelques explosions survenues dans les conduites d'amenée du gaz et qui se sont même répercutées quelquefois jusqu'à la cloche du gazomètre (1) ont vivement préoccupé les spécialistes ; on se demandait si un gazogène pouvait debiter un gaz explosif, alors qu'un trou se formait dans le feu et qu'une partie de l'air injecté traversait la cuve sans avoir un contact suffisant avec le combustible incandescent. J'ai fait à cet égard un certain nombre d'essais à la suite desquels j'ai conclu que la proportion d'oxygène restait toujours insuffisante pour constituer un mélange tonnant. Les explosions avaient donc pour cause une introduction anormale d'air dans la cloche ou dans les canalisations, soit par une fausse manœuvre, soit par une aspiration d'air produite à travers des joints non étanches. Il arrive en effet fréquemment que l'aspiration d'un moteur dans une tuyauterie de trop faible diamètre y crée une dépression, occasionnant des rentrées d'air.

Un grand gazomètre a l'avantage de mêler les gaz de qualité inégale et de former une moyenne, qui assure un fonctionnement plus régulier des moteurs ; c'est qu'en effet il y a corrélation parfaite entre les pouvoirs calorifiques du gaz et les pressions moyennes aux diagrammes, ainsi que le prouve le tableau ci-dessous :

Pouvoir calorifique du gaz	Pression moyenne du diagramme
1040 calories	3 ^{»,} 26
1100 »	3 ,75

(1) Je connais un certain nombre d'accidents de ce genre, mais je dois déclarer qu'ils sont tous restés inoffensifs : les assistants ont eu plus de peur que de mal.

Pouvoir calorifique du gaz	Pression moyenne du diagramme
1200 calories	4,55
1300 »	5,15
1360 »	5,28

De ces chiffres, il ressort évidemment que la pression moyenne croît beaucoup avec la richesse du gaz; cette croissance est même d'abord plus rapide, puisqu'une augmentation du pouvoir de 31% donne une croissance de 61 pour cent dans la pression moyenne. Ce serait par conséquent une erreur que de vouloir faire produire à un appareil beaucoup de gaz médiocre; mieux vaut se tenir à une bonne moyenne de 1.300 calories environ. Cette conclusion est fort importante.

La puissance d'un moteur est donc assurément fonction de la qualité du gaz; les diagrammes en témoignent par la valeur de la pression explosive et de la pression moyenne; toutefois, on s'illusionnerait en admettant qu'il y ait une proportionnalité rigoureuse et sans limite entre les pouvoirs et les puissances, car l'allure du cycle se modifie avec la qualité du gaz et les pertes par action de paroi varient grandement suivant la forme du diagramme.

Nous trouvons aussi, sur cette question, d'intéressantes données dans une excellente étude faite à l'usine de Seraing par M. Bailly, dont M. Hubert a publié les conclusions et que M. Lencachez a commentée.

Et d'abord, voici les consommations relatives d'un même moteur alimenté de gaz différents.

GAZ	Pouvoir calorifique par mètre cube	Consommation par cheval-heure effectif	Calories correspondantes
Gaz de ville	5350	600 lit	3210
— mixte	1460	2580	3766
— pauvre de coke	1200	2950	3980
— de haut fourneau	997	4665	4641

On voit donc que la consommation en calories croît au fur et à mesure que la richesse du gaz diminue.

Le travail indiqué d'un moteur diminue à mesure que la combustion est plus lente, mais dans un rapport notablement moindre que la pression explosive; ainsi trois diagrammes pris successivement à une vitesse de 315 tours ont donné les résultats ci-dessous :

Pressions explosives.	13 ^h ,7	7,5	5,3
— moyennes.	2,6	2,3	1,75
Travail indiqué en chevaux.	6,45	5,45	4,25
— relatif.	100	85	68

L'effet utile augmente donc quand la combustion se fait plus rapidement; je l'avais posé en principe à la suite de mes Études sur les moteurs publiées en 1883.

La pression moyenne indiquée augmente avec la pression dans la conduite : ainsi quatre diagrammes ayant été levés sous des pressions de 10, 25, 30 et 50 millimètres d'eau dans la conduite, la pression moyenne dans le cylindre s'est élevée respectivement à 2^h,40, 2^h,50, 2^h,75 et 2^h,85.

Les résultats que nous venons de rapporter montrent combien nombreux sont les éléments à envisager dans un essai de fabrication de gaz pauvre en vue d'alimenter des moteurs. C'est ce qui explique les discordances apparentes entre les conclusions déduites de diverses expériences dans lesquelles on n'avait pas tenu compte de tout ce qui peut influer sur le rendement.

Ce rendement est en somme meilleur que celui des chaudières à vapeur.

On a cherché à l'améliorer encore.

Voici une tentative qui mérite d'arrêter l'attention de ceux qui s'intéressent à cette question.

On se rappelle la théorie du gazogène : c'est celle du cubilot. Il se forme d'abord de l'anhydride carbonique, qui se trouve réduit au contact du charbon incandescent et qui produit de l'oxyde de carbone par la réaction $\text{CO}^2 + \text{C} = 2 \text{CO}$.

En 1890, MM. Biedermann et Harvey ont imaginé de fournir directement CO^2 au gazogène afin de n'avoir pas à brûler du charbon dans la cuve de l'appareil en vue d'obtenir ce gaz. Étant donné que CO^2 soit fourni gratuitement, le procédé breveté Biedermann et Harvey

doit donner lieu à une économie notable, ainsi que nous allons le démontrer à la suite de M. Droit (1).

En effet, acceptant le chiffre de 8 calories pour la chaleur dégagée par la combustion complète de 1 gramme de carbone, nous observons que l'équivalent pesant 6 grammes développe 48 calories en donnant CO^* . Or,

$$\begin{array}{r} \text{C} + \text{O} = \text{CO} \text{ donne } 14 \text{ calories.} \\ \text{CO} + \text{O} = \text{CO}^* \quad - \quad 34 \quad - \\ \hline \text{Total } 48 \text{ calories.} \end{array}$$

Le gazogène ordinaire ne débite donc en marche normale par équivalent de carbone qu'un seul équivalent de CO , valant 34 calories; la perte est de $\frac{48 - 34}{48} = 29 \%$.

Mais cette perte peut être évitée, et l'on réalise, d'autre part, encore un bénéfice en recevant CO^* tout formé.

Car supposons CO^* fourni gratuitement; pour décomposer CO^* par C et obtenir 2 CO , il faut céder 34 calories; or, la réaction $\text{C} + \text{O} = \text{CO}$ en donne 14; il n'y a donc plus que $34 - 14 = 20$ calories à demander à la combustion des deux équivalents de CO produits. Il reste, par suite, $2 \times 34 - 20 = 48$ calories disponibles. Comme on n'a dépensé qu'un équivalent de C, on gagne $48 - 34 = 14$ calories. Le bénéfice est donc égal à $\frac{14}{34} = 41 \%$.

Il y aurait bien à tenir compte dans ce calcul des chaleurs spécifiques des gaz entrants et sortants, mais ces résultats n'en subsisteraient pas moins.

MM. Siemens, qui exploitent ce brevet, n'ont cependant pas pu réaliser l'économie indiquée; cela tient à ce que l'on envoyait au gazogène des gaz brûlés renfermant 12 % d'acide carbonique et 88 d'azote. Si ces gaz avaient été chauds, l'azote n'aurait pas nui à la réaction à laquelle ils auraient apporté du calorique tout en permettant la décomposition de la vapeur d'eau et en fournissant H et CO ; mais les gaz arrivaient fort refroidis, et les espérances qu'on avait fondées sur les considérations ci-dessus ne se sont pas réalisées,

Il est à craindre que, pour les mêmes causes, le procédé Biedermann et Harvey ne donne pas de bons résultats dans les gazogènes

(1) *Revue industrielle*, 15 février 1896.

alimentant des moteurs, mais on pourrait peut-être prendre les gaz de l'échappement à leur sortie du cylindre et les réintroduire chauds dans le gazogène ; ce serait une belle expérience à tenter et nous la signalons à l'attention de nos lecteurs.

L'enrichissement du gaz de gazogène est à l'ordre du jour en Amérique ; cette question peut au contraire être considérée comme tout à fait neuve chez nous : nous en dirons donc quelques mots. Le procédé consiste à mêler au combustible maigre des charbons plus ou moins bitumineux ou des huiles lourdes, qui donnent, par distillation d'abord, par décomposition ensuite, des hydrocarbures capables d'élever considérablement le pouvoir calorifique du gaz de gazogène (1). Il faut évidemment prendre certaines précautions pour que l'appareil s'accommode de ce régime particulier ; mais il paraît qu'on peut opérer dans des gazogènes ordinaires sans leur faire subir de modification importante. M. Rose-Hastings a donné son nom au procédé : le gaz obtenu a la composition suivante :

Hydrogène	44,67
Oxyde de carbone	15,35
Protocarbure d'hydrogène	14,50
Hydrocarbures lourds.	5,30
Acide carbonique	0,00
Azote et oxygène	20,18
	<hr/>
	100,00

Pour produire 1.000 mètres cubes de gaz, on a employé les matières indiquées ci-dessous :

Charbon ordinaire	505 kilogr.
Coke	75 —
Huile brute	305 litres.

Le pouvoir calorifique du gaz a atteint 4.197 calories par mètre cube.

L'appareil Rose-Hastings s'est répandu dans la région de Pittsburg, où il supplée heureusement à la diminution du gaz naturel, dont la production décroît rapidement et qu'on ne connaîtra plus bientôt que

(1) *Journal du Gaz et de l'Électricité*, 31 janvier 1895, page 21.

par le souvenir. Le gaz engendré a un pouvoir comparable à celui du meilleur gaz à l'eau et il se pourrait qu'il y eût avantage à en fabriquer pour l'alimentation des moteurs à gaz; on retiendra en tout cas qu'il est possible d'enrichir les gaz pauvres par les charbons bitumineux ou les huiles, car ce fait peut acquérir une certaine importance par la suite.

III

Types de gazogènes.

Les gazogènes continuent de se perfectionner; l'objectif des constructeurs était de les faire fonctionner avec d'autres charbons que les anthracites criblés du pays de Galles, dont le prix de revient est trop élevé en bien des endroits; ce but a été atteint dans une certaine mesure et nous connaissons d'excellents essais faits avec des charbons français et belges maigres à longue flamme. La question a une grande importance, car fréquemment l'économie réalisée sur la consommation de charbon se trouvait compensée par la différence des prix de l'anthracite et des charbons courants, menus ou tout-venants.

Le gazogène Dowson, dont l'éloge n'est plus à faire, n'est pas inférieur à sa réputation et on continue de l'installer en tous pays, bien qu'il ait trouvé des concurrents sérieux dans d'habiles imitateurs.

Le gazogène Buire-Lencachez a poursuivi, lui aussi, la série brillante de ses applications et de ses succès.

M. Lencachez fils a pris, en 1897, un brevet de perfectionnement pour des modifications heureuses apportées par lui au gazogène Buire-Lencachez : il a pu ainsi marcher au charbon tout-venant de Birmingham, qu'on n'avait pas encore réussi à employer en gazogène. Le fait est assez instructif pour que nous y insistions (1).

Ce charbon renferme 20 % de gros de 120 millimètres au plus et 80 % de fins et de poussières. Il a une apparence terreuse; en brûlant,

(1) Communication de M. Lencachez père à la Société de l'Industrie Minérale, janvier 1898.

il répand l'odeur caractéristique des lignites ; il renferme jusqu'à 8 % d'eau. Desséché à 105 degrés, il a la composition ci-dessous :

Eau d'absorption.	60	grammes.
— de constitution.	53	—
Goudron et brai sec	51	—
Matières volatiles.	210	—
Carbone fixe	463	—
Cendres.	163	—
	<u>1000</u>	—

Notons cette teneur en 21 % de matières volatiles et 16 de cendres ; elle est caractéristique d'une qualité que l'on n'est point habitué à pouvoir utiliser dans les gazogènes. C'est en effet une houille bitumineuse ; son coke est assez collant, mais il a, par contre, la propriété d'être friable et, par suite, de ne pas s'agglomérer en masse et de ne pas faire voûte. M. Lencauchez fils a eu un grand mérite de tirer parti d'un tel combustible. dont le prix est d'ailleurs très bas, attendu qu'il se vend moins de 4 francs la tonne sur le carreau de la mine.

Le gaz produit a la composition suivante :

H.	14,50	}	48,45
CO	29,50		
C ² H ⁴ , etc.	4,45	}	51,55
CO ^s	3,00		
Az, etc.	48,55	}	100,00
	<u>100,00</u>		

Sa puissance calorifique à 0 degré et 760 millimètres de pression est de 1.650 calories par mètre cube.

Ce gazogène fonctionne chez MM. Albright et Wilson à Birmingham, et il y actionne un moteur Crossley de 158 chevaux.

MM. Fichet et Heurtey continuent aussi à faire de nombreuses installations de leur gazogène Taylor : nous citerons en première ligne les remarquables usines de force motrice des Tramways de Lausanne, dont nous ferons connaître plus loin les résultats. La minoterie du cap Janet est aussi actionnée par des moteurs Niel alimentés de gaz pauvre (MM. Fichet et Heurtey disent gaz *mixte*) fourni par un gazogène Taylor : la consommation garantie était de 850 grammes de

coke ne contenant pas plus de 10 % de cendres et 4 % d'humidité par cheval-heure effectif; les essais faits sous la direction de M. Stapfer

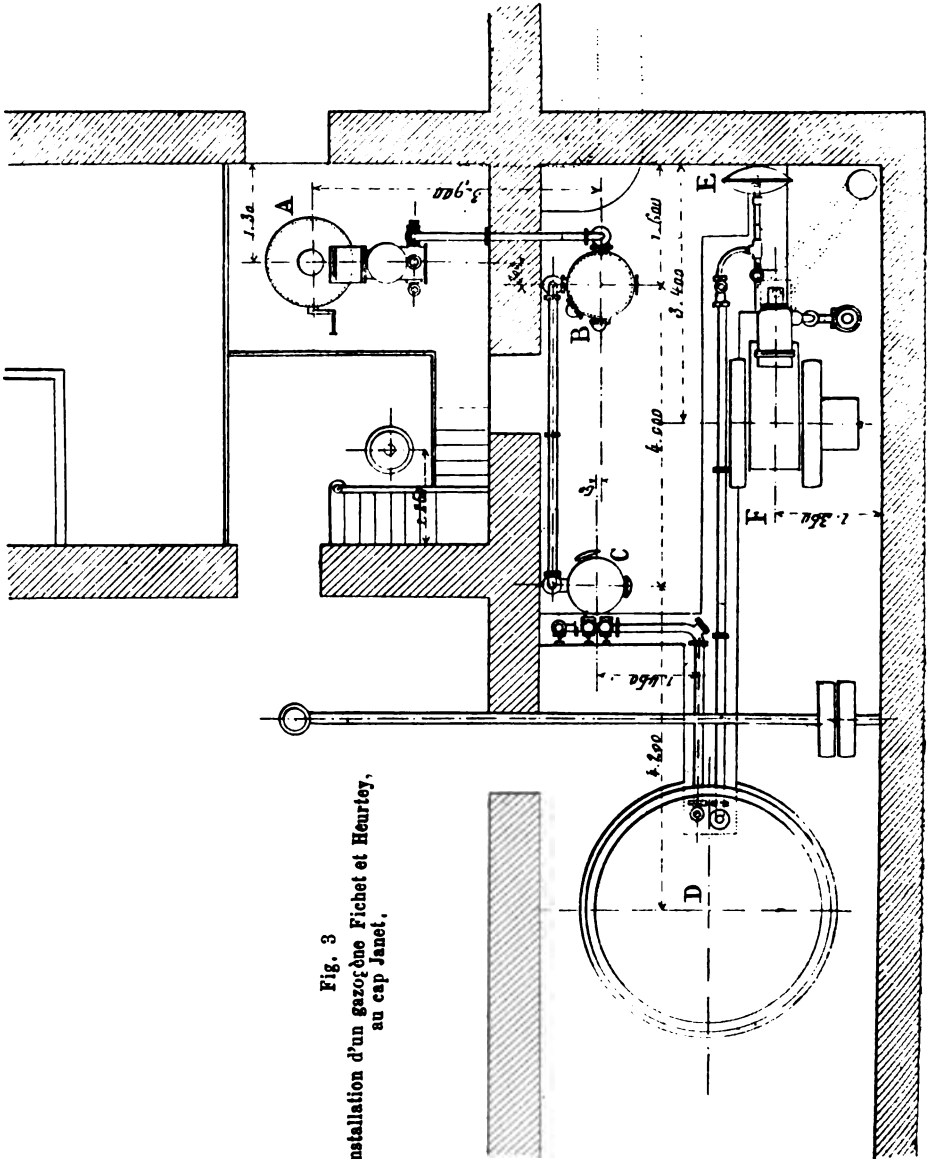


Fig. 3
Installation d'un gazogène Fichet et Heurley,
au cap Janet.

ont démontré que la dépense n'atteignait même pas 775 grammes. La figure 3 donne le détail de cette installation : A est le gazogène, B et C les laveurs épurateurs, D le gazomètre, E la poche régulatrice et F le moteur. Les cotes du dessin permettent de juger de la compacité de cet ensemble.

Nous allons décrire maintenant certains types d'appareils nouveaux ou perfectionnés qui se disputent les faveurs de la nombreuse clientèle des gaz pauvres.

1. — *Gazogène de Deutz.*

Un des principaux objectifs des constructeurs de gazogènes a été de permettre l'emploi des charbons maigres et des cokes; il fallait pour cela que le dégrassage des grilles fût rendu plus pratique, que leur accès fût par conséquent facilité et que les charges fussent moins empâtées. Ces conditions paraissent bien réalisées par le gazogène de Deutz, dont on voit le dessin sur la figure ci-contre.

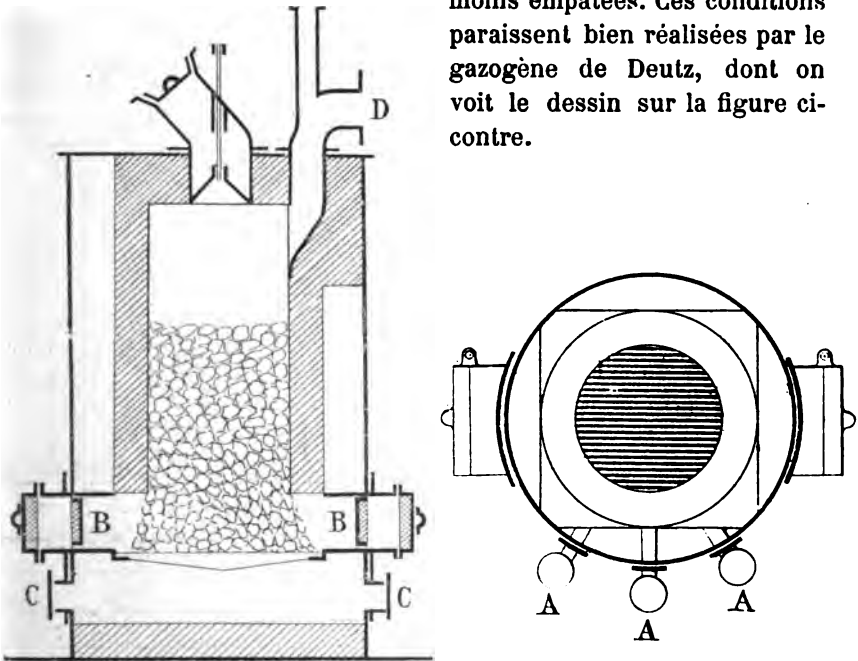


Fig. 4. — Coupes du gazogène de Deutz.

Nous n'insisterons pas sur les éléments de construction les plus connus qu'on retrouve dans ce type : garniture réfractaire, treuil de chargement, grille, cendrier, injecteurs, etc. Signalons seulement ce qui suit :

L'injection de vapeur et d'air se fait par le bas, en dessous de la grille, par trois injecteurs indépendants A qui permettent de varier dans une limite plus étendue la quantité d'air et de vapeur fournie au foyer et de mieux gouverner son allure; on arrive ainsi à maintenir constante la proportion d'air et d'eau tout en faisant croître ou décroître leur quantité absolue.

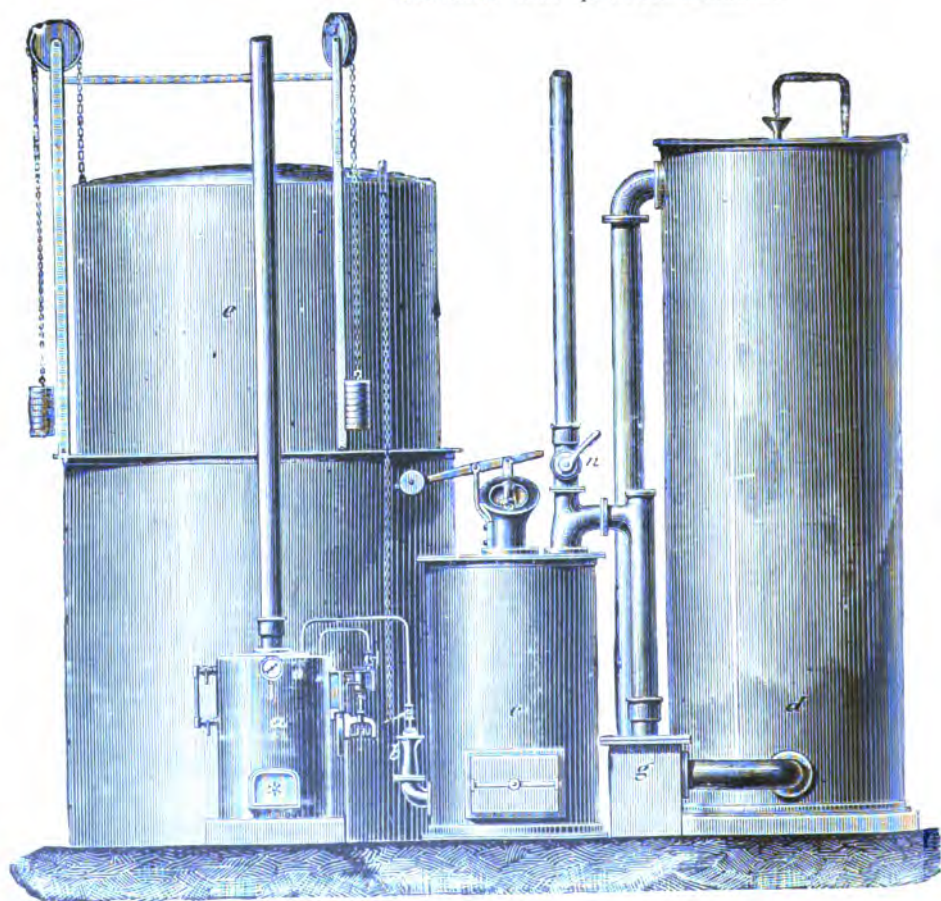


Fig. 5. — Vue d'ensemble du gazogène de Deutz.

De larges portes sont pratiquées au niveau de la grille en vue du décrassage ; des tampons de terre réfractaire B protègent les portes et les défendent contre l'ardeur excessive du feu. Le cendrier est lui-même muni de portes C, qu'on tient habituellement fermées, mais qu'il est possible d'ouvrir en marche pour donner rapidement un coup de ringard à la grille, si besoin en est. Le gaz s'échappe par D.

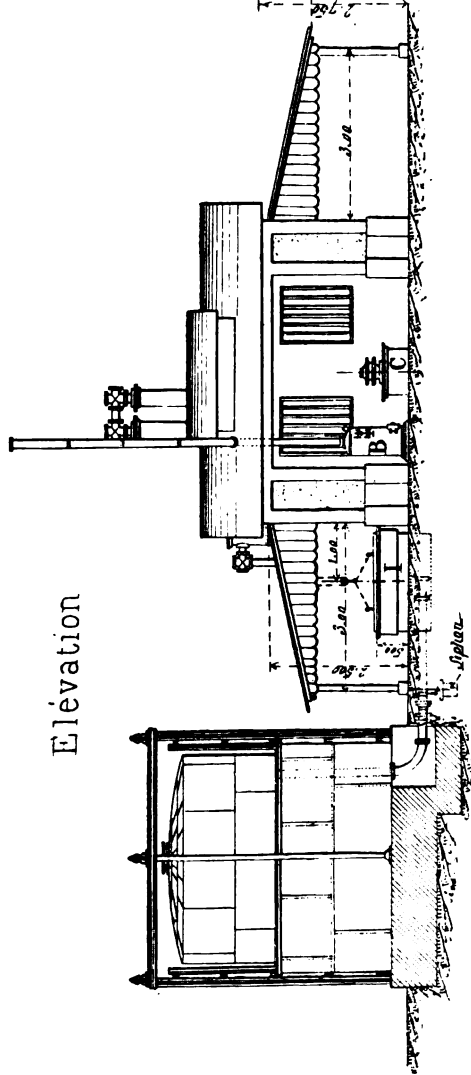
On voit sur la figure 3 une vue d'ensemble d'une installation de gazogène de Deutz : *a* est la chaudière, *b* l'injecteur à triple tuyère, *c* le gazogène lui-même, *g* le barillet, *d* la colonne à coke et *e* le gazomètre. La disposition est celle qu'a créée M. Dowson, dont on copie aujourd'hui assez servilement les appareils.

MM. Hirzel (de Leipzig) construisent des gazogènes du même genre présentant le même aspect extérieur et les mêmes agencements généraux ; certains détails seuls diffèrent.

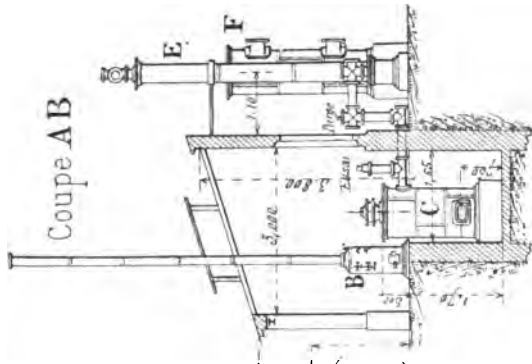
2. — *Gazogène Pierson.*

MM. Pierson, représentants de MM. Crossley à Paris, ont été amenés à établir un nouveau modèle de gazogène devant supprimer complètement l'encrassement et l'engorgement des organes des moteurs ; à cet effet, ils ont modifié légèrement la forme de la cuve ; mais ils ont surtout développé largement l'ensemble des appareils de lavage et d'épuration, qui sont quelquefois insuffisants et dont le fonctionnement laisse souvent à désirer. Le condenseur et le barillet présentent d'abord des dimensions considérables assurant le refroidissement parfait des gaz et une condensation rationnelle des goudrons et autres sous-produits condensables. La colonne à coke est aussi fort développée en vue de bien laver le gaz, de le débarrasser de ses poussières et de retenir l'ammoniaque. L'épurateur présente de grandes surfaces de claies, comparables à celles des usines à gaz de ville ; le gazomètre lui-même a un grand volume afin d'emmagasiner du gaz pour une longue période de marche et d'opérer un meilleur mélange des gaz de qualité variable produits par le gazogène. On évite ainsi au conducteur une surveillance trop fatigante et l'on réalise une marche plus régulière du moteur. Enfin les canalisations ont des sections fort développées en vue de réduire les pertes de charge et d'empêcher les obstructions.

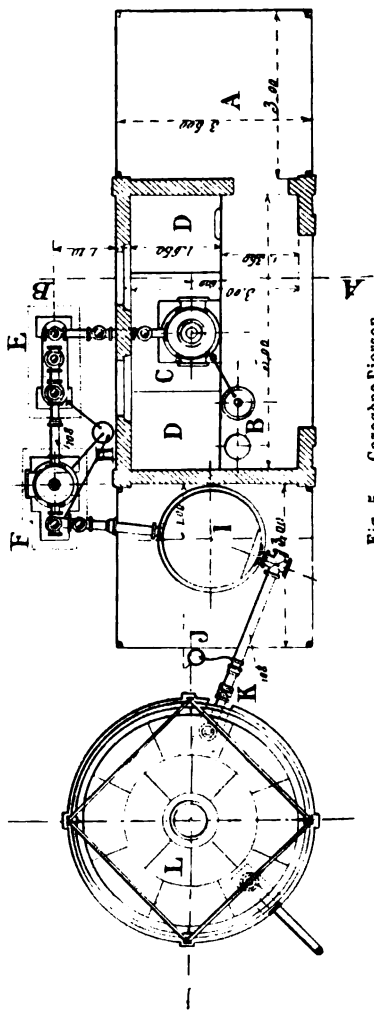
Elevation



Coupe AB



Plan d'ensemble



- A Dépôt de charbon et de coke ;
- B Chaudière.
- C Gazogène ;
- D Fosses d'accès et de travail ;
- E Condenseur et barillet ;
- F Colonne à coke ;
- H Siphon général ;
- I Epurateur ;
- J Siphon ;
- K Vanne ;
- L Gazombiro.

Fig. 5. — Gazogène Pierson

Des soins particuliers ont été pris pour que le conducteur puisse connaître aisément les pressions développées aux divers points des conduites ; des regards pratiqués sur la cuve lui permettent de voir le feu ; des flammes lui font connaître la composition du gaz engendré. Tout cela est parfaitement étudié et compris.

L'ensemble que nous venons de décrire est représenté sur la figure 5 ; le lecteur est prié de se reporter à la légende de notre dessin.

Ces appareils ont été installés à la Société nouvelle des Établissements Decauville, chez M. Carnaud, à Douarnenez, à l'Eden-Hôtel à la Turbie-sur-Mer (station électrique de 100 chevaux), chez M. Léonard Danel, imprimeur à Lille, chez MM. Bonnet-Ramel à Lyon, etc., et les prévisions de MM. Pierson ont été brillamment réalisées. Ces ingénieurs estiment que 1 kilogramme de combustible anthraciteux ou maigre à longue flamme donne, avec 750 grammes de vapeur surchauffée, environ 3.500 à 4.000 litres de gaz à 1.250 calories, coûtant au plus 7 centimes, tous frais d'amortissement, d'intérêt et de production compris.

La grille se nettoie toutes les douze heures, l'épurateur tous les huit jours et l'ensemble de l'installation chaque deux mois : un ouvrier habile dégrasse la grille sans avoir jamais à jeter bas les feux, si ce n'est pour les appareils de trop petites dimensions.

3. — *Gazogène Tangye.*

Cet appareil a été conçu dans le but spécial de produire un gaz de composition régulière et constante ; à cet effet, le combustible frais séjourne d'abord, avant de tomber dans la cuve du gazogène, dans une trémie de forme particulière dont la grande capacité dispense de charger fréquemment et dont la forme oblige le chauffeur à maintenir toujours le niveau du charbon à une hauteur invariable. Ce sont là d'excellents moyens pour conserver une allure de marche très régulière et assurer une richesse constante aux produits qui sortent du gazogène.

On a veillé d'autre part à ce que la vapeur admise soit fortement surchauffée ; de plus, l'air lui-même soufflé dans l'appareil est à une

température élevée : ces conditions de fonctionnement sont très rationnelles et elles doivent conduire à de bons résultats.

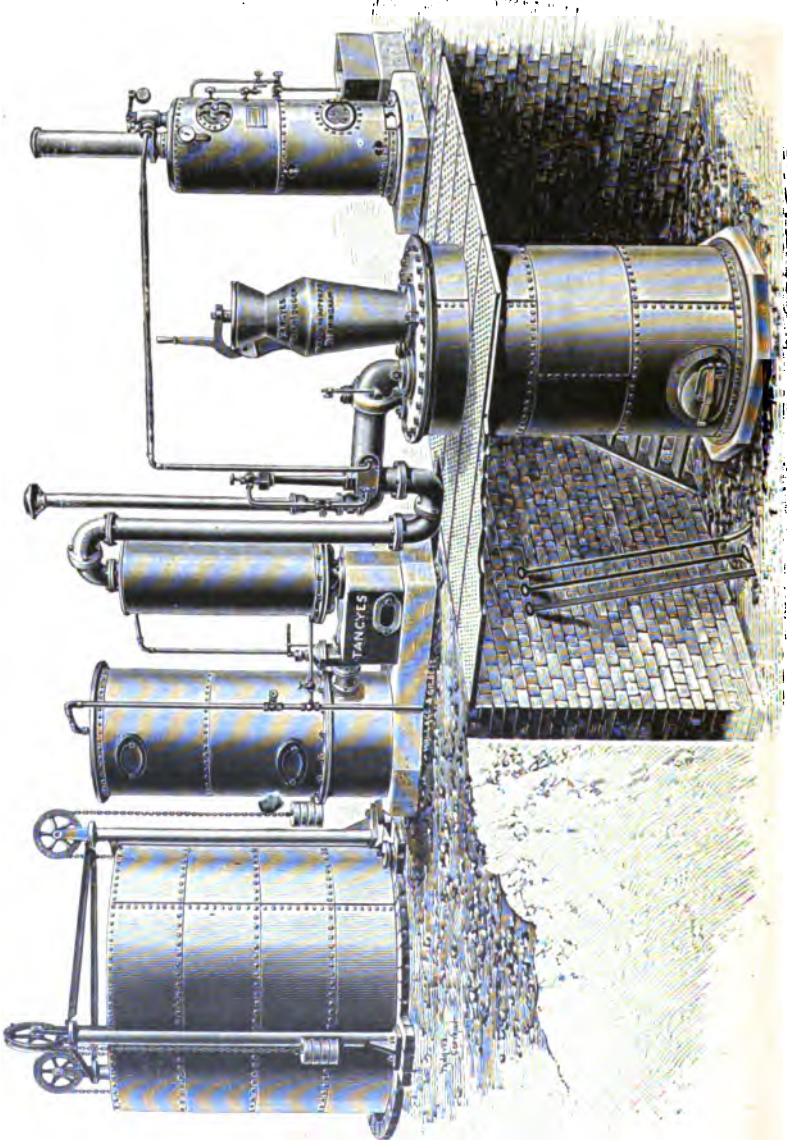


Fig. 7. — Vue générale d'un gazogène Tangye.

Les figures 7 et 8 permettent de se rendre compte des dispositions générales du gazogène Tangye. La vapeur, engendrée par une petite chaudière verticale, traverse l'injecteur B et entraîne avec elle l'air nécessaire au fonctionnement de l'appareil : le courant d'air et de

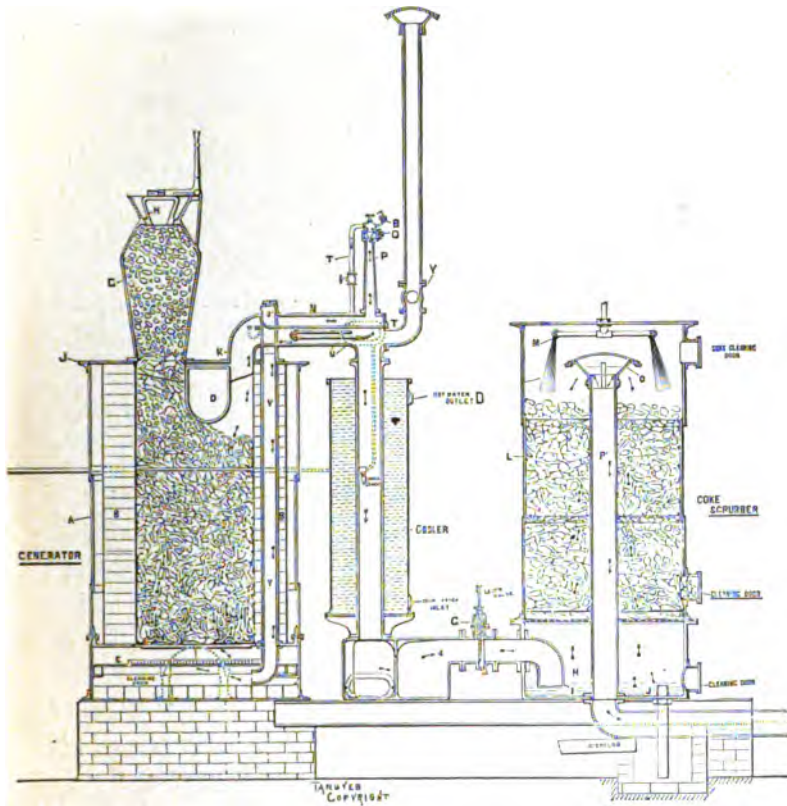


Fig. 8. — Coupe d'un gazogène Tangye.

vapeur croise dans le conduit N le courant des gaz chauds sortant du gazogène et se surchauffe à leurs dépens, ainsi que dans le canal vertical V pratiqué dans la paroi même de la cuve ; il pénètre dans cette cuve par la partie inférieure. La trémie de chargement se voit en C, entièrement remplie de combustible frais ; un déflecteur D empêche les morceaux de venir obstruer l'orifice de départ des gaz ; le mélange d'air et de vapeur traverse ainsi sans trop grande résistance l'épaisse

couche de charbon incandescent qui dissocie la vapeur d'eau et réduit l'anhydride carbonique.

Les gaz traversent de haut en bas un réfrigérant à eau, qui les refroidit, et condense les goudrons, avant qu'ils arrivent au barillet et au scrubber à coke: celui-ci est constamment arrosé par un courant d'eau. Le courant gazeux est finalement évacué vers le gazomètre par le conduit vertical P.

La disposition de l'ensemble est indiquée par la figure 8, qui n'a pas besoin de plus ample commentaire.

On nous a dit que le mélange d'air et de vapeur entre dans la cuve à une température d'au moins 350°; avec du Welsh anthracite, on produit aisément du gaz à 1.500 à 1.600 calories par mètre cube; on estime à 4.500 mètres la production par tonne d'anthracite. Ces chiffres sont tout à l'honneur du gazogène Tangye, car ils correspondent à un rendement très élevé.

4. — *Gazogène Mond.*

La plupart des ingénieurs, qui se sont occupés jusqu'ici de gazogènes, ont négligé la récupération des sous-produits; ils auraient du reste perdu leur temps, attendu que les charbons maigres et secs, nécessités par une bonne marche des appareils habituels ne laissent pas de coke et ne permettent pas de recueillir les produits ammoniacaux.

Le Docteur Mond a poursuivi de longues et patientes recherches depuis l'année 1879, en vue de faciliter l'emploi de charbons plus ou moins bitumineux, pris sous forme de menus, et d'en retirer des sous-produits rémunérateurs, permettant d'abaisser le prix de revient du gaz engendré.

Le projet était hérissé de difficultés, car on sait que les charbons les moins gras distillent de grandes quantités de goudrons, qui obstruent les canalisations, empâtent les soupapes, empêchent l'allumage et finalement arrêtent les moteurs. D'ailleurs, les charbons de ce genre s'agglutinent et se collent, puis forment voûte dans la cuve du gazogène, sans qu'aucun ringard mécanique puisse empêcher cet effet; le passage à travers les couches de combustible offre alors à l'air une

résistance insurmontable, l'acide carbonique ne se réduit plus, et bientôt le feu s'éteint. Bref : on ne savait marcher qu'à l'anhracite ou au coke, parfaitement criblé, sans poussières, dont le prix élevé compensait trop souvent la faible consommation. Quant aux produits ammoniacaux, ils étaient décomposés par la température élevée régnant dans l'appareil.

L'allure froide était d'ailleurs indiquée avec des charbons aussi gras afin d'éviter la production des mâchefers et des scories fondues.

M. Mond a réalisé son but en abaissant la température de la cuve par un afflux énorme de vapeur d'eau, laquelle est en quantité trop considérable pour pouvoir être dissociée à la traversée du charbon incandescent. L'excès se condense à la sortie des gaz et restitue sa chaleur de vaporisation à l'air qui entre, dont la température est alors suffisante pour empêcher l'extinction du feu. Les gaz chargés de produits ammoniacaux sont reçus dans des appareils spéciaux d'absorption, qui permettent d'en recueillir les 7/10. L'alimentation du combustible s'opère mécaniquement et des dispositions adroites sont prises pour faire tomber les cendres hors du foyer dans le cendrier ; on charge d'ailleurs le charbon par grandes quantités, ce qui paraît paradoxal, mais l'inventeur prétend néanmoins obtenir un gaz de qualité très uniforme et de richesse suffisante pour être employé sans difficulté dans les moteurs (1).

Ce gazogène est en service dans l'usine chimique de MM. Brunner, Mond et C^o, à Northwich (Cheshire). Le charbon arrive par wagonnets sur une plateforme supérieure (fig. 9) et il est délivré à la cuve par une trémie AB.

Cette cuve est cylindrique, en tôle de fer à double paroi, revêtue intérieurement d'une chemise réfractaire ; la deuxième enveloppe est à dilatation libre. Chargé en grande masse, le charbon remplit non seulement la cuve, mais encore la cloche B qui termine la trémie ; il y séjourne et y subit une première distillation, qui produit le départ des carbures volatils, entraînés par le courant des gaz, prenant le chemin du tuyau vertical de départ D. Ce tuyau est disposé en vue d'un décrassage facile par l'orifice inférieur E : les obstructions peuvent donc être facilement évitées. Une soupape à boulet très ingénieuse permet de ringarder en pleine marche.

(1) *The Mond Gas-producer Plant and its application*, by H. Humphrey; *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, tome CXXIX, 1897.

L'air, amené sous une forte pression d'au moins 30 centimètres d'eau, se réchauffe en traversant d'abord un jeu d'orgues de tuyaux

et finalement l'enveloppe du gazogène et il arrive ainsi très chaud à la grille G. Cette grille est formée de barreaux renversés, dessinant un cône, accrochés par leur partie supérieure à une couronne circulaire, reposant sur un anneau inférieur; ils sont libres et peuvent donc être secoués sans difficulté. Les cendres tombent dans le cendrier C plein d'eau, constituant ainsi un appareil à fermeture hydraulique. Ce dispositif a été imaginé en vue de l'emploi d'un combustible menu, que la vapeur traverse en vertu de la haute pression de l'insufflation; la vapeur se diffuse régulièrement à travers la masse. Son long parcours contre des parois chaudes la surchauffe considérablement, mais, ainsi qu'il a été dit, sa quantité empêche la température de s'élever assez pour décomposer les gaz ammoniacaux.

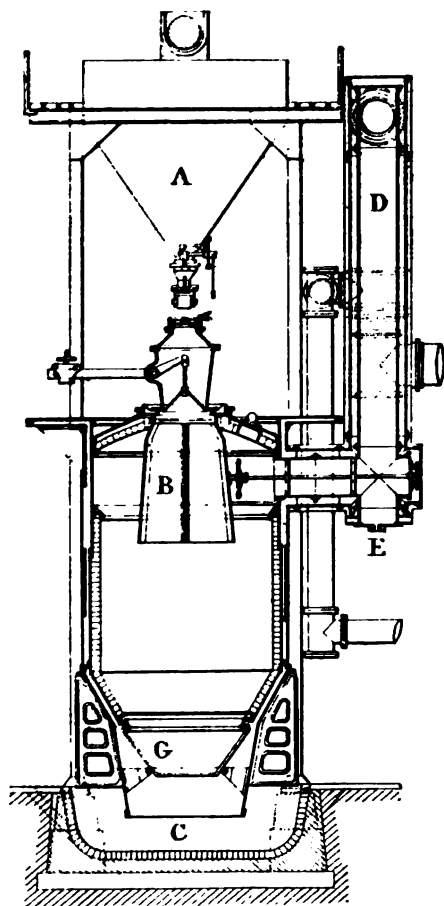


Fig. 9. — Coupe d'un gazogène Mond.

La figure 10 montre la disposition du jeu d'orgues et des laveurs et condenseurs placés à la suite.

Les gaz chauds, venus du gazogène, traversent d'abord les tuyaux A, appelés *regenerators*, puis un laveur B et ils montent ensuite dans la colonne E (*ammonia recovery tower*), arrosée d'acide, par le jeu de la pompe K, qui prélève le liquide acide dans les bacs I et J. Ce

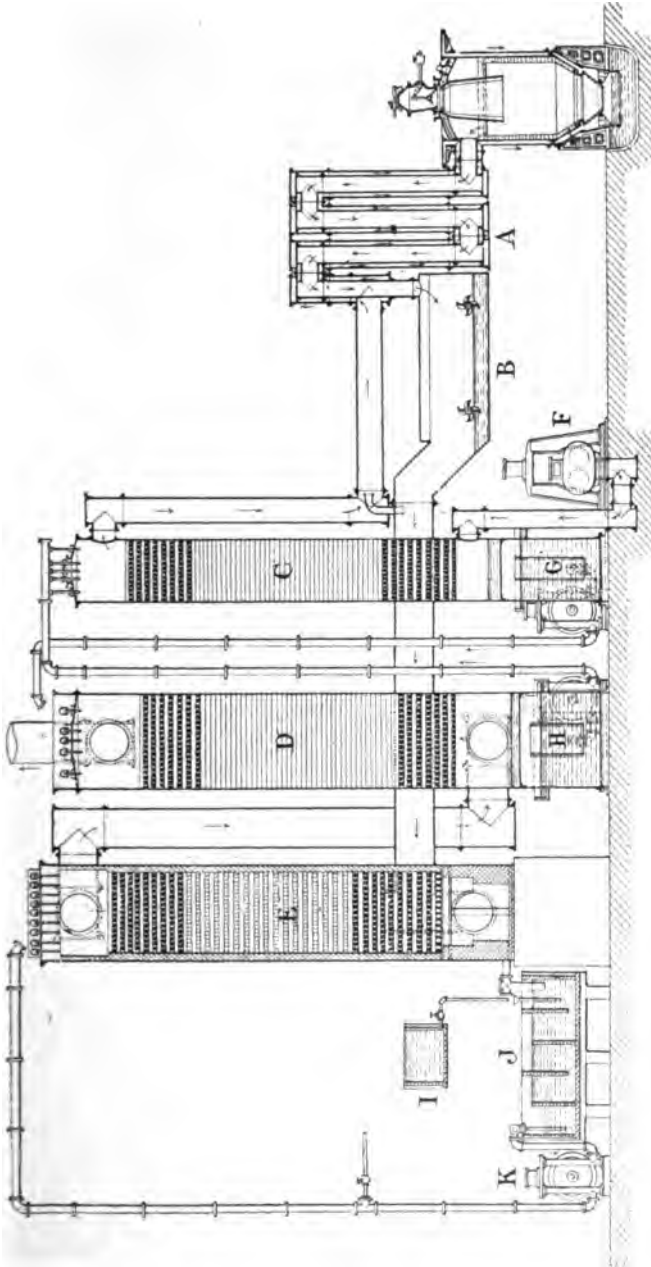


Fig. 10
Installation complète d'un gazogène Mond.

liquide est une dissolution d'acide sulfurique à 4 % ; I fournit l'acide nécessaire pour maintenir à ce taux le liquide ayant déjà circulé précédemment dans la tour ; le dosage est vérifié en J. Le gaz est conduit ensuite dans la tour D (*gas cooling tower*) arrosée d'eau froide par la pompe G ; l'eau chaude ainsi produite est reprise par la pompe H et remontée au sommet de la tour C (*air heating tower*).

Or, voyons maintenant quelle est la voie suivie par l'air à introduire à travers l'enveloppe du gazogène : il est fourni par le ventilateur F, et monte dans la tour C, où il se réchauffe et se sature de vapeur d'eau ; de là il passe au jeu d'orgues, et il arrive enfin à l'enveloppe annulaire du gazogène, qu'il traverse avant d'être admis à la grille.

On recueille ainsi 90 livres de sulfate d'ammoniaque par tonne de charbon.

Un essai fait à Winnington a donné la composition suivante du gaz :

H	24,8
C ^a H ¹	2,3
CO	13,2
O	0,0
CO ²	12,9
Az	46,8
	100,0

La proportion d'hydrogène est très considérable dans ce gaz ; il renferme d'ailleurs beaucoup d'acide carbonique et peu d'oxyde de carbone.

Un moteur Crossley de 25 chevaux a consommé, par cheval-heure indiqué, 1.973 litres de ce gaz engendrés par 467 grammes de charbon menu, de qualité médiocre. Le rendement thermique a donc atteint 0,24.

Un essai d'éclairage électrique durant 320 heures, fait en avril 1896, a donné les résultats économiques ci-dessous :

Consommation de charbon	5842 kilogr.
— de gaz	26051 m ³
Ampères moyens	184,0
Volts moyens	100,0
Travail électrique	18,4 kilowatts = 24,5 chev.
— indiqué (ventilateurs compris)	37,7 —
Charbon par kilowatt-heure	0,992 kilogr.

Prix de revient :

Charbon, valeur déduite de l'ammoniaque	50 fr. 70
Huile, charbon pour lampes, etc.	118,00
Main-d'œuvre	65,50
Total	<u>229,20</u>
Prix du kilowatt-heure.	0,0386

Ce brillant résultat justifie les dépenses nécessitées par l'installation d'un puissant gazogène.

3. — *Gazogène Winand.*

Ce gazogène, d'origine américaine, indique pour références la maison Schleicher-Schumm, concessionnaire des brevets Otto, qui utilise cet appareil depuis plusieurs années et qui s'en déclare pleinement satisfaite.

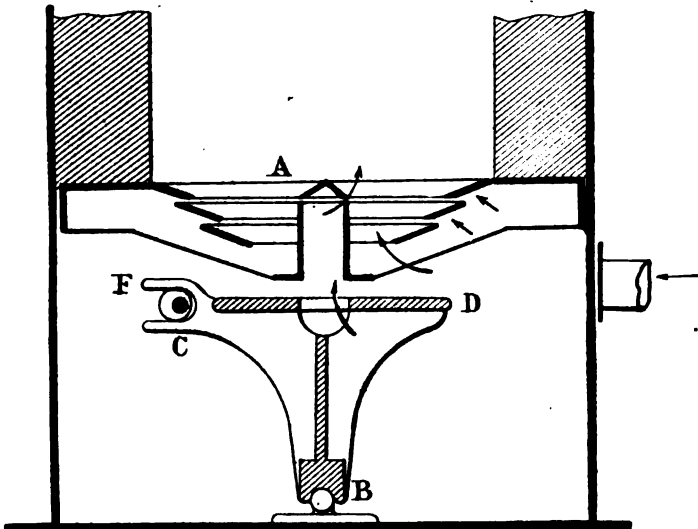


Fig. 11. — Gazogène Winand.

C'est un gazogène à sole oscillante autour de son axe vertical AB (fig. 11); l'oscillation se fait autour de la rotule B, sous l'action d'une came C prise dans une fourche F. On actionne cette came à la main, au moyen d'une manivelle; cette opération se fait au moment du dégrassage et elle permet d'incliner le plateau pour faciliter la chute des scories.

On peut employer deux cames et agir sur deux rayons à angle droit du plateau; dans ce cas, le décollage des mâchefers est mieux assuré encore.

Le combustible est soutenu par des couronnes de grilles coniques, entre lesquelles passe l'air et la vapeur de soufflage. L'air est saturé d'abord de vapeur, puis surchauffé, dans un appareil tubulaire, traversé en sens contraire par les gaz chauds du gazogène et l'air d'alimentation.

Les autres dispositions de l'appareil ne diffèrent pas sensiblement de celles des anciens gazogènes décrits précédemment.

6. — *Gazogène Kitson et Walker.*

Ce nouveau gazogène diffère de celui que nous avons déjà décrit, en ce qu'il est pourvu d'une sole tournante et montante; ce double

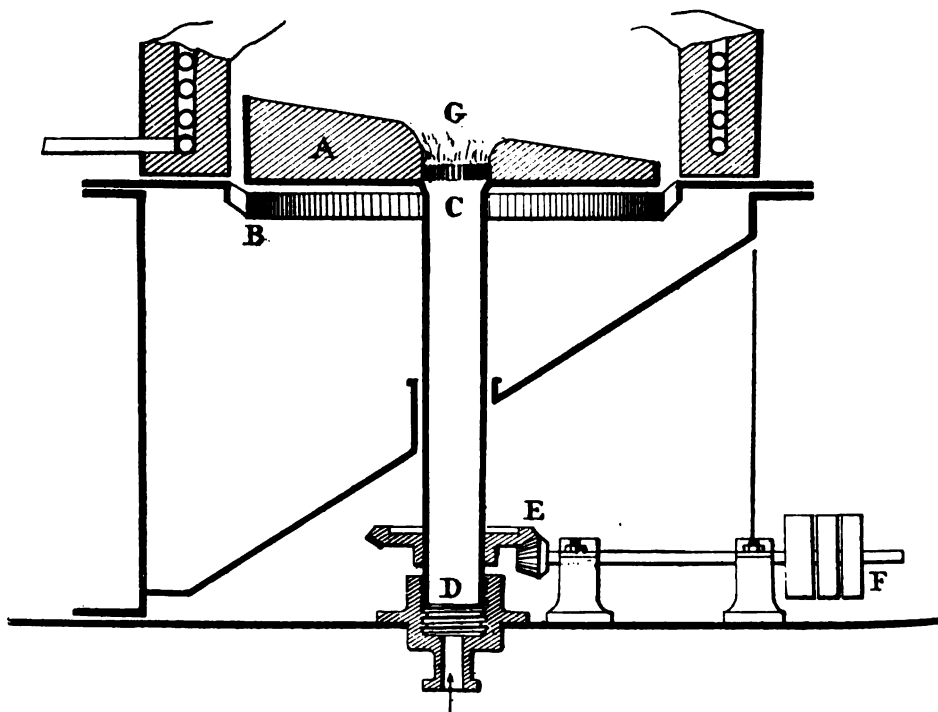


Fig. 12. — *Gazogène Kitson et Walker.*

mouvement a pour effet d'agiter constamment le combustible et d'empêcher son collage, tout en assurant une évacuation régulière des cendres par l'intervalle compris entre la sole inclinée A et la grille circulaire B.

La sole est portée par un axe creux CD (fig. 12) fileté à sa partie inférieure; cet axe reçoit un mouvement de rotation alternatif dans un sens ou dans l'autre, par l'intermédiaire des roues d'angle E et des poulies F, à renversement automatique de marche, à l'instar des poulies des machines à raboter. Un mouvement dans un sens fait monter la sole en même temps qu'elle tourne; l'autre rotation la fait descendre.

L'air est chauffé dans une gaine qui entoure le tuyau de départ des gaz du gazogène; il est appelé par un injecteur à vapeur et il pénètre dans l'appareil par le tube CD et à travers la grille G. La vapeur est formée aux dépens des chaleurs perdues; la chaudière est constituée par des tubes H noyés dans le parement du gazogène.

Une nouveauté a été réalisée dans cet ingénieux appareil; un dispositif spécial permet d'injecter, avec la vapeur d'eau et l'air, une certaine quantité de pétrole permettant au besoin d'enrichir le gaz produit. Nous avons dit plus haut les avantages de ce procédé de carburation.

Le charbon est débité par une trémie circulaire d'un maniement très simple.

La grille G est recouverte d'un tampon d'amiante, pour empêcher les cendres de tomber dans le tuyau CD; tous les mécanismes de l'appareil sont du reste abrités avec soin et leur fonctionnement est assuré. Il importe d'observer que le mouvement de rotation et de descente de la grille est extrêmement lent.

7. — *Gazogène Bemelmans.*

Il s'est formé à Tamines (Belgique) une société anonyme dite du *gazogène rotatif*, qui a pour objet la construction de gazogènes à grille tournante; ces appareils dérivent du gazogène Taylor. La grille A a une forme conique; elle constitue une sorte de moulin à noix, dont la fonction est de concasser les scories et de broyer les cendres.

Il vaudrait peut être mieux éviter la formation des scories vitrifiées et des cendres compactes, en marchant à une allure moins chaude. L'air forcé arrive par un tuyau vertical central B terminé en cône, servant d'axe à la grille tournante; celle-ci pivote sur cet axe, sous l'action d'un pignon C qui engrène avec une denture extérieure. Les étalages E font tomber le charbon consommé dans la grille A : on retire les cendres broyées par l'ouverture H. Des regards a permettent à l'ouvrier de se rendre compte de la marche de la combustion.

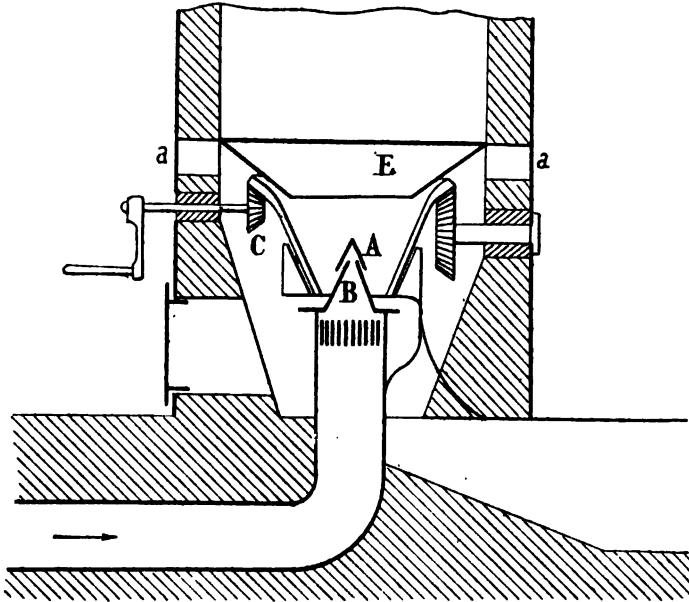


Fig. 13. — Gazogène Bemelmans.

Nous ne savons pas si cet appareil a répondu aux vœux de ses inventeurs.

8. — Gazogène Riché (au bois).

M. Riché, répétiteur à l'École Centrale des Arts et Manufactures, a inventé un gazogène qui lui permet de fabriquer un gaz relativement très riche avec du bois, des tourbes, de la tannée, de la sciure ou des déchets organiques quelconques: le succès a couronné la tentative de cet ingénieur distingué et nous devons une mention particulière-

ment élogieuse à cet intéressant appareil, qui alimente depuis 1895, à Lisors, un moteur Simplex et fournit les meilleurs résultats pratiques et économiques.

On pratique depuis longtemps la distillation des bois en vase clos pour en extraire un gaz combustible; ce gaz fut même le premier gaz d'éclairage produit par Philippe Lebon, dès 1795. Mais sa flamme était fuligineuse et son utilisation exigeait une épuration complète à la chaux; sa fabrication donnait d'ailleurs des sous-produits dont on ne put pas d'abord trouver l'emploi.

Depuis lors, les procédés de distillation du bois se sont grandement perfectionnés grâce aux travaux de Berthier, Sauvage et autres, et l'on obtenait industriellement un gaz excellent, dont nous donnons ci-dessous la composition moyenne d'après M. Lencauchez (1).

Gaz de distillation des bois.

GAZ COMPOSANT	POIDS par kilogramme de bois	POIDS par kilogramme de gaz
	gr.	gr.
Hydrogène libre	9,8	28,0
— carburé et bicarburé.	41,6	125,0
Oxyde de carbone	95,0	285,0
Huiles empyreumatiques dissoutes.	10,0	30,0
Acide carbonique	169,3	508,0
Azote	6,3	18,0
Oxygène libre	2,0	6,0
	334,0	1000,0

Les eaux de distillation renfermaient de l'ammoniaque, de l'acide pyroligneux, de l'esprit de bois, du goudron et diverses essences. Le lavage des cendres donnait en outre des carbonates et des sulfates de potasse, valant plus de 1 franc le kilogramme.

Le pouvoir calorifique de ce gaz était, vapeur d'eau non condensée,

(1) *Étude sur les combustibles*, par M. Al. Lencauchez; Paris, Lacroix 1878.

égal à 3.283 calories par mètre cube à 0 degré et 760 millimètres de pression.

Mais le prix élevé des bois limitait l'emploi de ce gaz à certaines régions plus favorisées.

Ebelmen fit des essais prolongés de gazéification du bois dans les gazogènes et il obtint des résultats remarquables ; le gaz obtenu était un mélange de gaz de distillation et de gaz de fourneau. Les expériences d'Audincourt démontrèrent qu'un kilogramme de bois, renfermant 25 % d'eau, fournissait 1.615 litres de gaz dont le pouvoir moyen était, par mètre cube, de 1.479 calories. On retrouvait ainsi 82 % du calorique disponible dans le bois employé, sans tenir compte de celui qu'on pouvait récupérer de la combustion des sous-produits. Ce gaz renfermait en volume 10,26 % d'hydrogène libre et carburé, 32,40 d'oxyde de carbone, 7,32 d'acide carbonique et 50,11 d'azote et de gaz divers.

M. Riché a eu le rare mérite d'améliorer le gazogène au bois et de démontrer qu'on a encore intérêt aujourd'hui, en certains cas, à traiter des bois en vue de produire un gaz combustible.

Son premier appareil se composait d'une cornue verticale en fonte, cylindrique dans sa partie supérieure, tronconique au bas ; on en fermait l'ouverture du haut par un couvercle articulé sur charnière et équilibré par un contrepoids. La partie inférieure s'emboîtait dans un réservoir sphérique en fonte destiné à rassembler les gaz qui s'en échappaient par une tubulure latérale pour traverser un barillet et un laveur avant d'entrer dans le gazomètre. Le principe du procédé consistait dans une distillation renversée faisant passer les gaz sur une colonne incandescente de charbon de bois, résidu d'opérations précédentes.

Voici dès lors comment fonctionnait l'appareil.

La cornue étant d'abord chargée de charbon de bois, jusqu'aux deux tiers de sa hauteur, on la portait au rouge cerise en faisant du feu dans un foyer latéral ; cela fait, on ouvrait le couvercle supérieur, et l'on achevait de remplir la cornue avec du bois frais ; on fermait ensuite hermétiquement. La distillation se produisait et la vapeur d'eau, les carbures, l'acide pyroligneux, les goudrons, l'acide carbonique, etc., traversaient les braises inférieures et donnaient de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène et du méthane. La

marche se poursuivait continuellement, si l'on chargeait de temps à autre du bois frais par la partie supérieure; l'humidité naturelle du bois fournissait la vapeur d'eau nécessaire aux réactions. Les cendres tombaient par le bas dans une cuve à eau formant joint hydraulique et s'y lessivaient en donnant leur potasse.

M. Riché a perfectionné ce premier dispositif et son appareil actuel a pris une forme un peu différente de celle que nous venons de décrire. Il fait toujours de la distillation renversée, mais deux cornues ont été accouplées dans un même massif de maçonnerie, de manière à mieux utiliser le calorique développé et à assurer un meilleur travail de distillation et de réduction.

En supposant que le bois renferme 50 % de carbone, 41 d'oxygène, 6 d'hydrogène, 1 d'azote et 2 de cendres, on devrait obtenir théoriquement un gaz ayant la composition qui suit :

	En poids	En volume
CO . . .	91,85	47,4
H . . .	7,25	52,4
Az . . .	0,90	0,2
	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00

Son poids spécifique par mètre cube serait de 644 grammes et son pouvoir de 3.030 calories. On obtiendrait 1.000 litres de gaz par kilogramme de bois.

On peut évaluer le prix du bois à 6 francs le stère pesant *sec* environ 300 kilogrammes.

On estime sur cette base le prix moyen du mètre cube à moins de 2 centimes.

La figure 14 représente le gazogène de M. Riché.

Un foyer central F, dont les fumées s'échappent par la cheminée H, chauffe un massif dans lequel sont engagées deux cornues AA' et BB', reliées par le conduit horizontal A' B'; on les charge par les têtes amovibles A' et B'. A est la cornue de distillation, B celle de réduction; cette dernière reçoit le charbon formé dans la première, soutiré par I, étouffé dans le vase clos J. Les produits de la distillation et la vapeur d'eau qui les accompagne se transforment en B ainsi que nous venons de l'exposer. Une grille C soutient le charbon; les cendres

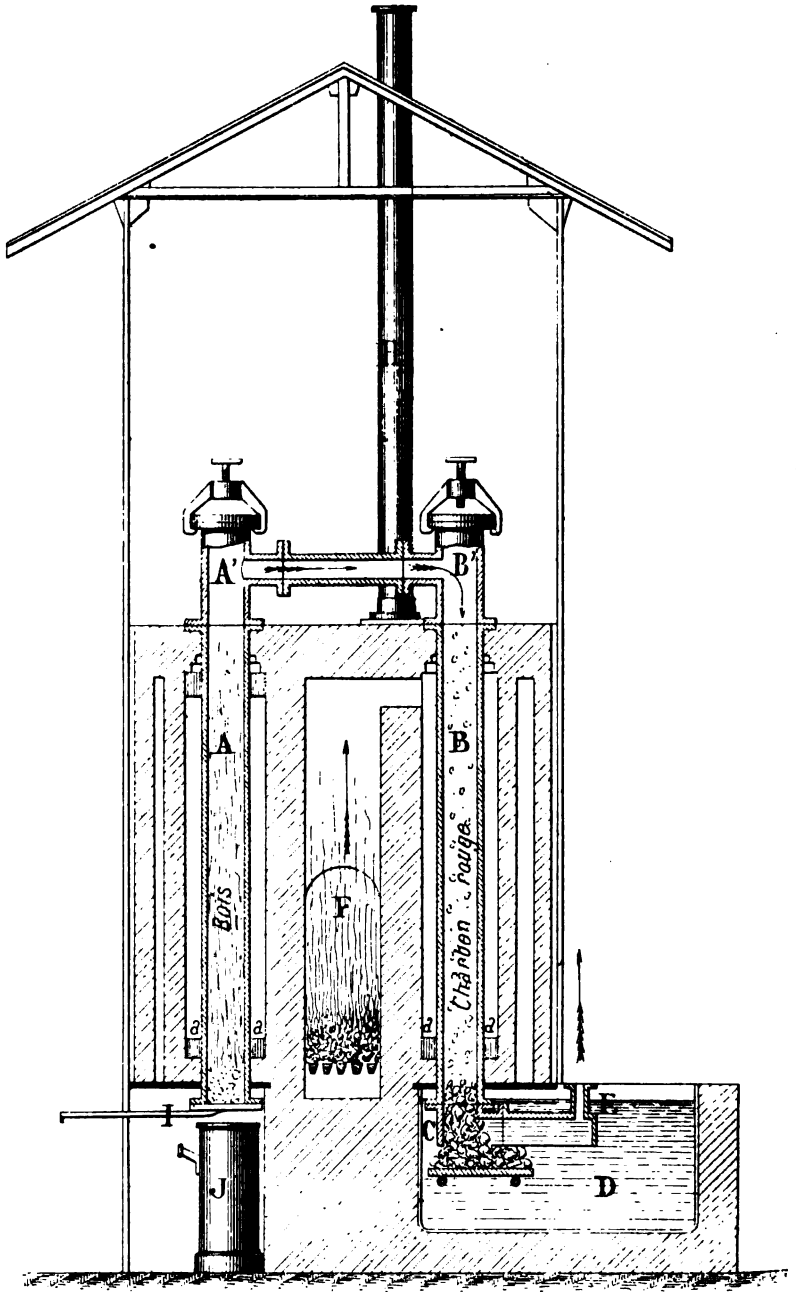


Fig. 14. — Gazogène Riché (au bois).

tombent dans le barillet D, que traverse le gaz en se dépouillant de ses cendres et en y subissant un lavage sommaire; on le recueille par l'ouverture E.

Cet appareil n'exige pour ainsi dire ni surveillance, ni main-d'œuvre; les chances d'accident sont nulles. Le gaz convient très bien aux moteurs; des moteurs Otto fonctionnent ainsi à Darnetal, à Etrepagny, et aux Andelys; à Pantin et à Argenteuil, ce gaz alimente des moteurs Gnôme, à Londres, un Crossley, à Lisors, à la minoterie même de M. Riché, un Simplex et à Calais un Charon. Des essais au frein effectués à Pantin ont démontré que les rendements sont excellents. La suppression des colonnes à coke et des épurateurs réduit considérablement les frais de premier établissement: avec une dépense de 10.000 à 15.000 francs, on peut construire une usine occupant environ 125 mètres carrés de surface et capable de fournir 1.000 mètres cubes de gaz par jour, pouvant donc alimenter aisément un moteur de 60 chevaux.

Le gazogène Riché nous paraît appelé à un grand avenir dans les contrées où il y a encore du bois à bas prix.

La pratique a d'ailleurs confirmé les calculs théoriques d'après lesquels a été établi cet appareil.

Voici en effet les résultats des expériences faites sur un moteur Charon alimenté au gaz Riché, le 4 novembre 1897, par MM. Bureau, Allaire et Chavanon.

Composition du gaz	En volume	En poids
CO	29,00	33,40
H	44,20	4,80
C ⁺ H ⁺	14,47	10,80
CO ⁺	21,33	51,00
Az et O	Traces	
Pouvoir calorifique par mètre cube		2956 cal.
Poids du mètre cube.		0 ^m ,824

Un moteur de 290 ^m/_m de diamètre, 0^m,460 de course, a pu développer 13,5 chevaux effectifs pour 160 tours par minute.

Le charbon de bois formé renfermait :

- 1,250 % d'eau.
- 3,750 — de cendres.
- 0,015 — d'oxyde de fer.
- 94,985 — de carbone.

IV

Gaz à l'eau.

Le gaz à l'eau (1) qui conviendrait parfaitement à l'alimentation des moteurs, n'a trouvé jusqu'ici que de bien rares applications dans cette voie, parce qu'on estimait généralement plus avantageux de produire un gaz mixte ou pauvre; les gazogènes à l'eau sont, en effet, des appareils dont le prix d'établissement est trop élevé pour des installations privées; d'autre part, leurs produits n'étaient utilisables que pour le chauffage ou la production de force motrice, de telle sorte qu'il n'y avait pas d'intérêt à les fabriquer pour la clientèle des villes, qui demande surtout un gaz d'éclairage. Mais la création des becs Auer a modifié ces conditions; ces brûleurs si économiques et si lumineux, s'accommodent à merveille du gaz à l'eau et dispensent de le carburer pour l'usage de l'éclairage. On peut dès lors prévoir qu'il se fondera, en Europe, comme cela se fait en Amérique, des compagnies de gaz à l'eau dans les grandes villes; elles pourront compter sur une large clientèle, puisque leur gaz sera applicable au chauffage domestique, à l'alimentation des moteurs et à l'éclairage, et qu'il pourra être vendu à un prix relativement très bas, qui lui vaudra quelquefois la préférence. Cette éventualité est dès maintenant à envisager et nous croyons utile de dire quelques mots des derniers progrès réalisés dans la fabrication du gaz à l'eau.

On sait que les gazogènes à l'eau avaient deux phases de fonctionnement; durant la première, on insufflait dans la cuve de l'air sec pour amener le combustible à une vive incandescence et emmagasiner dans l'appareil une grande quantité de chaleur; dans la seconde au contraire, on n'injectait plus que de la vapeur d'eau, et l'on produisait ainsi un gaz contenant 50 d'hydrogène, 44 d'oxyde de carbone, quelques traces d'hydrocarbure, 3 d'anhydride carbonique et le reste, soit 3 % environ, d'azote; ce gaz avait un pouvoir de 2.800 à 3.200 calories.

(1) Cf : Tome I, page 115 et suivantes.

La marche d'insufflation donnait un gaz Siemens, valant 750 calories au plus ; elle durait 40 minutes sur une heure de travail, de sorte que l'on ne recueillait de gaz à l'eau que pendant 20 minutes.

La conséquence de cette marche alternante était qu'il fallait accoupler trois gazogènes pour fournir continûment du gaz à l'eau ; l'utilisation de la chaleur était d'ailleurs diminuée par le fait même de ce mode de fonctionnement.

Ces appareils furent successivement perfectionnés ; aujourd'hui on arrive à réduire la marche en soufflage à 15 minutes, la production du gaz à l'eau durant par conséquent 45 minutes ; la proportion a donc été renversée. De plus, on arrive à former du gaz à l'eau qui contient 82 % du calorique disponible dans le charbon employé. Le progrès est dès lors considérable.

Parmi les meilleurs appareils et les plus récents, nous signalerons le gazogène Dellwick (1).

Cet appareil ne produit plus que du gaz à l'eau ; en période de soufflage, les gaz Siemens engendrés sont mêlés à un volume d'air déterminé et ramenés dans la cuve, où ils brûlent en élevant considérablement la température du gazogène. Aussi cette période ne dure-t-elle plus qu'une minute et demie alors que la période de gazéification atteint 8 minutes. Un essai fait aux mines de Warstein a démontré qu'avec 240 kilogrammes de coke on peut produire 575 mètres cubes de gaz à l'eau, soit 2.400 litres par kilogramme de coke. Le gaz renfermait 51 d'hydrogène, 40,4 d'oxyde de carbone, 3,6 d'anhydride carbonique, 0,5 de protocarbure d'hydrogène et 5 pour cent d'azote et son pouvoir était égal à 2.600 calories. Le rendement atteignait par suite 81 %.

Le gazogène Merrifield-Westcott-Pearson, construit par *The Economical Gas Apparatus Construction Co* de Toronto (Amérique) constitue lui aussi un important perfectionnement sur les appareils d'autrefois : c'est une modification du gazogène Lowe. On emploie à volonté du coke de gaz, du coke métallurgique ou bien de l'anthracite. Des installations grandioses ont été faites en Amérique et en Angleterre et elles ont conduit à des résultats économiques remarquables. La composition moyenne du gaz obtenu est la suivante :

(1) *Fortschritte in der Erzeugung und Verwendung von Wassergas*; Schilling's Journal, 1897.

Hydrogène.	46,8
Protocarbure d'hydrogène	1,3
Oxyde de carbone.	45,6
Acide carbonique.	2,1
Hydrogène sulfuré	0,4
Oxygène	trace
Azote	4,3
	<hr/>
	100,0

V

Gaz de hauts fourneaux.

La concurrence acharnée que se font les producteurs de fonte leur défend de négliger la moindre source de bénéfices capable d'abaisser leur prix de revient; ils essaient donc de faire profiter leur industrie de tous les éléments secondaires de rémunération par les sous-produits des hauts fourneaux. Déjà on recueille dans les usines de l'Écosse, alimentées à la houille, les goudrons et les produits ammoniacaux entraînés par les gaz; dans les hauts fourneaux à coke du Luxembourg, on arrête les chlorures, iodures et sulfates de potassium, sodium et ammonium. Mais il y avait mieux à faire encore.

En effet, l'utilisation des chaleurs perdues des hauts fourneaux promet des bénéfices beaucoup plus considérables.

Autrefois, les gaz s'échappaient librement du gueulard et ils produisaient des flammes immenses dont on n'utilisait pas le calorique; c'est Fabre-Dufour qui eut l'idée de les diriger dans les foyers des chaudières et de les employer à produire de la vapeur d'eau pour les moteurs et de l'air chaud pour les souffleries. Cette innovation eut les plus heureux résultats; au lieu de consommer 4 tonnes de coke par tonne de fonte produite, on arrive aujourd'hui à ne plus dépenser que 800 kilogrammes.

Néanmoins, les chaleurs perdues ne sont pas encore utilisées d'une façon satisfaisante, et cela tient surtout à ce que les chaudières chauffées par les gaz ne sont généralement pas établies dans des

conditions assez parfaites. M. Lencauchez avait démontré, dès 1874, que les hauts fourneaux donnaient une disponibilité de gaz combustibles plus que suffisante pour alimenter toutes les machines à vapeur d'un établissement métallurgique complet ; or, on est bien loin de ce résultat dans la pratique.

Dans un excellent travail publié dans les *Annales des Mines de Belgique*, M. Hubert a fait le compte exact des chaleurs des hauts fourneaux qu'on peut utiliser pour des services extérieurs : nous lui empruntons les calculs qui suivent (1).

La tonne de coke renferme 850 kilos de carbone dont 37^k,5 restent dans la fonte, le reste, soit 812^k,5 se combinant à l'oxygène, pour former de l'anhydride carbonique et de l'oxyde de carbone. Cette combustion incomplète dégage la chaleur nécessaire aux réactions qui ont lieu dans la cuve du fourneau ; mais la production de l'oxyde de carbone constitue l'imperfection de l'opération. On constate généralement qu'il y a environ 5/10 de CO² pour 1 de CO dans les gaz sortis du gueulard ; d'après cela, les équivalents de C, O, CO et CO² étant respectivement 12, 16, 28 et 44, nous trouvons pour x kilogrammes de carbone, des poids de

$$\text{CO}^2 \dots \text{égaux à } x \frac{44}{12}$$

et de

$$\text{CO} \dots - (812,5 - x) \frac{28}{12}$$

nous avons donc, en tenant compte de ce que le lit de fusion donne 187^k,20 de CO² par tonne de fonte,

$$\frac{x \frac{44}{12} + 187,20}{(812,5 - x) \frac{28}{12}} = 0,5$$

On en déduit :

$$x = 157^k,4$$

Le poids d'oxygène entré en combinaison avec le carbone est égal à

$$\frac{157,4 \times 32}{12} + \frac{655,1 \times 16}{12} = 1293^k,20$$

(1) « De l'utilisation des gaz de hauts fourneaux pour la production de la force motrice » ; *Annales des Mines*, tome II, 1897.

Or, M. Hubert compte que les oxydes ont cédé 430^k,5 d'oxygène. Le reste, soit 862^k,7 a été fourni par l'air soufflé; il a fallu injecter à cet effet 3.626 kilogrammes d'air.

Ces éléments permettent de calculer la composition et le poids total des gaz dégagés par tonne de fonte produite.

On trouve :

Azote.	2757 ^k ,4
CO ^s	577,1
} Provenant de la combustion	187,2
} — de la décomposition des carbonates	7,9
} — de l'air insufflé.	1534,4
CO	3,0
H provenant de l'humidité de l'air	388,0
HO non décomposée	<u>5450,0</u>

L'addition de houille crue ajoute un peu de carbures par distillation.

En somme, la composition du gaz serait donc celle qui suit :

Az.	50.12 en poids
CO ^s	13,95
CO	27,90
H et carbures	1,02
HO	<u>7,01</u>
	100,00

Le kilogramme de ce gaz donnerait environ 820 calories.

Son poids spécifique à 0° et 760 millimètres atteindrait 1^k,322 par mètre cube.

Le pouvoir par mètre cube à 0° et 760 millimètres serait par suite égal à 1.166 calories.

Il serait de 1.094 calories à 15° avec 1 % d'humidité.

Mais les hauts fourneaux ne donnent pas toujours un si heureux résultat; en reprenant ces calculs pour 7/10 de CO^s sur 1 de CO on trouve un pouvoir de 982 calories par mètre cube à 15°.

C'est donc une moyenne de 1.038 calories.

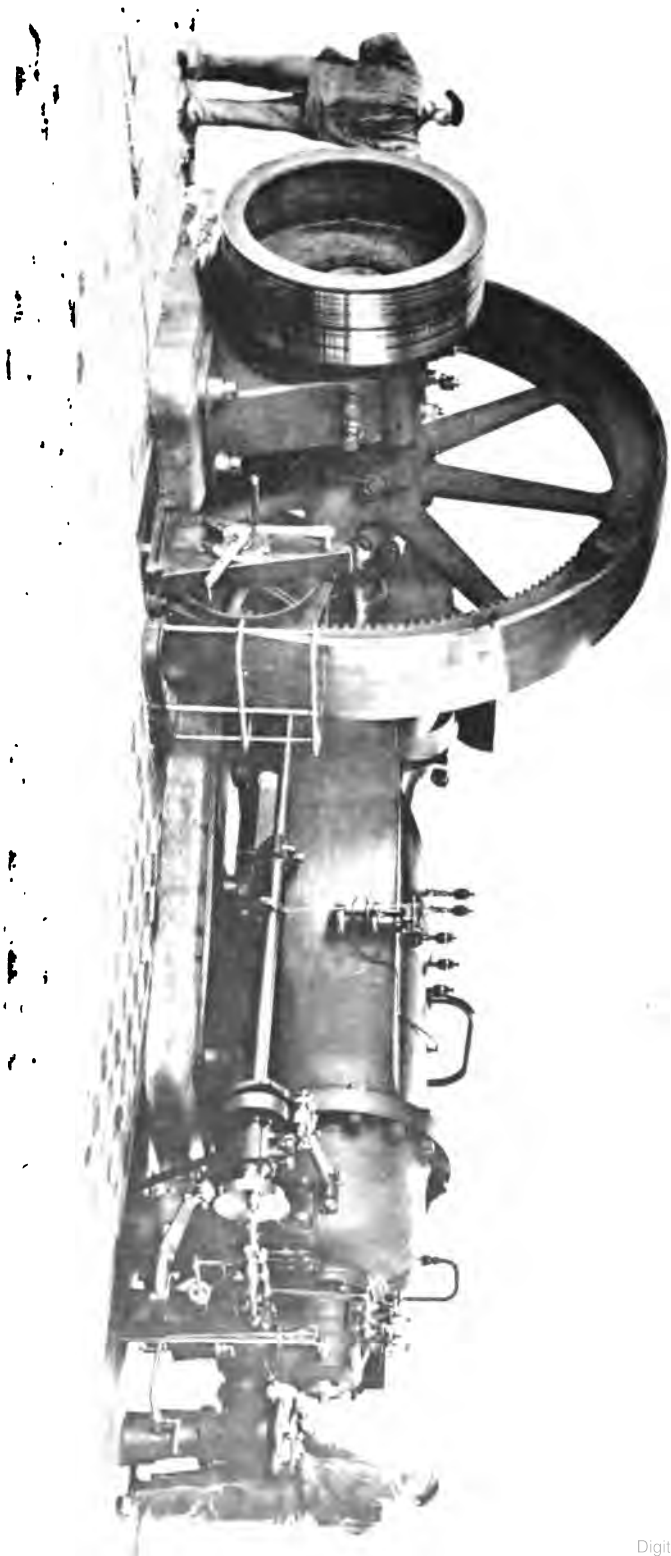
Ces résultats du calcul devaient être vérifiés par l'expérience.

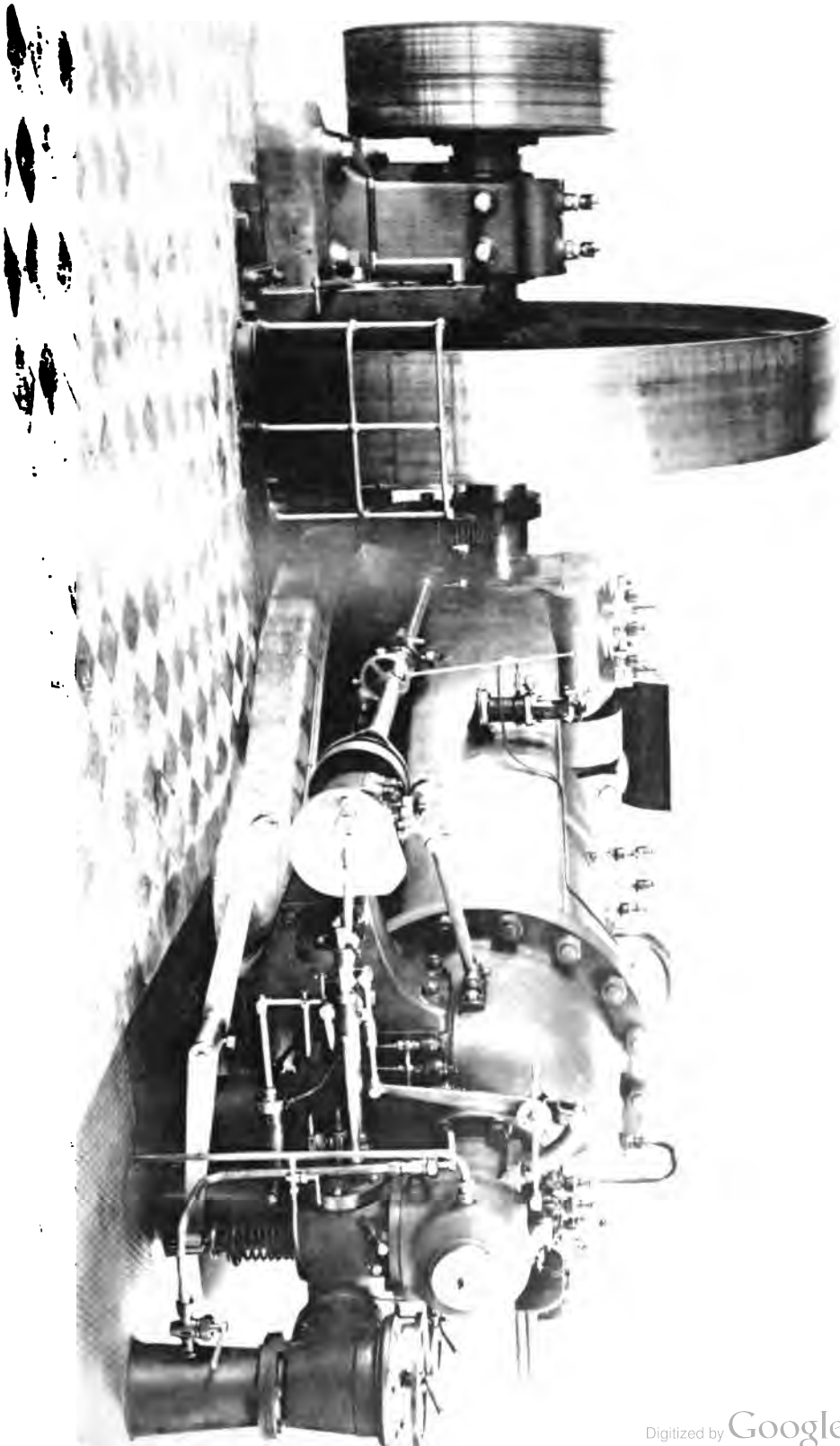
La société Cockerill de Seraing m'a fait l'honneur de m'envoyer un

MOTEUR SIMPLEX

DES ATELIERS J. COCKERILL A SERAING

MARCHANT AUX GAZ DE HAUTS FOURNEAUX





certain nombre d'échantillons de gaz pour que j'en détermine le pouvoir calorifique par le procédé de ma bombe eudiométrique (1).

Or, j'ai obtenu les résultats suivants :

Fourneau n° 6	Echantillon A	Pouvoir	990 calories
—	— B	—	964
—	— C	—	949
— n° 1	— A'	—	968
—	— B'	—	970
— n° 2	— A''	—	1022
—	— B''	—	1012
— n° 3	— A'''	—	991
—	— B'''	—	961

Ce dernier fourneau marchait à l'allure extra-chaude.

Un prélèvement fait au collecteur des chaudières a fourni les trois échantillons ci-dessous :

Collecteur	Echantillon D	Pouvoir	1084
—	— E	—	1032
—	— F	—	1020

Ces prises avaient été effectuées à quelques heures d'intervalle.

Elles indiquent un pouvoir moyen de 1.000 calories ; ce résultat confirme entièrement les conclusions du calcul de M. Hubert.

Partons donc de ce chiffre et admettons que la moitié du poids total des gaz recueillis au gueulard soit employée pour chauffer l'air insufflé dans les hauts fourneaux. Il resterait pour chaque tonne de fonte produite près de deux millions de calories, disponibles pour la production de force motrice.

On en tire environ 400 chevaux par les procédés actuels, pour un haut fourneau produisant 100 tonnes de fonte par jour.

Il est indiscutable qu'on obtiendrait plus de travail en utilisant directement ces gaz combustibles et tonnants dans des moteurs à gaz qu'en les brûlant sous de mauvaises chaudières pour produire de la vapeur et alimenter des machines dont le principal mérite est d'être simples et de ne pas coûter d'entretien. En effet, en prêtant

(1) Cette analyse a été faite par moi, en juillet 1895: cette date établit nettement l'initiative prise par les ingénieurs de Seraing.

seulement aux moteurs une utilisation de 18 %, on obtiendrait de ces deux millions de calories, disponibles dans un fourneau de 100 tonnes, pour le moins 2.200 chevaux de puissance. On gagnerait donc par jour le travail de 1.800 chevaux ! Le journal *L'Ancre* de Saint-Dizier a calculé qu'on aurait gagné ainsi 1.800 francs par jour, soit un demi-million par an !

Aujourd'hui que l'idée a été jetée dans le public on s'étonne, à bon droit, qu'il ait fallu attendre 15 ans de fonctionnement des moteurs au gaz pauvre pour qu'on ait songé à cette merveilleuse application.

Quel est celui qui peut revendiquer la paternité de l'idée ?

Je l'ignore.

A Seraing, ce sont MM. Bailly et Kraft ; en Angleterre, on l'attribue à M. Thwaite ; les allemands nomment M. von Oechelhaeuser.

Mais il fallait appliquer l'idée.

Il semble que les anglais aient pris les devants à cet égard.

Sur l'initiative de M. Thwaite, assisté de M. Gardner, de l'Institut du fer de Londres, des installations ont déjà été faites à Frodingham, près de Doncaster, et à Wishaw, dans le voisinage de Glasgow, installations modestes, il est vrai, puisqu'il ne s'agit que de moteurs de 12 chevaux, mais auxquelles nous attachons une grande importance, car elles sont suffisantes pour démontrer les avantages du système. Les gaz qui s'échappent du gueulard du haut fourneau traversent des laveurs, qui les débarrassent de leurs poussières, puis ils déposent leurs goudrons et les produits ammoniacaux dans des condensateurs spéciaux (1) avant d'être enfin admis dans le gazomètre et dans les cylindres des moteurs. On utilise la puissance développée pour faire mouvoir des dynamos à lumière (2).

Aux usines de Wishaw, où quatre hauts fourneaux marchent à la houille, les appareils de nettoyage du gaz sont doubles ; les gaz traversent d'abord un scrubber, sous une pression de 7 centimètres d'eau donnée par un petit ventilateur ; ils y subissent une sorte de filtration, en remontant une colonne de coke arrosée par un jet

(1) Cette opération n'a de raison d'être que lorsqu'on fonctionne à la houille ; le coke ne permettrait guère que de condenser de l'eau.

(2) *La Revue de Mécanique* a donné la description complète des appareils Thwaite tome I, page 699 ; 1897.

d'eau. Les gaz achèvent de se dépouiller des particules solides qui les accompagnent en passant à travers un tamis cylindrique vertical, formé d'une couche de sable fin damé entre deux feuilles de tôle percées de trous. Les gaz entrent par la périphérie, et gagnent la partie centrale. Une valve spéciale d'équilibre, sur laquelle nous manquons de détails, régularise la pression du gaz dans le gazomètre.

Pour arrêter les poussières, on dispose un laveur sur le chemin des gaz; cet appareil se compose de deux simples colonnes à coke, arrosées d'eau par des injecteurs Koerting. La pratique a fait reconnaître qu'il y avait intérêt à élever la compression préalable au moteur à 10 kilogrammes et à maintenir une température de 75° au cylindre.

Le moteur Otto employé consomme environ 2.200 litres de gaz par cheval-heure indiqué, pour une composition moyenne du gaz(1): cette dépense a été mesurée en fermant l'entrée du gazomètre et en évaluant ensuite le débit de la cloche par sa variation de niveau. Après plusieurs mois de service, on a pu constater que les cylindres n'étaient nullement rayés : la vitesse est d'ailleurs fort régulière et la lumière présente une remarquable stabilité. Les variations de qualité du gaz n'ont d'autre effet que de faire varier la consommation du moteur : cela suppose donc un moteur admirablement réglé.

. On a aussi alimenté un moteur Acmé de 30 chevaux, c'est-à-dire donnant ce travail quand il marche au gaz de ville : il avait 300 millimètres de diamètre et 0^m,50 de course. Le gaz avait la composition ci-dessous :

Hydrogène.	4,55
Oxyde de carbone.	25,83
Hydrogène carburé	3,45
Acide carbonique.	7,21
Azote	58,96
	<hr/>
	100,00

Ce moteur actionnait une dynamo Elwell-Parker, et il suffisait pour 10 arcs de 2.000 bougies, 72 lampes de 16 bougies, 11 de 32 et une de 50.

(1) Il importe de faire remarquer que le gaz de Wishaw est beaucoup plus riche que le gaz des hauts fourneaux ordinaires; les fourneaux de Wishaw marchent en effet en allure spéciale, à l'anthracite.

En faisant un essai, alors que le moteur développait seulement 16,65 chevaux électriques, on observa qu'il consommait 3.205 litres par cheval-heure produit.

La marche du moteur était si parfaite qu'on put fournir de la lumière aux rues avoisinant l'usine; aujourd'hui l'établissement s'éclaire entièrement par l'installation des moteurs et des dynamos que nous venons de décrire.

M. Galbraith, directeur des hauts fourneaux de Wishaw, estime que la production du cheval-heure électrique correspond à une consommation de 571 grammes de houille dans le haut fourneau. Ce serait extraordinaire, si c'était bien démontré, car on pourrait considérer que la chaleur utilisée métallurgiquement ne coûterait rien.

A Seraing, sur l'initiative de M. Bailly et de M. Kraft, ingénieurs aux ateliers de construction de la Société Cockerill, et avec le concours éclairé de M. Delamare-Deboutteville, qui est toujours aux avant-postes du progrès, un premier brevet a été pris à la date du 15 mai 1895: on installa la même année un moteur Simplex de 4 chevaux, de 194 millimètres de diamètre et 0^m,350 de course, faisant 200 tours à la minute. Il fut mis en route le 20 décembre 1895, et fonctionna dix-huit mois, en actionnant quelques machines-outils et en fournissant un travail journalier de 16 heures en moyenne (1). La pratique montra là aussi l'avantage qui ressortait d'une forte compression préalable; des modifications heureuses permirent d'ailleurs de doubler la puissance de la machine. Dans ces conditions, la marche du Simplex a été excellente, et sa régularité a été remarquable, malgré les variations de pression qui se produisent dans la conduite suivant les conditions du travail des fourneaux, et qui vont de 0 à 80 millimètres d'eau. Le moteur a même marché un jour sous une dépression de 200 millimètres résultant du calage accidentel du compteur. On a estimé la consommation du gaz, à 5.300 litres par cheval-heure effectif. Le lavage des gaz exigeait 1.400 litres par cheval-heure effectif; mais on parvint rapidement à réduire la consommation de gaz et d'eau. Les résultats furent tellement remarquables que M. Greiner, directeur général de la Société Cockerill, se décida à demander à

(1) *De l'emploi des gaz de hauts fourneaux comme moteurs.* Communication faite par M. Greiner, directeur général de la Société Cockerill à l'*Iron and Steel Institute*, en mai 1898.

M. Delamare-Deboutteville les plans d'un moteur de 150 chevaux. Les dessins furent terminés dans les premiers mois de l'année 1897, et l'exécution fut poussée activement : le 11 avril 1898, le moteur tournait et actionnait un compresseur d'air François. M. Greiner rend hommage dans son rapport à l'initiative et au talent de MM. Delamare-Deboutteville et Malandin, qui ont réussi à surmonter toutes les difficultés.

Les gaz, arrivant des conduites du haut fourneau, passent à travers trois paires de scrubbers à coke de 1^m,500 de diamètre et 6 mètres de hauteur : le coke est lavé par un courant d'eau, lancé par des pulvérisateurs Koerting. Le gaz est emmagasiné dans une cloche de 12 mètres de diamètre et 3 mètres de course, cubant 300 mètres : le gaz y est foulé par un ventilateur mû électriquement.

Le moteur Simplex a 800 ^m/^m de diamètre, 1 mètre de course et il tourne à la vitesse de 100 tours par minute ; le volant a 4 mètres de diamètre et il pèse 15 tonnes ; l'arbre est connecté directement avec celui du compresseur.

La marche de cette machine est parfaite et nous dirons plus loin les remarquables résultats obtenus. M. Greiner songe déjà à commander ses machines soufflantes et ses laminoirs par des moteurs de 500 chevaux.

A Hœrde, en Westphalie, on a aussi débuté par un petit moteur, puis on a construit deux moteurs von Oechelhaeuser de 300 chevaux, de 480 millimètres de diamètre, 0^m,800 de course, 135 tours, à double piston ; la composition du gaz de haut fourneau utilisé est à peu près celle qui ressort des calculs de M. Hubert.

CO ^r	8 à 9 %
CO	31 à 33
H	2 à 3

Son pouvoir calorifique moyen est de 960 calories par mètre cube : le moteur en consomme près de 5.000 litres par cheval-heure au frein. On a dit (nous empruntons ce renseignement à M. Lencauchez) que l'on a été un peu déçu sur la puissance développée par les moteurs : les encrassements produits par les poussières entraînées, ont aussi donné quelques déboires au début, mais cette difficulté à été surmontée sans peine. Un nouveau moteur plus puissant a été mis

en route ces jours derniers et nous avons appris que les espérances des constructeurs n'ont pas été trompées. Il faut reconnaître d'ailleurs que le type du moteur von Oechelhaeuser paraît convenir spécialement à cette application.

Des moteurs à combustion conviendraient mieux encore.

En somme, l'utilisation des gaz de hauts fourneaux ouvre aux moteurs à gaz une nouvelle et très brillante voie, dans laquelle ils auront l'occasion de démontrer la supériorité de leur rendement thermique, dont personne ne pouvait plus douter, et leurs qualités dynamiques et cinématiques, dont la preuve n'avait pas sans doute été faite assez victorieusement pour échapper aux critiques de leurs détracteurs.

VI

Gaz acétylène.

On a beaucoup parlé en ces dernières années du gaz acétylène; doué d'un grand pouvoir calorifique, ce gaz convient excellemment à l'éclairage, et il semble *a priori* qu'il doit pouvoir être appliqué avec non moins de succès à la production de la force motrice. Par malheur, l'acétylène a la réaction brutale et il faudra le dompter avant de l'utiliser dans le cylindre d'un moteur; d'autre part, c'est un endothermique, donc un explosif, d'une puissance considérable, dont le maniement n'est pas sans danger, l'expérience l'a prouvé. Mais ce sont là des difficultés qu'on surmonte et nous croyons que ce sera plus tôt qu'aucuns ne le pensent.

Nous devons par suite une mention particulière à ce gaz.

M. Berthelot avait depuis longtemps fait ressortir l'importance de l'acétylène, mais on ne savait produire ce gaz qu'en faible quantité et par des moyens très coûteux, de telle sorte que ce produit était resté une curiosité de laboratoire. Les travaux de M. Moissan, en France, et de M. Wilson, en Amérique et les recherches de M. Bullier, modifièrent, tout d'un coup, cet état de choses; sur la fin de 1892, ces savants et habiles chimistes ayant découvert le moyen de réduire

l'oxyde de calcium par le charbon dans le four électrique et de produire en grand du carbure de calcium, la fabrication industrielle de l'acétylène devint possible, attendu qu'il suffit de mettre le carbure au contact de l'eau pour donner naissance au gaz. La réaction est la suivante :



D'après cette formule, 1 kilogramme de carbure de calcium décompose 562 grammes d'eau et il se dégage 406 grammes d'acétylène, dont le volume à 0° et 760 millimètres de pression, à l'état sec, est de 340 litres.

Comme le carbure du commerce n'est jamais absolument pur, le volume de gaz engendré n'atteint pas sa valeur théorique; pour les carbures des meilleures marques, on compte sur un rendement moyen de 300 litres au plus. L'acétylène formé est mêlé de gaz ammoniaque, d'hydrogène phosphoré et sulfuré, d'oxyde de carbone, d'azote, etc., dans une proportion totale d'au plus 2 %; un simple barbotage dans l'eau retient la majeure partie de ces impuretés.

M. Raoul Pictet emploie des épurateurs à trois chambres renfermant du chlorure de calcium refroidi, de l'acide sulfurique et une dissolution de sels de plomb. Ce procédé, qui exige des appareils spéciaux et une main-d'œuvre coûteuse, ne peut être employé que dans les cas où il faut un gaz très pur.

L'acétylène est un gaz incolore; à l'état de pureté, il possède une odeur éthérée, assez agréable, qui est masquée généralement par une odeur alliagée déplaisante, due aux impuretés qui l'accompagnent: il brûle sans aucune odeur, mais à condition que la combustion soit complète.

Sa densité est égale à 0,91; son poids spécifique est par suite de $0,91 \times 1,293 = 1,169$. Un kilogramme de ce gaz représente donc environ 855 litres.

Il se liquéfie aisément par la pression et le froid; à 0°, il faut une pression de 27 kilogrammes environ; à — 85°, la tension du liquide formé est celle de l'atmosphère. M. Villard a indiqué sa température critique à + 37°; la tension est alors de 70 kilogrammes.

(1) Les formules atomiques, sont : $\text{CaC}^2 + 2\text{H}^2\text{O} = \text{CaO, H}^2\text{O} + \text{C}^2\text{H}^2$.

A 0°, la densité du liquide est de 0,451.

L'acétylène gazeux est peu soluble dans l'eau (1 volume), plus soluble dans l'alcool et l'acétone, tout à fait insoluble dans l'eau saturée de chlorure de sodium.

Brûlé dans un eudiomètre, l'acétylène donne deux fois son volume d'acide carbonique et de la vapeur d'eau; la réaction se formule ainsi :



Il forme des mélanges tonnants avec l'air; un mélange de 1 volume d'air avec 1,35 d'acétylène commence à être explosif; la force explosive s'accroît avec la dilution et elle atteint son maximum quand il y a 12 volumes d'air pour 1 volume de gaz. Le mélange cesse au contraire d'exploser, quand il y a 20 volumes d'air.

D'après M. Le Châtelier, la vitesse de propagation de la flamme de ce gaz est de 0^m,18 par seconde pour un mélange de 2,9 % d'air. Pour 8%, la vitesse est de 5 mètres, et à 10%, elle est de 6 mètres, dépassant de beaucoup celle donnée par un mélange de 10 volumes de gaz de houille pour 100 d'air.

La température d'inflammation est voisine de 480°; elle est donc beaucoup plus basse que celle des autres gaz combustibles qui pour la plupart s'enflamment à 600°. On enflamme très facilement des mélanges explosifs d'acétylène enfermés dans des tubes de verre en chauffant quelques instants ces tubes sur une lampe à alcool; l'explosion se produit bien avant le ramollissement du verre.

La température de combustion est beaucoup plus élevée que celle des autres gaz; brûlé avec son volume d'oxygène, l'acétylène donnerait une température d'environ 4.000°, soit 1.000° de plus que la flamme du mélange oxhydrique.

L'acétylène présente donc une grande vitesse de propagation de la flamme, une température très basse d'inflammation, et une température réellement élevée de la combustion.

Il possède ainsi une énergie considérable dans ses explosions, en vertu même de la chaleur rendue disponible dans la réaction.

Son pouvoir calorifique est de 14.340 calories par mètre cube, à 0° et 76 millimètres, et de 12.200 calories par kilogramme.

Ce gaz peut exploser sans avoir le contact de l'air, car il est endo-

thermique, c'est-à-dire formé avec absorption de chaleur. Toutefois, sous de faibles pressions, la décomposition provoquée en un point ne se propage pas; MM. Berthelot et Vieille ont démontré que ni l'étincelle électrique, ni la présence d'un point en ignition, ni même une amorce au fulminate n'exercent d'action au delà du voisinage de la région soumise directement à l'échauffement ou à la pression brusque, lorsque la pression du gaz n'est guère supérieure à celle de l'atmosphère.

Il en est tout autrement dès que la condensation du gaz s'accroît et, sous des pressions supérieures à deux atmosphères, l'acétylène n'a besoin d'aucun comburant pour présenter les propriétés des mélanges tonnants.

Si l'on excite une décomposition locale par un point en ignition ou par une étincelle, cette décomposition se propage dans toute la masse, intantamment et sans affaiblissement.

Cette explosibilité augmente et atteint son maximum avec l'acétylène liquide, dont les propriétés tonnantes sont comparables à celles du coton-poudre.

Dans une bombe d'acier de 47 centimètres cubes de capacité, chargée avec 18 grammes d'acétylène liquide, on a obtenu l'énorme pression de 5.564 kilogrammes lors de l'explosion; il a suffi pour cela de faire rougir un fil de platine dans le récipient.

L'explosion ne semble pas devoir être produite par un choc, mais elle peut résulter d'une compression brusque; il faut donc surveiller l'opération du chargement des réservoirs, ainsi que les phénomènes de compression adiabatique qui accompagnent quelquefois l'ouverture brusque d'un récipient sur un détendeur ou sur un réservoir de petite capacité. On a vu en effet que l'ouverture brusque d'un robinet d'acide carbonique, muni d'un détendeur, y déterminait une élévation de température susceptible de carboniser des copeaux de bois. Avec un récipient d'acétylène, il résulterait une explosion de cette ouverture brusque; le fait s'est produit et il y a eu mort d'hommes dans des circonstances dont les détails sont peu connus, les témoins ayant disparu, mais qui doivent être une leçon et qui inspireront une sage défiance des réservoirs chargés d'acétylène liquéfié.

L'acétylène comprimé est peut être moins dangereux, mais il faut aussi le traiter avec précaution. La Société Centrale des Produits

chimiques à Paris, vend des récipients en acier, timbrés à 20 kilogrammes et chargés de 250 litres de gaz acétylène comprimé à 10 kilogrammes par centimètre carré, dont on commence à faire usage.

L'emmagasinement de l'acétylène a été facilité par la découverte de MM. Claude et Hess, qui ont réussi à en dissoudre 300 volumes dans un volume d'acétone, sous une pression de 12 kilos environ ; à la température de 15° et sous la pression ordinaire, ce liquide n'en dissout que 25 volumes. Dans ces conditions l'utilisation du gaz est simple ; en effet, il suffit d'ouvrir progressivement un robinet placé à la partie supérieure du récipient contenant la dissolution sous pression et communiquant avec les appareils à alimenter pour que le gaz se dégage jusqu'à concurrence des 25 litres correspondant à la pression atmosphérique. Le liquide épuisé de la sorte est alors renvoyé à l'usine de chargement. La dissolution à 12 kilogrammes présente un volume égal à une fois et demi celui du dissolvant.

Il est à remarquer que la solubilité de l'acétylène dans l'acétone diminue de moitié environ, quand la température passe de 15° à 50° ; il en résulte que la pression d'un récipient chargé de solution ne fait que doubler pour une élévation de température de 35°. L'acétylène liquéfié de M. Pictet passe au contraire de 24 à 70 kilogrammes de pression, lorsque la température monte de 18°. L'avantage de l'emploi de la solution ressort de ce chiffre ; au lieu d'employer de véritables obus à parois épaisses et résistantes, on peut utiliser au contraire des vases métalliques à parois minces, peu dangereux en cas de rupture, fort légers, permettant par suite d'emmagasiner beaucoup plus de gaz par unité de poids. Ajoutons que la faible dilatation de la solution permet de remplir les tubes beaucoup plus complètement.

La solution, quoi qu'en encore endothermique, ne paraît pas explosible sous l'action de la chaleur, quand sa tension n'est pas grande ; MM. Claude et Hess y ont maintenu indéfiniment un fil de platine rougi par le passage d'un courant, sans qu'une détonation se soit produite.

Ces expériences ont été reprises par MM. Berthelot et Vieille (2),

(1) L'acétone, qui se produit en grand dans la fabrication de l'aniline, est un liquide incolore, d'une odeur étherée, de densité 0,81, bouillant à 56°, brûlant avec une flamme bleue : il est soluble dans l'eau et l'alcool.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 10 mai 1897.

et ces savants ont démontré que la dissolution dans l'acétone diminuait réellement les risques encourus par ceux qui emploient l'acétylène. Voici le résumé de leurs conclusions. L'acétone étant saturé sous une pression de 8 kilogrammes (1.170 grammes d'acétylène dans 7 litres d'acétone), un fil de platine rougi ne peut développer aucune explosion, qu'il soit placé dans la dissolution même ou dans l'atmosphère gazeuse qui la surmonte. Par contre, sous des tensions supérieures à 20 kilogrammes, il se développe des pressions explosives qui peuvent atteindre 5.000 kilogrammes et auxquelles aucun récipient industriel ne saurait résister. Il importe donc de ne pas dépasser les 8 kilogrammes de tension dont l'innocuité a été démontrée par MM. Berthelot et Vieille, et il faut éviter toute élévation de température capable de développer une tension supérieure. Sous cette prudente réserve, la dissolution dans l'acétone donne d'excellents résultats, attendu que ce procédé si simple permet d'emmagasiner cinquante fois plus d'acétylène dans un récipient, sans s'exposer à aucun accident.

La solution peut être utilisée aussi bien quand elle imprègne un corps poreux, tel que l'amiante, la pierre ponce, etc. ; il en résulte des facilités remarquables d'emploi.

Ces résultats feront oublier les essais d'atténuation qui ont été tentés l'année dernière pour éviter les explosions, dont on paraissait menacé par l'emploi du gaz acétylène pur : les additions de gaz inertes (acide carbonique ou azote) étaient assurément efficaces, mais elles augmentaient considérablement le volume du gaz combustible sans ôter tout danger et elles donnaient lieu à une manutention laborieuse, que la dissolution dans l'acétone évite absolument.

L'application du gaz acétylène à la production de la force motrice est évidemment subordonnée à la solution des problèmes que nous venons d'étudier, car il faut avant tout que l'emmagasinement et l'approvisionnement du produit soit sans danger.

Peu de travaux ont été faits jusqu'ici sur l'emploi de l'acétylène dans les moteurs : la question est évidemment à l'ordre du jour de bien des chercheurs, mais nous sommes encore dans la période de méditation, et il faudra attendre quelque temps pour recueillir les fruits de cette laborieuse incubation.

Le D^r Franck, de Charlottenbourg, a publié, dans le *Journal für*

Gasbeleuchtung, un article sur la puissance motrice de l'acétylène qui a bien fait ressortir les grands avantages que pourrait procurer l'emploi de ce gaz : il a établi une comparaison entre les machines à vapeur, utilisant l'énergie potentielle de la houille, et les moteurs à gaz alimentés d'acétylène, obtenu par le carbure de calcium.

En se plaçant dans les meilleures conditions de marche et de fonctionnement, on estime qu'une machine à vapeur de 1.000 chevaux consommerait en 25 jours (pour développer 600.000 chevaux-heure), à raison de 700 grammes par cheval-heure, 420 tonnes de houille occupant un espace d'au moins 420 mètres cubes; en admettant d'autre part que le carbure du commerce produise 90 % du gaz théoriquement calculé, on serait autorisé à croire qu'il faudrait 180 grammes d'acétylène par cheval-heure, soit en tout 295 tonnes de carbure, occupant un volume d'environ 130 mètres cubes; en tenant compte de ce que le carbure devrait être renfermé dans des boîtes en métal bien closes, on arriverait donc à évaluer l'encombrement à 150 mètres cubes. Si, bravant toute inquiétude, l'on entrait dans les idées de M. Pictet, on emmagasinerait l'acétylène à l'état liquide dans des tubes en acier; les 180 grammes par unité donneraient 108 tonnes pour 600.000 chevaux-heure; à la température moyenne de la coque d'un navire transatlantique, que M. Franck prend égale à 36°, la densité de l'acétylène liquide serait de 0,364, et le volume du liquide atteindrait 280 mètres cubes, tubes non compris. Ces résultats sont curieux, mais ils ne séduiront pour le moment aucun capitaine au long cours (1).

M. Cuinat s'est aussi proposé de dompter l'acétylène et d'utiliser son énergie dans des moteurs; ses essais ont porté sur une machine de 6 chevaux, dans laquelle on avait le moyen de doser à volonté les proportions de combustible et de comburant et qui détendait fortement les gaz brûlés après l'explosion. Un dispositif particulier permettait de marcher tour à tour au gaz de ville ou au gaz acétylène, afin de mieux comparer les résultats obtenus et de faire une analyse plus fructueuse des phénomènes observés. Ces intéressantes expériences ont été faites à Compiègne, par M. Cuinat, avec l'assistance de M. Thomas.

(1) Voir *Journal du Gaz et de l'Électricité*, 15 mai 1896.

On commença par une série d'essais au gaz de ville; on releva les consommations ci-dessous :

Marche à vide, consommation totale	1380 litres
A demi-charge (3 chev.), consommation par cheval-heure effectif	876
A pleine charge (6 chev.), consommation par cheval-heure effectif	516

Le moteur soumis à cette épreuve peut donc être considéré comme un moteur économique. On comprimait à 6^r,2; la pression explosive atteignait 17^r,2.

On procéda ensuite aux essais avec l'acétylène, en ayant soin de réduire au minimum la levée de la soupape d'introduction du gaz; mais l'appréhension qu'on avait des explosions brisantes que donne l'acétylène amena les expérimentateurs à réduire outre mesure la richesse du mélange, qui se trouva ne plus être explosif. Il fallut donc admettre plus de gaz. Les explosions furent d'abord irrégulières; à des explosions brutales, qui faisaient vibrer toute la masse du moteur, succédaient des ratés, qui amenaient un ralentissement de la marche; mais c'était une question de réglage. On obtint enfin une marche sans à-coup en formant un mélange de 1 gaz acétylène pour 20 d'air.

Les consommations furent les suivantes :

Marche à vide, consommation totale	470 litres
A demi-charge, consom. par cheval-heure effectif .	302
A pleine charge — — — — —	175

La consommation d'acétylène paraît donc être trois fois moindre que celle du gaz de ville.

La compression fut de 8 kilogrammes environ, alors qu'elle n'était que de 6,2 avec le gaz de houille; il faudrait une étude complète du fonctionnement du moteur pour expliquer cette anomalie, que M. Cuinat attribue, nous ne savons pourquoi, à la plus haute température des parois. La pression explosive atteignit 29 kilogrammes, et pourtant, la pression finale à la fin de la détente était moindre dans la marche à l'acétylène que dans la marche au gaz : ce fait est encore paradoxal et devra être l'objet de nouvelles expériences.

Il fut impossible de dépasser la puissance de 6 chevaux obtenue par le gaz; à cet égard, il n'y a donc aucun avantage à employer l'acétylène.

Le rendement thermique augmenta sans doute un peu, car 516 litres de gaz de ville à 5.250 calories par mètre cube donnent plus de calories que 175 litres d'acétylène à 14.340 calories; dans le premier cas on a 2.709 calories, contre 2.510 dans le second. Toutefois ce calcul peut être contesté, car M. Cuinat a négligé de déterminer le pouvoir calorifique du gaz de ville employé.

Mais comme, avec du carbure même à 400 francs, le mètre cube d'acétylène coûte au moins 1 fr.,40 on voit que l'emploi de l'acétylène revient à consommer du gaz à 47 centimes; son usage est donc loin d'être économique dans les moteurs.

Les expériences Cuinat ont établi du moins que l'on peut se servir d'acétylène et cette démonstration est pleine d'intérêt : elle n'avait pas été faite antérieurement.

M. Ravel, qu'on trouve toujours à l'avant-garde des expérimentateurs, a aussi étudié cette question dès le mois de juin 1896; j'ai réservé son travail pour conclure cet exposé, alors même qu'il soit possible que les travaux de M. Ravel soient antérieurs à ceux dont je viens de parler.

M. Ravel s'est servi d'un générateur Fournier, dans lequel l'eau atteint le carbure par le bas; le dégagement de gaz y fait monter la cloche d'un gazomètre, et ce mouvement arrête l'afflux d'eau aussitôt que la cloche a atteint une certaine hauteur. La pression du gaz était de 165 millimètres d'eau à la sortie du gazomètre; le moteur employé était du type Ravel, construction Houpiéd, à deux temps, avec allumage électrique. Les essais ont porté alternativement sur l'acétylène, le gaz de ville ordinaire et l'air carburé par de l'essence de pétrole; la comparaison des effets obtenus se faisait ainsi avec une grande facilité et l'on éliminait toutes les causes d'erreur, qui auraient pu fausser le jugement de l'expérimentateur.

M. Ravel avoue qu'il a été d'abord très frappé des détonations violentes produites dans son moteur; on le serait à moins! Il commença, comme la prudence le conseillait, par vérifier les joints, par serrer les écrous et les boulons et par s'assurer que tout était en bon ordre. Au premier diagramme relevé, le levier de l'indicateur

fut brisé par la violence du choc. Les ingénieurs qui ont fait des essais avec l'acétylène trouveront dans le récit vivant et imagé de M. Bavel, l'histoire de leurs tentatives et de leurs émotions.

Il constata que le graissage habituel du cylindre, tel qu'on le pratique quand on emploie le gaz de ville, doit au moins être doublé avec l'acétylène. D'autre part, le degré du refroidissement du cylindre influe beaucoup plus sur le travail qu'avec l'emploi du gaz de houille et autres. Ce sont des indications précieuses, dont on devra tenir compte dans les essais postérieurs.

Afin d'obtenir des résultats mieux comparables, l'expérimentateur a adopté pour base de ses calculs le nombre de kilogrammètres indiqués produit par un litre d'acétylène consommé par heure.

Nous donnons maintenant la parole à M. Bavel et reproduisons le texte même de son rapport communiqué au Congrès technique du gaz.

Tableau des essais faits avec l'acétylène.

NUMÉRO des diagrammes	TOURS par minute	TRAVAIL indiqué	GAZ par heure	Kilogrammètres par litre de gaz	PROPORTION d'acétylène	OBSERVATIONS
1	364	158.35	728	783	2.77 %	Compression: 3 k ^{cr}
2	350	169.70	804	760	3.18 »	id.
3	314	150.60	780	695	3.45 »	id.
4	300	172 »	912	679	4.20 »	id.
5	322	—	936	—	4.00 »	id.
6	320	—	948	—	4.10 »	id.
7	314	167.6	744	811.2	3.30 »	Compression: 2 ^o 25
8	316	188.6	804	844.4	3.50 »	id.

« On voit, d'après ce tableau, que le travail indiqué décroît avec la proportion d'acétylène.

La pression initiale croît avec le dosage, mais l'inspection des diagrammes montre que la chute de pression est immédiate; l'expansion n'est pas soutenue.

On voit aussi que, lorsque la proportion d'acétylène approche de

5 %, les explosions deviennent brisantes, et par suite les vibrations du levier de l'indicateur et aussi de la charge explosive donnent des indications incertaines.

D'après mes nombreuses expériences faites sur les mélanges détonants, dit M. Ravel, je suis fondé à croire que la charge explosive est soumise à des vibrations internes pendant sa combustion.

Voulant atténuer les vibrations indiquées par les diagrammes, j'ai augmenté le volume total et la charge au moment du feu; c'est-à-dire que le volume des résidus a été augmenté, alors que la compression était diminuée de 0^r,750.

C'est dans ces conditions qu'ont été obtenus les diagrammes n^{os} 1 et 2, ainsi que ceux n^{os} 1 bis et 2 bis, figure 15, ces derniers correspondant à un gaz de ville moyen.

Ils témoignent pour l'acétylène d'une expansion plus grande; aussi le travail est-il notablement augmenté.

On peut conclure de ce tableau qu'un litre d'acétylène produit, sur le piston d'un moteur du type de 2 chevaux, un travail de 860 à 870 kilogrammètres indiqués.

Pour terme de comparaison, je dois dire que dans le moteur sur lequel ont été faits les essais, la consommation normale est de 940 à 960 litres de gaz de ville par cheval-heure pour 2 chevaux effectifs; la force motrice moyenne est ainsi de 405 kilogrammètres indiqués par litre de gaz.

Dans ce type de petit moteur, la puissance de l'acétylène serait donc 2 1/10 fois plus grande que celle du gaz de houille.

La consommation par *cheval heure-effectif*, avec un rendement organique de 0,60 serait de :

$$\frac{385.700 \text{ kgm. indiqués}}{850} = 453 \text{ litres d'acétylène}$$

à la pression de 160 millimètres d'eau, représentant un volume d'environ 460 litres à la pression atmosphérique, soit en poids 550 grammes.

Dans les puissants moteurs, l'effet utile serait sans doute plus grand, mais la proportion resterait sensiblement la même. »

Reste la question économique du prix de revient de l'acétylène, et

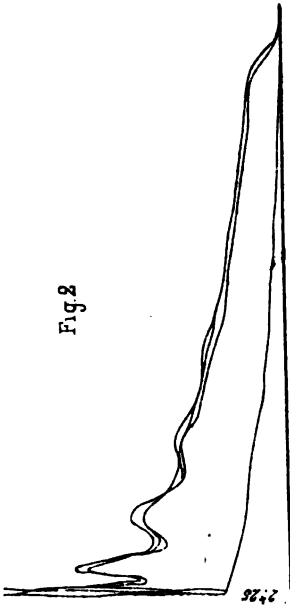


Fig. 2

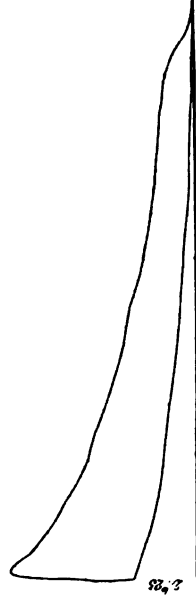


Fig. 2 bis



Fig. 1



Fig. 1 bis

Fig. 15. — Diagrammes à l'acétylène et au gaz de ville.

aussi de l'homogénéité du carbure de calcium qui paraît loin d'être parfaite.

En résumé, M. Ravel ne croit pas que la grande force explosive de l'acétylène puisse donner tout son effet utile sur les pistons des moteurs à gaz tonnants tels qu'ils sont construits aujourd'hui, car on se trouvera en présence de cette double alternative :

Ou le gaz acétylène sera employé à forte dose dans le mélange détonant, et alors il ne donnera que peu de travail utile, vu l'explosion brisante qui se produira. Ou bien l'on diluera l'acétylène dans une grande masse d'air, mais alors ce gaz ne donnerait pas assez de calorique pour élever suffisamment la pression de la masse gazeuse et lui faire donner, par son expansion, un travail dans des conditions économiques.

Tout ce qui précède n'est, en somme, pas très encourageant ; aussi M. Hospitalier, qui se déclare pourtant un *acétyléniste* convaincu (1), ne croit-il pas que ce fameux gaz soit appelé à remplacer le pétrole et la gazoline ; son prix encore élevé, puis que le kilogramme de carbure de calcium ne donne au maximum que 300 litres de gaz et coûte au moins 50 centimes, les difficultés de son emmagasinement et les dangers qu'il comporte sont des obstacles sérieux que l'on ne surmontera pas facilement, alors même qu'il serait démontré que les moteurs pourraient s'accommoder d'un explosif aussi violent.

VII

Pétrole.

La production du pétrole augmente d'année en année : mais le précieux liquide ne diminue pas de prix. Et pourtant, la moindre réduction contribuerait grandement à l'extension des moteurs à pétrole, qui rendraient de si grands services à l'industrie et à l'agriculture.

La production annuelle atteint aujourd'hui 183 millions d'hecto-

(1) On sait que notre savant collègue ne recule pas devant les néologismes.

litres, dont les Etats-Unis livrent 102 millions, les possessions russes 74 millions, l'Autriche 2,40, le Canada 1,50, les Indes 0,57, Java 0,56 millions; le reste provient du Pérou, du Japon, de la Roumanie, de l'Allemagne, de l'Italie, etc.

Le grand gîte américain est le terrain houiller Apalache, qui donne déjà 60 millions d'hectolitres environ; mais on vient d'y découvrir encore une vingtaine de sources, dont quelques-unes débitent 270 hectolitres par jour. Le sud de la Californie augmente aussi chaque année sa production.

Mais c'est le Pérou qui nous réserve sans doute les plus grandes surprises: le district de Puirá compte plus de 60 puits, parmi lesquels il en est qui déversent 150 hectolitres journallement. On peut déjà entrevoir le jour prochain où ces contrées atteindront le rendement de ceux de Pensylvanie et de Virginie.

En Russie, on fore chaque année 300 puits, d'une profondeur moyenne de 165 mètres; un bon nombre d'entre eux donnent l'huile par écoulement naturel. Mais on a cru constater en ces derniers temps une légère diminution du rendement, qui pourrait faire craindre pour l'avenir: ces sources ne sont assurément pas inépuisables. Nos arrière-neveux auront à se préoccuper de la question.

La qualité du pétrole varie avec sa provenance et avec sa rectification; nous avons déjà traité amplement la question dans nos volumes précédents.

En se plaçant au point de vue particulier, qui est le nôtre, de la production de la force motrice, on a entrepris d'intéressantes recherches pratiques dans le but de déterminer les conditions que doit remplir une huile pour donner les meilleurs résultats.

Voici notamment quelques données recueillies par quelques expérimentateurs des plus autorisés.

A l'occasion de ses expériences sur le moteur Diesel, M. Schroeter a fait faire une étude complète du pétrole employé et nous trouvons dans ce travail des données à recueillir.

C'était un pétrole américain ayant, à 15°, une densité égale à 0,7955.

L'analyse élémentaire a fourni, pour 0 gr.,5187 de pétrole, 1 gr.,6188 CO² et 0 gr.,6648 HO; la composition chimique est donc la suivante

C	85,11	%.
H	14,24	
O	0,65	

La distillation fractionnée a donné comme résultats

1	15	°/.	de	15°	à	150
2	8,8	»	de	150	à	175
3	10,2	»	de	175	à	200
4	9,0	»	de	200	à	225
5	10,0	»	de	225	à	250
6	10,2	»	de	250	à	275
7	11,8	»	de	275	à	300
8	25,0	»	au-dessus	de 300		
	<hr/>					
	100,0					

Cette forte teneur en huiles à ébullition élevée est caractéristique de la provenance américaine.

Le calorimètre Junkers a donné, *vapeur d'eau condensée*, 10.935 calories pour l'échantillon susdit; *vapeur non condensée*, on trouvait seulement 10,151 calories, attendu qu'on a recueilli 3 gr.,7 d'eau condensée dans le calorimètre par kilogramme d'huile brûlée. Ce dernier pouvoir est appelé par les ingénieurs Allemands *pouvoir inférieur*; ils s'en servent abusivement pour calculer le rendement thermique des moteurs à pétrole (1).

A la bombe Mahler, on observa un pouvoir supérieur d'une certaine de calories : c'est le contraire qu'on aurait dû relever, car le pouvoir à *volume constant* déterminé par les bombes doit être inférieur au pouvoir à *pression constante* déterminé par les appareils à combustion analogues à l'appareil Junkers.

Le pétrole américain employé par M. Ringelmann au Concours de Meaux avait à 15° une densité de 0,8234; son pouvoir fut trouvé de 11.040 calories par kilogramme à la bombe Mahler. Sa composition était la suivante :

C	84,23	%.
H	15,44	
O	0,30	
	<hr/>	
	100,00	

(1) Je dis abusivement, parce que la chaleur disponible dans un kilogramme de pétrole comprend celle de la condensation de l'eau produite; on l'utiliserait d'ailleurs si la détente abaissait assez la température des gaz brûlés.

Il fallait 15 kil.,117 ou 11.690 litres d'air sec pour brûler complètement 1 kilogramme de ce pétrole.

La distillation fractionnée par dixièmes a varié de 67 à 219°, la densité passant de 0,782 à 0,858.

On avait d'ailleurs :

Flashing point (°)	. . . . .	48°,2
Burning point	. . . . .	54°,2
Point d'éclair	{ Abel-Pensky	29°,0
	{ Grenier.	34°,2

Au concours de Berlin, de 1894, on employa des pétroles américain et russe, pour lesquels on a fourni les données ci-dessous :

	Pétrole américain	Pétrole russe
C	84,54° %	83,52 %
H	14,08 »	13,98 »
O	1,38 »	0,50 »
Pouvoir calorifique. . .	10767 calories	10878 calories
Densité à 15 °/o	0,7971	0,8257
Point d'éclair Abel-Pensky	25°	31°,5

A Cambridge, on consumma de l'huile dite russolène.

Densité	0,8289
Point d'éclair Abel.	30°
Pouvoir calorifique	11055 calories.
— vapeur non condensée	10318 —

Le pétrole lampant, de densité comprise entre 0,79 et 0,83, convient bien aux carburateurs des moteurs fixes et demi-fixes, mais les constructeurs d'automobiles n'ont pas encore réussi à en tirer parti ; les essences de densité égale à 0,700 peuvent seules être utilisées pour la traction des voitures. Et encore faut-il, pour que les chauffeurs n'aient pas d'ennuis en route, que la distillation ait éliminé de la gazoline les huiles lourdes, qui s'accumuleraient fatalement dans les carburateurs et amèneraient un arrêt du moteur.

(1) On appelle ainsi le point d'inflammabilité, lequel en France, ne doit pas être inférieur à 35°; cela veut dire que l'on doit pouvoir approcher une flamme à peu de distance de la surface du pétrole chauffé à 35°. En Allemagne, la limite inférieure est fixée à 21°.

On fabrique spécialement aujourd'hui des essences pour le service des automobiles ; telles sont celles qu'on appelle moto-naphta, stellite, etc. ; nous nous garderons d'en préconiser aucune, car nous n'avons aucune réclame à faire ; nous dirons seulement que ces essences sont mises à la disposition des intéressés dans des bidons plombés, qui garantissent leur provenance et leur authenticité.

Une bonne essence doit être claire, limpide, transparente ; si l'on en verse quelques gouttes sur la main, elle doit s'évaporer entièrement et ne laisser aucun résidu gras, ni odorant. Sa densité à 15° doit être inférieure à 0,700 (1).

Il est assez facile d'apprécier les qualités d'une essence en l'exposant à l'évaporation dans une assiette plate à l'air libre ; le résidu obtenu après la disparition des 9/10 du liquide ne doit pas avoir une densité supérieure à 0,730.

M. Marcel Deprez a démontré, dans sa conférence faite en janvier 1897, devant l'Automobile-Club, qu'un kilogramme d'essence peut donner à la jante d'une voiture une disponibilité de 750.000 kilogrammètres environ. On produirait donc 1 million de kilogrammètres par 1.330 grammes d'essence, coûtant en province moins de 70 centimes. Ce calcul fait ressortir le faible prix de revient du travail moteur par l'emploi de l'essence.

Il nous sera facile d'apprécier d'ailleurs l'économie que pourrait donner l'usage du pétrole lampant en automobilisme.

En effet, on peut estimer à 11.400 calories environ par kilogramme le pouvoir calorifique d'une bonne essence à 0,700 ; le pétrole lampant donne à peu près le même nombre de calories par kilogramme. Or, la consommation en poids est à peu près la même en gazoline ou en huile lampante : nous l'estimons à 400 grammes de la première et 430 de la seconde en marche courante, soit à 57 centilitres d'essence et 54 centilitres d'huile par cheval-heure effectif. En comptant le litre d'essence à 45 centimes et le litre d'huile à 27, le prix du cheval ressort à 26 et à 15 centimes. Cette différence n'est pas sensible pour un amateur de tourisme, pour lequel la dépense de combustible n'est rien à côté de ses autres dépenses de route ; mais elle serait appréciable pour un entrepreneur de transports. Aussi croyons-nous que, pour les

(1) Si l'on opère au densimètre à une température différente de 15°, on ajoutera ou l'on retranchera 8/10.000 par degré, suivant que la température sera supérieure ou inférieure à 15°.

poids lourds, il y aurait lieu d'établir des carburateurs permettant l'utilisation de l'huile lampante.

Une intéressante application des moteurs Midland a été faite à la Compagnie des pétroles de Bakou. Les ateliers dans lesquels sont installées ces machines étant remplis de vapeurs carburées, qui constituent de dangereux mélanges tonnants, on imposa aux constructeurs un programme sévère. Aucune des pièces extérieures des moteurs ne devait jamais être portée au rouge ; il était défendu d'employer des tubes d'allumage et la mise en marche devait se faire automatiquement : on prévoyait d'ailleurs l'emploi du pétrole lourd non raffiné. Le problème fut résolu de la manière suivante : le vaporisateur a été enfermé dans une boîte hermétiquement close, placée à l'avant du moteur. Avant de chauffer ce vaporisateur, on met en marche pendant trente minutes à l'aide d'air carburé. L'air traverse des couches de ouate, imbibées de gazoline, et il pénètre dans le cylindre par un clapet de sûreté, qui empêche le retour des gaz brûlés. Le vaporisateur se chauffe ainsi ; la température voulue étant atteinte, on ouvre le robinet de pétrole lourd.

Ces moteurs fonctionnent très bien au pétrole lourd : ils marchent une centaine d'heures consécutives sans arrêt.

La densité moyenne du pétrole brut employé est égale à 0,870.

Cette curieuse application constituerait un grand progrès économique si elle se poursuivait dans de bonnes conditions ; or, il est permis de croire que les essais ont été heureux, car la Compagnie de Bakou supprime graduellement ses chaudières chauffées au pétrole et ses machines à vapeur. Il y aurait déjà 320 chevaux en service et l'on aurait l'intention d'en installer d'autres. Nous devons signaler cette nouvelle et si intéressante application du pétrole.

Le graissage des moteurs à pétrole entraîne une dépense généralement moindre que pour les moteurs à gaz, car leur cylindre se trouve lubrifié par le pétrole admis et l'on peut souvent fermer les graisseurs après la mise en marche. M. Ringelmann a fait à ce sujet d'intéressants relevés au concours de Meaux. Voici par exemple les chiffres qu'il a publiés relativement au moteur Niel.

CONSUMMATION PAR HEURE	TRAVAIL EFFECTUÉ EN CHEVAUX			
	à vide	1,98	3,98	6,23
D'huile au cylindre	gr. 27,5	gr. 15	gr. 14,25	gr. 35
De graisse } à la bielle	1	1	0,5	0
} aux 2 paliers	2	2	10	1
D'huile des burettes à main . . .	8,5	0	0	10

Ce tableau montre une consommation d'huile au cylindre moindre pour un travail de 4 chevaux qu'à vide ; par contre la dépense horaire croît quand le travail dépasse une certaine limite. On observe des résultats semblables avec la plupart des moteurs.

VIII

Alcools.

La crise que traverse depuis quelques années l'industrie de la distillerie a forcé les intéressés à chercher de nouveaux moyens d'utiliser l'alcool, et l'idée est venue à des chimistes, plus versés peut-être dans l'étude des combinaisons moléculaires que dans celle des cycles, d'appliquer l'excédent de production à l'alimentation des moteurs ; on eût trouvé ainsi un grand débouché à un produit national et notre pays aurait été déchargé de la lourde redevance qu'il paie aux régions pétrolifères. Ces patriotiques espérances n'ont malheureusement pas été confirmées par l'expérience : c'est M. Ringelmann qui a fourni à cet égard les documents les plus péremptoires. La Société d'Agriculture de Meaux avait mis un crédit spécial à sa disposition en vue de comparer les résultats obtenus par l'alcool dénaturé avec ceux que donne la gazoline. Les liquides sur lesquels porta cette étude, avaient la composition suivante, déterminée par les analyses de M. Müntz.

	Gazoline	Alcool
Carbone	84,3	41,5
Hydrogène	15,7	13,0
Oxygène	0	45,5
Densité à 15°	0,708	0,834
Point d'ébullition (pression de 767 ^m / ^m ,5)	88°	78,5

Sur ces bases on a pu calculer les données ci-dessous.

Pouvoir calorifique par kilogramme . .	11359,5 calories	6521,75
Mètres cubes nécessaires à la combustion	11,782	5,698
Quantités relatives de gazoline et d'alcool nécessaires par cylindrée (en poids)	100	207
Quantités de chaleur correspondantes .	100	119

M. Ringelmann a jugé utile de déterminer expérimentalement les quantités d'essence et d'alcool évaporées par heure et par décimètre carré de surface dans diverses conditions. Sous un hall, à une température de 18°, les liquides ayant des températures de 15°,2 et 15°,6, il s'est volatilisé 9,37 grammes d'essence et seulement 3,47 gr. d'alcool ; à l'air libre, à l'ombre, par une température d'environ 11°,5, il s'est évaporé 35,06 de gazoline contre 16,66 d'alcool. La gazéification de l'alcool est donc beaucoup plus difficile que celle de la gazoline et il importe de tenir compte de cet élément.

Il eut été intéressant de chercher aussi les valeurs exactes des chaleurs de vaporisation des deux liquides.

Les essais ont porté sur deux moteurs, l'un à quatre temps, du modèle Brouhot, l'autre à deux temps, du type Benz, disposés tous deux pour marcher avec un carburateur.

Le premier, à soupapes automatiques et allumage électrique, ne pût être mis en route avec de l'alcool et il fallut fonctionner d'abord avec de la gazoline, pour le chauffer ; c'est qu'en effet, la tension de vapeur de l'alcool est trop faible pour qu'il puisse se former un bon mélange tonnant à basse température. Mais, comme il faut plus du double d'alcool par cylindrée que de gazoline, on ne pouvait que difficilement substituer l'alcool à l'essence, car il fallait modifier tout d'un coup la composition de la charge et former aussitôt un bon mélange. On y parvint cependant après quelques tâtonnements.

Ce moteur donna lieu aux observations suivantes :

	Consommations par cheval-heure effectif	
	Gazoline	Alcool
A vide	1040 grammes	2267
A demi-charge	950	1767
A pleine charge.	892	1396

Cette consommation de gazoline était un peu forte, et elle aurait dû pouvoir être diminuée; mais il est probable que le moteur fonctionnait néanmoins dans des conditions normales, de telle sorte que les résultats comparatifs obtenus ne perdent rien de leur valeur. Ils établissent qu'il faut environ une fois et demie à deux fois plus d'alcool que de gazoline pour obtenir le même travail industriel.

Pour faire fonctionner le second moteur, du type Benz, M. Ringelmann se décida à chauffer le carburateur à une température de 42° à 47°, qui lui parut la plus favorable à une bonne marche : on obtiendrait aisément ce résultat en utilisant la chaleur des gaz de la décharge, mais il faudrait, pour l'alcool, recourir d'abord à une source de chaleur extérieure, sinon l'on ne pourrait pas mettre en route.

Ce moteur consomma beaucoup moins que le premier : la dépense à vide fut même très remarquable.

	Consommations par cheval-heure effectif	
	Gazoline	Alcool
A vide	328 grammes	771
A demi-charge	619	1097
A pleine charge.	407	768

Même résultat que ci-dessus; il faut en moyenne 1,9 fois plus d'alcool en poids que de gazoline.

Les prix de revient pour l'alimentation des moteurs s'établissent dès lors comme il suit, en estimant le litre d'alcool *dénaturé* à 1 franc alors que le litre de gazoline n'atteint pas le prix de 50 centimes.

Consommation par cheval-heure effectif	en		Gazoline	Alcool
			en poids	400 gr.	756
effectif	en volume.	0,565	0,906	
Prix du cheval-heure effectif		0 fr. 28	0 fr. 90	

Prenons comme base de comparaison les moteurs à pétrole lampant, consommant en moyenne 438 grammes par cheval-heure indiqué, et entraînant donc une dépense de 16 centimes en plus pour du pétrole à 30 francs les 100 kilogrammes. Nous aurions :

	Prix du chev.-heure effectif.
Pétrole lampant	0 fr., 16
Gazoline	0 fr., 28
Alcool dénaturé	0 fr., 90

Le cheval développé par l'alcool coûterait donc 1,75 fois plus cher que par la gazoline et 5,63 fois plus cher que par le pétrole lampant. Il faudrait le vendre moins de 18 francs l'hectolitre pour qu'il pût entrer en ligne de comparaison ; aussi M. Ringelmann a-t-il conclu que c'est un rêve de songer pour le moment à l'utilisation économique de l'alcool pour les moteurs.

M. Lévy, de Douai, a publié aussi dans la *Distillerie française* une étude intéressante sur l'emploi de l'alcool dénaturé dont nous signalerons les conclusions, bien qu'elles ne correspondent pas tout à fait avec les résultats de M. Ringelmann.

Théoriquement, on pourrait obtenir par 1 kilogramme ou 1 franc de combustible liquide, un nombre de chevaux-heure indiqués dans le tableau ci-dessous :

	Chevaux-heure	
	Par kil.	Par fr.
Alcool méthylique à 90°	3,05	8,50
Alcool amylique à 83 %	3,92	—
Alcool butylique à 67 %	2,93	—
Huiles de distillerie. { 3/4 amyl.	3,73	27,50
{ 1/4 butyl.		
Essence de pétrole	6,12	13,60

Pour établir ces chiffres, M. Lévy a compté l'alcool à 30 francs l'hectolitre, les huiles à 0 fr.,133 le kilogramme et le pétrole à 0 fr.,56 le litre ; ce dernier prix est trop élevé, mais cette constatation est de nature à faire ressortir mieux encore les avantages du pétrole qui n'a de concurrent économique sérieux que dans les huiles de distillerie. Quant à l'alcool, on voit encore que son emploi est beaucoup plus coûteux.

D'autres essais ont aussi été faits à Berlin, dans le laboratoire de M. Slaby, par M. Petréano, de Bucarest ; les résultats obtenus sont plus encourageants que les précédents.

M. Petréano emploie un carburateur particulier, qu'il loge soit dans l'enveloppe même du cylindre, soit dans une enceinte chauffée par les gaz de la décharge : l'alcool découle le long d'une série d'entonnoirs, humecte une toile d'amiante appliquée sur la paroi chaude, et il se vaporise dans un courant d'air dont la température est élevée et dont la quantité est suffisante pour la combustion qui s'opérera dans le cylindre. Cette condition est essentielle d'après l'inventeur, pour obtenir une vaporisation réelle et une diffusion complète de l'alcool dans l'air : tous les autres procédés dans lesquels la vapeur d'alcool rencontre un courant d'air froid au moment d'entrer dans le cylindre, donnent lieu à une condensation partielle de liquide qui a pour résultat une combustion incomplète ; ici, au contraire, l'air carburé n'a plus besoin d'être additionné d'air pur et l'on évite cette condensation.

Quelle que soit la valeur de cette théorie, que nous discuterons plus loin, il faut reconnaître que M. Petréano a obtenu une utilisation de l'alcool bien supérieure à celle des expérimentateurs précédents. Les essais ont porté sur un moteur Otto, modèle 1884, de 270 millimètres de diamètre et 0^m,400 de course, pouvant développer 5 chevaux environ par 180 tours.

Voici les résultats obtenus dans ces essais :

Explosions par minute, en moyenne	86,5
— par seconde —	1,44
Consommation d'alcool par explosion	0 ^{sr} ,514
— par seconde	0 ^{sr} ,741
Travail indiqué en chevaux	4,945
— en kilogrammètres par seconde	370
Densité de l'alcool dénaturé à 24°	0,815
Richesse en alcool absolu à 15°	90,2 %.
Pouvoir calorifique par kilogramme absolu	6000 calories
Chaleur disponible $6 \times 0,741 \times 0,902 =$	4,01 —
Chaleur transformée en travail	$\frac{370}{426} = 0,87$
Rendement	$\frac{0,87}{4,01} = 21,7 \%$
Consommation par cheval-heure indiqué	0 ^{sr} ,540.

Un autre essai a conduit à une consommation de 620 grammes, mais on a réussi dans certains cas, dit-on, à abaisser cette dépense à 380 grammes avec de l'alcool à 90°.

Ces chiffres sont très inférieurs à ceux de M. Ringelmann ; au prix de l'alcool en Allemagne, le cheval-heure indiqué ressortirait à 8 pfennigs, soit à 10 centimes ; le cheval-heure effectif correspondrait donc à une consommation de 533 grammes, coûtant au plus 14 centimes. La gazoline ne coûte guère moins en Allemagne.

Ces brillants résultats, qui paraissent dus aux dispositifs employés par M. Petréano, ont relevé les espérances des tenants de l'alcool. Aussi le Syndicat allemand des fabricants d'alcool vient-il de verser dans les caisses de l'Etat une somme importante destinée à poursuivre des expériences nouvelles sur l'alimentation des moteurs par l'alcool. C'est la maison Koerting, de Hanovre, qui a été officiellement chargée de l'organisation des essais. Attendons les résultats de cette intéressante épreuve.

Nous sommes malheureusement loin encore de payer chez nous l'alcool à 20 centimes le litre comme nos voisins d'Outre-Rhin.

La France s'était trop désintéressée jusqu'ici de cette question.

Une loi récente vient d'abaisser à trois francs, décimes compris, par hectolitre d'alcool pur, la taxe frappant les alcools d'industries ; elle était autrefois de 37 fr. 50.

C'était donc une taxe prohibitive ; aussi la consommation de notre pays ne dépassait-elle pas 135.000 hectolitres, alors qu'en Allemagne, elle atteignait 850.000 hectolitres. Il y a lieu d'espérer maintenant un accroissement énorme et rapide de la consommation. Une association s'est formée pour hâter ce mouvement : elle escompte un large emploi de l'alcool pour l'éclairage, le chauffage et la production de force motrice. Cette dernière application ne sera sans doute pas encore bien considérable ; toutefois, on est autorisé à espérer qu'on arrivera un jour à exonérer la France du lourd tribut qu'elle paie aux pays qui ont la bonne fortune de posséder des sources de pétrole. A ce point de vue, la question a une grande importance économique.

CHAPITRE QUATRIÈME

THÉORIE GÉNÉRIQUE DES MOTEURS A GAZ

Nous ne reviendrons pas sur notre théorie qui a été exposée dans notre premier volume et complétée dans le second (1).

Mais il ne sera pas inutile d'en développer quelques points, qui demandent à être mis en lumière à la suite des discussions qui se sont élevées en ces derniers temps, et des perfectionnements qu'on a apportés à la construction des moteurs.

On a une tendance à augmenter aujourd'hui de plus en plus la compression initiale dans les moteurs; les machines sont ainsi rendues moins encombrantes, moins chères et leur fonctionnement devient plus économique. C'est, qu'en effet, la pression moyenne du diagramme croît avec la compression ainsi que le rendement du cycle.

On ne voit pas *a priori* comment il se produit que, toutes choses égales d'ailleurs, pour une même charge admise dans un même cylindre, une augmentation de compression ait pour conséquence immédiate une augmentation de puissance. Le fait est pourtant indiscutable et bien connu des praticiens qui obtiennent plus de travail d'un moteur en réduisant le volume de la chambre de compression. Pour s'en rendre compte, il faut construire un diagramme et calculer son aire: on constate qu'elle croît avec la compression. Mais on peut aussi faire la même constatation en observant que le travail développé est proportionnel à $c(T - \theta) - C(t' - t)$ (2). Or, la chaleur développée par l'explosion d'un kilogramme de mélange est la même,

(1) Voir tome I, page 128, et tome II, page 108; nous prions les lecteurs de relire les chapitres que nous rappelons à leur attention; nous gardons les mêmes notations.

(2) Les pressions et températures de compression sont π et θ ; P et T sont les pressions et les températures explosives; t est la température initiale et t' la température à la fin de la détente.

quelle que soit sa compression; l'élévation de température $T - \theta$ est donc la même aussi. Mais $t' - t$ diminue, quand θ augmente et que t reste constant, puisque l'on a :

$$\frac{t' - t}{t} = \left(\frac{T - \theta}{\theta} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

si $t' - t$ diminue, le travail augmente donc.

L'économie réalisée sur le fonctionnement ressort directement de nos formules de rendement :

$$\rho = 1 - \gamma \frac{t' - t}{T - \theta}$$

On peut donner cette même démonstration d'une façon plus suggestive en recourant aux diagrammes entropiques, ainsi que l'a fait M. Boulvin, auquel nous empruntons ce mode de raisonnement (1).

Envisageons tour à tour les moteurs des trois premiers genres, à explosion, sans compression ou avec compression, et à combustion avec compression. Supposons que l'on admette dans chacun d'eux le même poids de mélange tonnant, au même dosage, et qu'on opère une combustion et une détente également complète des produits de la combustion. Prenons le mélange à la température initiale de 300° absolus (27° centigrades) et sous la pression atmosphérique : la chaleur développée dans les différents cycles sera la même, mais les températures réalisées après explosion ou combustion différeront beaucoup, pour des causes diverses et surtout par suite des compressions inégales, qu'on aura pratiquées. C'est en cela que réside l'intérêt majeur de cette démonstration.

Prenons deux axes de coordonnées et portons en ordonnée les températures et en abscisse les valeurs de l'entropie : nous rappellerons que la variation de l'entropie à partir d'un état initial, marqué par une température T , jusqu'à une température T' , est égale à $C \log \frac{T'}{T}$; et nous prions le lecteur de se reporter à ce qui a été dit sur ce sujet, tome I, page 63 et tome II, page 119.

Dans un moteur à explosion sans compression, genre Lenoir, l'ex-

(1) *Théorie des machines thermiques*, page 153.

plosion du mélange correspond à la ligne AB, partant de l'état initial, à la température de l'air extérieur $t=300^\circ$, pour lequel nous faisons l'entropie égale à zéro, et aboutissant à l'état B, à la température T

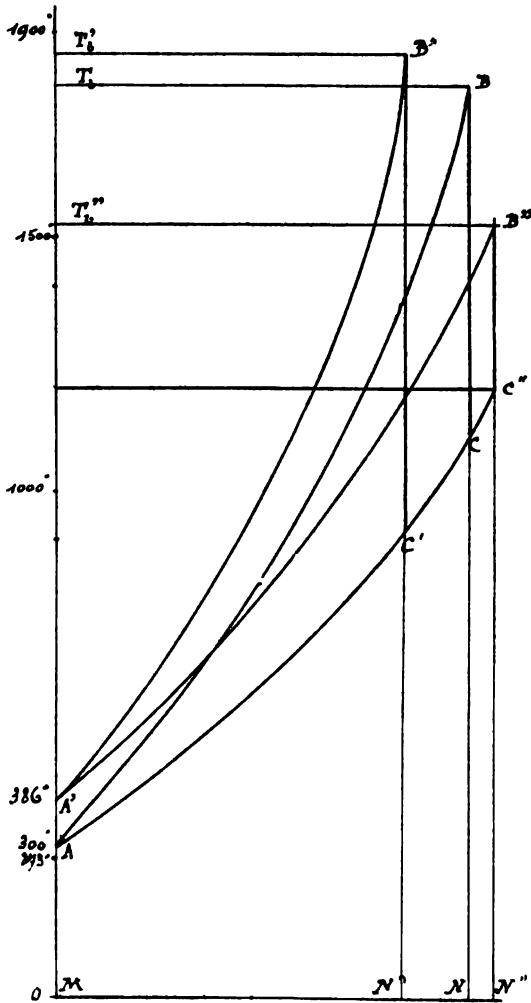


Fig. 16

développée par l'explosion. Le phénomène ayant lieu à volume constant, nous avons :

$$S = c \log' \frac{T}{t}$$

T se calcule par les éléments de la composition du mélange.

La détente adiabatique est figurée par la ligne isentropique BC, parallèle à l'axe des températures ; le point C doit être tel que le mélange soit ramené à son état initial par une soustraction de chaleur effectuée sous pression constante. La ligne CA qui ferme le cycle est connue par conséquent et elle a pour équation :

$$S = C \log' \frac{T}{t}$$

La surface MABN représente la chaleur développée par l'explosion ; l'aire ABC montre quelle part en a été transformée en travail ; la chaleur rejetée par la décharge est figurée par l'aire MACN.

On voit que ce diagramme entropique convient à merveille pour étudier l'utilisation de la chaleur dans un moteur.

Mais passons au moteur à explosion avec compression, genre Otto ; le cycle commence par une compression adiabatique, qui élève la température sans augmenter l'entropie. Appelons n le degré de compression, et θ la température à la fin de la compression ; nous savons d'abord que :

$$\left(\frac{\pi}{H}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = (n)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \frac{\theta}{t}$$

L'isentropique de compression est donc la droite AA' : puis vient l'explosion à volume constant, figurée par la ligne A'B' et représentée par l'équation :

$$S = c \log' \frac{T}{\theta}$$

On passe aisément de la courbe AB à la courbe A'B' en observant que les points des deux courbes ayant même abscisse correspondent à des températures proportionnelles à $\frac{t}{\theta}$.

Comme la même quantité de chaleur a été développée sur AB et sur A'B', nous pouvons écrire :

$$\text{aire } M A' B' N' = \text{aire } M A B N$$

La température B' est d'ailleurs plus grande que B, car il y a même différence entre les températures T' et θ qu'entre T et t :

$$T' - \theta = T - t$$

Les températures étant plus grandes, il faut donc que l'entropie soit moindre, sinon l'on n'aurait pas l'égalité des aires M'A'B'N' et MABN. Il faut par suite que MN' soit plus petit que MN.

Le cycle se ferme par la ligne B'C' et par la courbe C'A.

Nous voyons ainsi que la compression a pour effet de conduire à une température plus faible en C' qu'en C, à la fin de la détente.

De même, la chaleur perdue à la décharge est moindre, car MAC'N' est plus petit que MACN. Il faut donc que le rendement soit plus grand; il sera du reste d'autant meilleur que la compression initiale aura été plus forte.

C'est ce que nous voulions démontrer.

Le diagramme entropique d'un moteur à quatre temps a donc la forme AA'B'C'A; qu'on le compare à celui qu'on obtient par transformation d'un diagramme en p, v , relevé sur un moteur en marche (1), et l'on verra que les déformations ne sont pas grandes.

Une augmentation de compression fait croître la ligne AA' et fait remonter d'autant le point B', sans modifier la ligne AC'; l'aire AA'B'C'A augmente donc et par suite aussi le travail.

C'est la seconde démonstration que nous voulions faire.

Abordons maintenant l'étude des moteurs à combustion.

Nous débutons par la compression qui nous conduit comme précédemment au point A'; puis il se produit une combustion à pression constante, représentée par la ligne A'B'', dont l'équation est :

$$S = C \log' \frac{T}{\theta} \quad (2)$$

La température finale T'' de la combustion en B'' peut se déduire

(1) Nous avons donné tome II, page 121, le diagramme entropique correspondant à celui que le professeur Kennedy a pris sur un moteur Crossley : qu'on veuille s'y reporter. Les lignes AA' et B'C' ne sont plus des droites parallèles à l'axe des T, parce que les courbes de compression et de détente ne sont pas de vraies adiabatiques.

(2) On pourrait construire directement cette courbe en augmentant les ordonnées de AC proportionnellement au rapport $\frac{\theta}{T}$.

de la valeur calculée ci-dessus de θ , par la condition que la quantité de chaleur engendrée dans les deux opérations est la même.

On pose donc :

$$Q = C (T'' - \theta)$$

d'où il vient :

$$T'' = \theta + \frac{Q}{C}$$

La courbe a dès lors pour équation :

$$S = C \log' \left(1 + \frac{Q}{C \theta} \right)$$

Elle est figurée en A'B''.

Le cycle est donc fermé par le contour AB''C''; la température T'' est manifestement moindre que T' et même que T. Il faut dès lors pratiquer une compression plus forte pour obtenir un rendement égal à celui des machines du second genre à explosion : mais, comme la combustion s'opère à pression constante, la pression maximum du cycle ne dépasse pas celle de la compression initiale et l'on n'est donc pas limité à cet égard aussi vite que dans les moteurs à explosion.

Ces considérations sont entièrement à l'avantage des moteurs à combustion; comment se fait-il donc que les constructeurs aient abandonné ce genre de moteurs, que Siemens, Brayton, Simon, Foulis, Crowe, Gardie, etc., avaient appliqué avec succès, mais, sans doute, avec trop peu de constance et de foi dans leur œuvre.

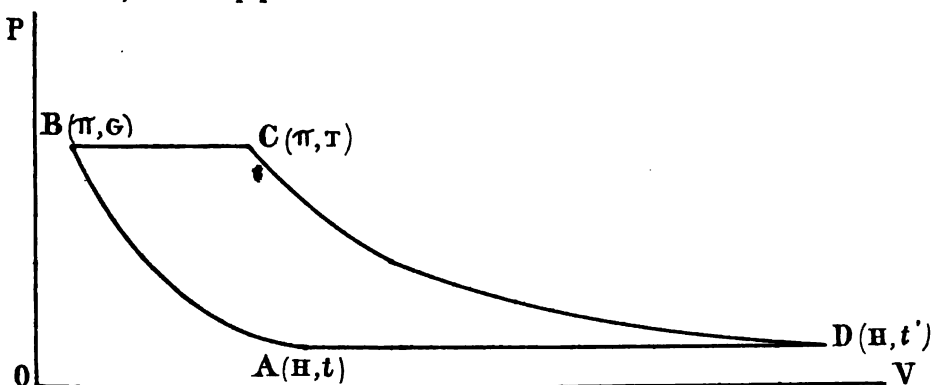


Fig. 17

J'ai dit dans les volumes précédents quel parti on pourrait en tirer pour les grandes puissances : revenons sur ce sujet, qui a repris de l'actualité en ces derniers temps, à la suite des recherches de M. Diesel.

Le cycle des moteurs à combustion est limité par deux parallèles à l'axe des volumes et par deux hyperboles adiabatiques (fig 17). Dans une première phase AB, le mélange de gaz et d'air, pris à la pression atmosphérique et à la température t , est comprimé adiabatiquement jusqu'à la pression π et à la température θ .

On a :

$$\frac{\theta}{t} = \left(\frac{\pi}{H}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Le mélange passe ensuite sur un brûleur, au contact duquel il s'enflamme progressivement, à pression constante, s'élevant ainsi de la température θ à la température T . La chaleur fournie le long de BC est égale à :

$$Q_1 = C (T - \theta)$$

Vient ensuite une détente adiabatique CD, ramenant la pression de π à H ; la température t' à la fin de cette détente est donnée par la relation :

$$\frac{t'}{T} = \left(\frac{H}{\pi}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Le cycle se ferme par une soustraction de calorique Q_2 , sous pression constante, à la fin de laquelle la température redevient de nouveau égale à t .

$$Q_2 = C (t' - t)$$

Le rendement théorique du cycle est dès lors :

$$\rho = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{C (T - \theta) - C (t' - t)}{C (T - \theta)} = 1 - \frac{t' - t}{T - \theta}$$

Mais nous avons :

$$\frac{t'}{T} = \frac{t}{\theta} = \frac{t' - t}{T - \theta}$$

Donc

$$\rho = 1 - \frac{1}{6}$$

C'est la formule que j'ai établie en 1883, dans mes *Etudes sur les moteurs à gaz tonnant*.

Discutons cette formule.

On voit d'abord que le rendement est inférieur à celui du cycle de Carnot, qui nous donnerait, entre les températures extrêmes T et t, (T étant évidemment plus grand que t),

$$\rho' = 1 - \frac{t}{T}$$

Toutefois, nous pouvons faire remarquer que T diffère de t d'aussi peu que l'on voudra, ce qui fait qu'à la limite le rendement de notre cycle tendra à devenir égal au rendement maximum du cycle de Carnot. Observons encore que le rendement est indépendant en valeur absolue de T, qui ne figure pas dans notre formule. Disons aussi que le travail croît avec la valeur de T, donc avec la durée de la combustion.

Ces conditions sont éminemment favorables aux applications pratiques du cycle que nous venons de décrire. En effet, nous voyons d'abord que la puissance d'un moteur se règle aisément par la durée de la combustion, de laquelle dépend la quantité de chaleur cédée dans la phase correspondante ; c'est la longueur de la droite BC du diagramme qui fait le travail. Mais le rendement est indépendant de T ; il sera donc le même, quelle que soit la longueur de cette droite BC, à pleine charge ou à demi-charge, propriété précieuse à laquelle les praticiens attachent le plus grand prix. Un tel moteur pourrait avoir d'ailleurs des dimensions relativement exigües, attendu que l'aire du diagramme devient facilement aussi grande que celle du diagramme des moteurs à explosion. La douceur de sa marche serait du reste remarquable, vu que la pression reste constante comme dans les machines à vapeur, durant toute la phase d'admission, sans qu'il se produise ces à-coups formidables, qui rendent si difficile la construction des moteurs à explosion de grande puissance à grande compression. Le cycle théorique de ces machines est enfin exactement

réalisable, ainsi que l'a péremptoirement démontré Gardie, dont le diagramme est très correct, et en tout assimilable à celui des meilleures machines à vapeur.

C'est la valeur de θ , et par conséquent le degré de compression préalable, qui fait le rendement de ce cycle. Or, supposons que l'on puisse comprimer à 250 atmosphères ; dans ce cas nous aurons :

$$\theta = t \times (250)^{0,23} = t \times 3,56 \quad (1)$$

et

$$\rho = 1 - \frac{1}{3,56} = 0,719$$

Ce rendement extraordinaire est le résultat de l'énorme compression supposée ; il n'a pas d'autre cause.

Mais on pourrait se contenter d'une compression moindre ; pour 35 atmosphères, on trouverait encore que ρ serait égal à 0,557.

Retenons ces chiffres et abordons maintenant l'étude d'un cycle nouveau, inventé par M. Diesel, avec l'espoir de réaliser, dit-il, un « *moteur thermique rationnel* destiné à supplanter la machine à vapeur et les autres machines à feu connues aujourd'hui. »

Pour arriver à ce résultat, le savant allemand a cherché à se rapprocher le plus possible des conditions du cycle de Carnot en fournissant le calorique, non plus à pression constante, comme nous le faisons dans le moteur classique à combustion, mais à température constante. En d'autres termes, la ligne parallèle à l'axe des volumes est remplacée par une hyperbole équilatère isothermique. M. Diesel se trouve conduit ainsi à formuler ce principe que le *combustible doit être introduit dans le cycle graduellement, de façon à ce que la chaleur développée par sa combustion se transforme en travail au fur et à mesure de sa production*. Je suis forcé de dire que le principe n'est pas nouveau et que le fait ne l'est pas davantage, puisqu'ils correspondent l'un et l'autre à la définition même d'une détente isothermique. L'opération ainsi dirigée est celle-là même que Carnot a indiquée pour la phase en cession de calorique par le foyer.

Cette détente isothermique effectuée au contact du foyer a une

$$(1) \quad \frac{\gamma - 1}{\gamma} = \frac{1,41 - 1}{1,41} = 0,23.$$

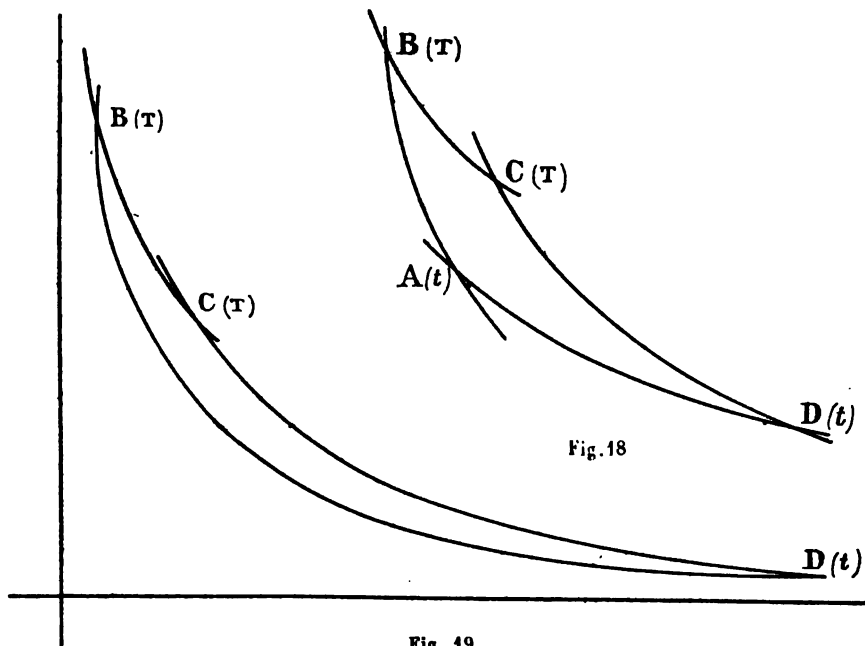
autre conséquence ; c'est que la température maximum du cycle doit être atteinte à la fin de la compression adiabatique constituant la première phase du cycle. M. Diesel trouve l'occasion de formuler un autre principe, qui est le suivant : *la température de combustion ne doit pas se produire par et pendant la combustion, mais avant elle et indépendamment d'elle, uniquement par une ignition mécanique.* Rien de nouveau non plus dans cette formule, qui est aussi implicitement renfermée dans les conditions mêmes du cycle de Carnot ; Carnot suppose, en effet, que c'est la compression adiabatique qui amène le gaz à la température constante de la détente isothermique.

Mais du moment que la compression adiabatique développait la température maximum, il devenait impossible de soumettre le mélange tonnant à cette compression, car il eût fait explosion dans le cylindre compresseur. Il fallait donc ne comprimer ainsi que de l'air pur et y introduire le gaz combustible seulement après compression : la combustion de ce dernier s'opérait donc spontanément et sans allumage. Cette indication de la compression de l'air pur et de l'introduction du combustible dans le cylindre à la fin de cette compression adiabatique, constitue pour moi la plus grande originalité de l'invention de M. Diesel et je la considère comme sa caractéristique principale.

Pour obtenir le rendement maximum du cycle de Carnot, il fallait encore prolonger la détente adiabatique jusqu'à la température initiale t et terminer la série des opérations par une compression isothermique à cette même température. Le cycle réalisé est dès lors celui de la figure 18, sur lequel nous avons marqué les températures correspondantes aux points A, B, C et D. C'est en somme tout simplement le cycle de Carnot, limité par deux adiabatiques et deux isothermiques, si toutefois on peut admettre la réalité de ces opérations successives adiabatiques et isothermiques dans un même cylindre et au contact d'une même paroi. Inutile de dire que le rendement d'un tel cycle serait maximum.

Mais on se heurtait à une grosse difficulté en voulant opérer de la manière que nous venons de dire. En effet pour atteindre par la seule compression adiabatique AB la température T capable d'enflammer spontanément le combustible à son introduction, il eût fallu développer une pression énorme, inadmissible en pratique, même pour

M. Diesel, qui ne recule pourtant pas devant ces pressions, il l'a triomphalement démontré. On chercha donc à tourner cette difficulté : or, la première compression DA isothermique contribuait à élever la pression, sans intervenir dans l'élévation de température ; elle était donc, dans l'esprit de M. Diesel, nuisible d'une part et inutile de l'autre. On l'abandonna et les deux temps DA et AB furent remplacés par une seule opération adiabatique DB.



Le cycle théorique Diesel est dès lors celui de la figure 19, de contour BCD, formé de deux adiabatiques CD et DB et d'une isothermique BC (1).

Son rendement n'est plus égal à celui de Carnot ; il est moindre, quoiqu'encore très élevé. Le savant ingénieur allemand l'a calculé et il a trouvé pour une compression de 250 atmosphères, une valeur égale à 0,730.

(1) On pourrait s'étonner de voir deux adiabatiques passer par un même point, si l'on oubliait que la compression DB s'effectue sur de l'air pur alors que la détente CD est subie par des gaz brûlés.

C'est une valeur considérable, dont on a fait grand bruit, et qui a excité l'admiration de tous; je la partage.

Mais n'oublions pas que n'importe quels moteurs à combustion et haute compression donneraient le même résultat à compression égale; nous avons, en effet, abouti dans nos calculs précédents à ce même rendement de 0,72 en admettant une compression à 250 atmosphères.

Poursuivons l'étude du cycle Diesel.

Dans son premier projet, cet habile ingénieur avait prévu une compression d'air de 250 atmosphères; il comptait injecter du charbon finement pulvérisé; son moteur devait avoir trois cylindres et marcher en compound.

En réalité, la machine qui a été mise en état dans le courant de l'année 1897, ne comprime qu'à 35 atmosphères, fonctionne au pétrole et n'a qu'un seul cylindre.

Le cycle théorique a subi des altérations imposées par la pratique.

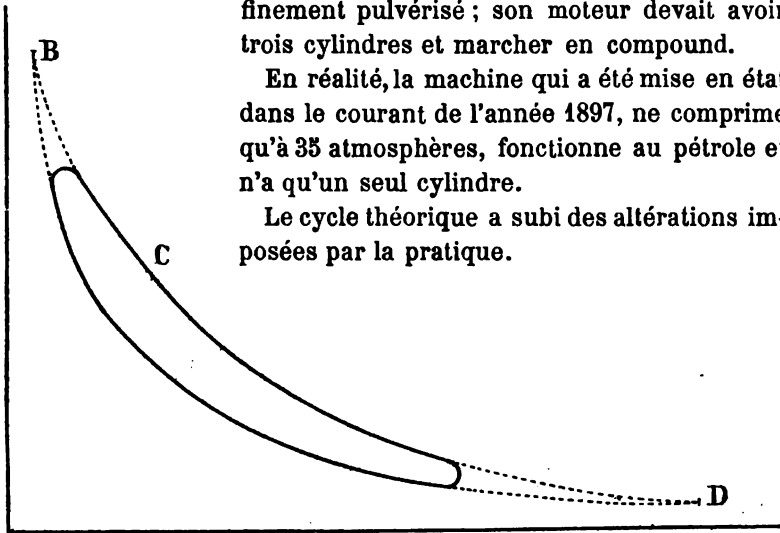


Fig. 20

Il a fallu l'écourter, comme le montre la figure 20; la figure suivante (fig. 21), fait voir le diagramme relevé sur la machine du dernier modèle. Les déformations sont évidentes et le rendement, basé même sur l'existence d'isothermiques et d'adiabatiques (qu'on ne réalise pas, parce qu'elles sont irréalisables), se trouve nécessairement réduit.

Il en est d'ailleurs ainsi dans toutes les machines thermiques.

La marche du moteur est à quatre temps; il correspond donc à un type nouveau, que nous appellerons le type Diesel. L'espoir qu'on avait conçu de remplacer le cycle irréalisable de Carnot par un cycle

pratique de rendement maximum ne s'est pas entièrement confirmé.

On retrouve bien dans le moteur qu'on nous montre l'intention initiale de l'inventeur, mais la machine que nous voyons est moins originale que l'idée qui l'a fait naître.

Nous dirons plus loin quels résultats pratiques elle a donnés. Ils sont fort beaux, mais il nous semble qu'on espérait davantage et nous pensons

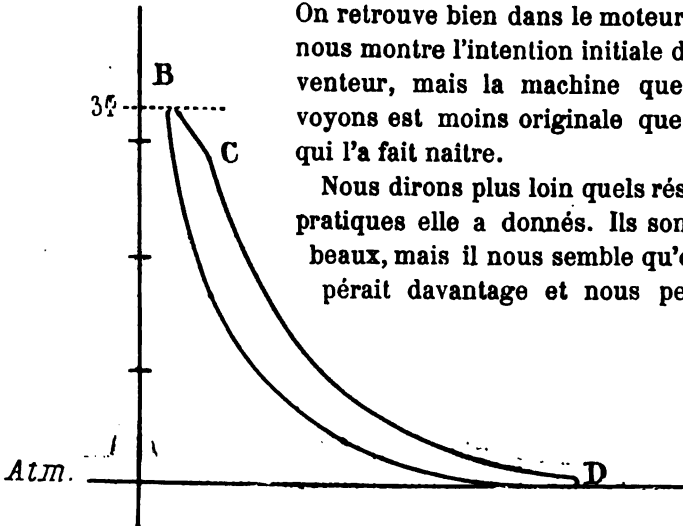


Fig. 2

que l'on a eu des déceptions. Pour notre part, nous les avons éprouvées.

Ce qui restera peut être de plus positif de ces intéressantes recherches, ce sera un retour des constructeurs vers les machines à combustion, qu'on n'aurait jamais dû abandonner. Ce genre de machines possède tous les avantages que revendique M. Diesel, au point de vue de l'élasticité de la puissance, des combustions complètes, de la douceur du fonctionnement, de la réduction des dimensions, etc.; il leur manquait, pour être économiques, de comprimer les gaz au degré voulu. M. Diesel a montré que c'est possible; qu'on profite de cet exemple. Ce serait assurément le meilleur moyen de résoudre le grave problème de la construction des moteurs à gaz de grande puissance. On peut conserver la marche à quatre temps, qui donne de si grands avantages économiques: c'est donc une nouvelle catégorie de moteurs qui est proposée aux constructeurs, celle des moteurs à combustion avec compression par marche à quatre temps, genre Diesel.

Mais revenons aux moteurs à explosion, genre Otto, qui seront longtemps encore les préférés, surtout pour les puissances moyennes et petites. La détente incomplète est une des plus graves imperfec-

tions de leur cycle ; Charon et quelques autres ont réussi à allonger la détente, mais en sacrifiant la compression : on perd ainsi d'un côté ce que l'on gagne de l'autre et on tourne dans un cercle vicieux. L'admission d'un même volume de mélange tonnant à chaque cycle d'opérations a d'autre part l'inconvénient de ne pas se prêter à l'intervention du régulateur, sinon par admission du tout ou rien ; ce système est bon théoriquement, mais il donne de l'irrégularité à la marche. Admettre un mélange de richesse variable est plus logique au point de vue de la régularité, mais on s'expose ainsi à introduire des mélanges inexplosibles et à produire des ratés. Bref, il y avait quelque chose à perfectionner de ce côté.

L'idéal serait de pouvoir admettre des volumes invariables, comme cela se fait dans les moteurs à combustion et dans les machines à vapeur : de la sorte, le couple moteur pourrait rester à tout moment égal au couple résistant.

M. Letombe paraît avoir le mieux réussi dans cette voie : un double jeu de soupapes lui permet de faire varier les quantités admises, mais il ne peut éviter que la richesse du mélange ne diminue. Il évite les inconvénients de cet appauvrissement en *surcomprimant* les mélanges à moindre teneur de gaz, ce qui lui permet d'enflammer toujours sans ratés et de conserver un bon rendement même quand le moteur travaille à très faible charge.

Cet habile ingénieur a bien voulu nous exposer sa théorie dans une note très intéressante, d'après laquelle nous avons rédigé ce qui suit :

Partons de notre formule de rendement.

$$\rho = 1 - \frac{C(t' - t)}{c(T - \theta)}$$

Nous avons dit que $T - \theta$ est constant ; représentons cette différence constante (constante par un mélange donné), par δ .

Nous aurons :

$$\rho = 1 - \gamma \frac{t' - t}{\delta}$$

Exprimons les volumes de la masse gazeuse évoluant dans le cycle

en fonction du volume de la chambre de compression pris pour unité :
le volume du mélange au moment où la compression commence sera v , V représentera le volume total à la fin de la détente (fig. 22).

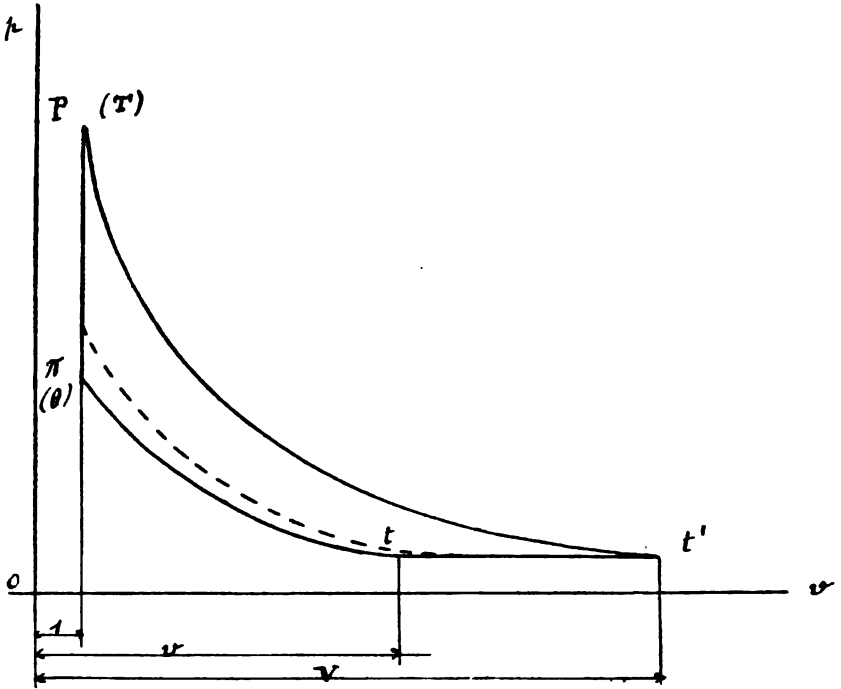


Fig. 22

Nous pouvons écrire :

$$\frac{t'}{t} = \frac{V}{v}$$

$$\frac{t' - t}{t} = \frac{V - v}{v}$$

$$t' - t = t \frac{V - v}{v}$$

On a aussi :

$$\frac{\pi}{1} = \left(\frac{v}{1}\right)^\gamma \text{ et } \pi = v^\gamma$$

$$\frac{\theta}{t} = \left(\frac{v}{l}\right)^{\gamma-1}$$

$$\theta = t v^{\gamma-1}$$

De même, par les mêmes moyens :

$$P = V^{\gamma}$$

Mais :

$$\frac{P}{\pi} = \frac{T}{\theta}$$

$$P = \pi \frac{T}{\theta} = \pi \frac{\theta + \delta}{\theta} = \pi \left(1 + \frac{\delta}{\theta}\right)$$

Il vient finalement :

$$V^{\gamma} = v^{\gamma} \left(1 + \frac{\delta}{t v^{\gamma-1}}\right) = v^{\gamma} + v \frac{\delta}{t}$$

d'où

$$\delta = \left(V^{\gamma} - v^{\gamma}\right) \frac{v}{t}$$

Portons cette valeur dans l'expression de ρ et remplaçons-y $t'-t$ par $t \frac{V-v}{v}$.

$$\rho = 1 - \gamma \frac{t \frac{V-v}{v}}{\frac{v}{t} (V^{\gamma} - v^{\gamma})}$$

On obtient en simplifiant :

$$\rho = 1 - \gamma \frac{V-v}{V^{\gamma} - v^{\gamma}}$$

V et v sont connus ; on calcule V^{γ} et v^{γ} , mais on peut aussi en rele-

ver la valeur sur les diagrammes d'une machine en marche, puisque $P = V^\gamma$ et $\pi = v^\gamma$.

Il faut observer qu'en augmentant le volume admis v on comprime davantage.

Faisons varier v et appelons x cette valeur variable; le rendement sera :

$$\rho = 1 - \gamma \frac{V - x}{V^\gamma - x^\gamma}$$

Voyons ce que devient cette valeur, lorsque x tend vers la valeur maximum V . Le rapport des dérivées du numérateur et du dénominateur est égal à :

$$\frac{\gamma}{\gamma x} = \frac{x}{x^\gamma}$$

A mesure que x augmente et qu'il y a surcompression, ce quotient diminue, puisque $\gamma > 1$; le rendement augmente par conséquent, mais il est visible qu'alors la surface du diagramme se réduit de plus en plus.

Le rendement augmente donc quand le travail de la machine diminue : c'est la propriété remarquable que nous avons déjà relevée dans les moteurs à combustion.

M. Letombe réalise ainsi par sa méthode de surcompression un perfectionnement notable du cycle des moteurs du genre Otto. Les formules sur lesquelles il a appuyé son étude sont très intéressantes et nous le remercions de nous avoir permis de les présenter à nos lecteurs (1).

M. Edmond Heirman, directeur des ateliers de la Sambre, près Charleroi, a proposé un système mixte fort ingénieux aussi, que nous nous reprocherions de ne point mentionner à cette place. Il comprimerait par deux pompes, dans deux réservoirs séparés, de l'air et du gaz, et il les admettrait dans le cylindre moteur par une soupape spéciale directement placée sous la dépendance du régulateur, de telle façon qu'il réaliserait une admission variable comme dans les

(1) La monographie du moteur Letombe est donnée plus loin.

machines à vapeur. Dès la fermeture de cette soupape d'admission, et à ce moment même, l'allumage du mélange tonnant se ferait par le jeu même de cette soupape, et la course du piston se terminerait par une détente que l'on pourrait prolonger aussi loin que l'on voudrait ; on ne serait donc plus astreint, comme dans le moteur à quatre temps, à introduire toujours le même volume de mélange et l'on ne perdrait pas l'avantage du cycle à explosion : de plus, on réaliserait un moteur à deux temps, donnant un coup par tour. Le diagramme serait celui de la figure 23. La course en arrière expulserait les gaz brûlés

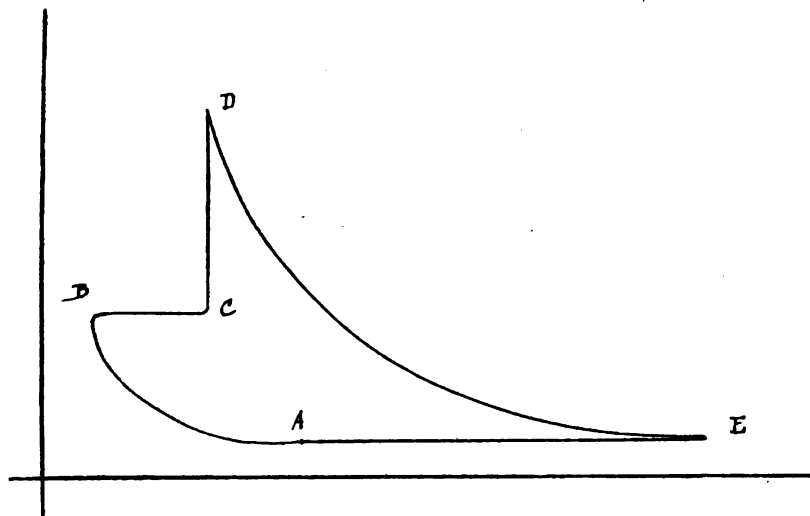


Fig. 23

et l'on n'en laisserait que la quantité nécessaire pour remplir les espaces morts, que l'on réduirait du reste au minimum ; on y opérerait une certaine compression comme dans la machine à vapeur.

Nous voudrions voir essayer le système de M. Heirman : il donne certainement une solution ingénieuse d'une grave difficulté, et la réalisation de ce projet n'entraînerait pas de complication spéciale.

Les plus vieilles idées se rajeunissent quelquefois et l'on découvre souvent qu'on avait eu tort de les abandonner ; l'anneau de Pacinotti, détrôné par l'anneau de Gramme, est remis en honneur aujourd'hui et les électriciens construisent tous des induits rainés ; je pourrais citer d'autres exemples de semblables retours. Nous voyons de même

en ce moment de nombreux inventeurs reprendre l'idée de Hugon et de Simon, consistant à constituer des moteurs mixtes à gaz et à vapeur. Les procédés sont modifiés, il est vrai : Hugon injectait de l'eau dans son cylindre avant l'explosion, dans le but avoué de prévenir les élévations de température nuisibles à la marche et à l'entretien des machines et de lubrifier les parois. On réaliserait le même objet, mais avec de sérieux avantages, en pulvérisant de l'eau dans le cylindre après l'explosion ; cette réfrigération par l'intérieur pourrait dispenser, on l'espère du moins, d'une réfrigération extérieure par la paroi, et elle utiliserait ainsi dans le cycle le calorique que l'on perd par le procédé habituel de la circulation de l'eau dans une enveloppe. D'autre part, on abaisserait à 100° la température finale des gaz au moment de la décharge et la chute de température serait grandement augmentée. Des essais ont été faits dans cette direction et l'on nous a assuré que les résultats avaient été heureux. Quelques brevets ont été pris pour des moteurs mixtes de ce genre. On nous a demandé de divers côtés si l'on pouvait en attendre des résultats nouveaux : sans vouloir provoquer de folles espérances, nous avons répondu qu'assurément l'idée de Hugon et de Simon était rationnelle, mais que l'on devait prévoir de grandes difficultés d'application.

Un projet auquel on revient sans cesse, avec une constance que le succès n'a pourtant point justifiée, c'est le compoundage des moteurs, c'est-à-dire la prolongation de la détente dans un second cylindre spécial, de plus grand diamètre. Il faut reconnaître que la détente par cascade, dans des cylindres étagés, parfaitement logique pour la vapeur, ne l'est pas pour du gaz : les raisons qui font opérer la détente de la vapeur dans des cylindres multiples n'existent, en effet, plus pour les gaz. Toutefois, on pourrait ainsi obtenir une grande prolongation de détente. C'est la raison pour laquelle M. Diesel, dans son premier projet, avait adjoint un cylindre de détente à ses deux cylindres fonctionnant à quatre temps. MM. Roser et Mazurier ont été inspirés par la même pensée quand ils ont ajouté à leur moteur un troisième cylindre marchant à l'air et utilisant les chaleurs perdues à l'échappement des deux cylindres moteurs ; ils ont annoncé de beaux résultats pour leur machine à essence de pétrole. Malgré cela nous ne croyons pas que ces coûteuses combinaisons soient appelées à un très grand avenir et nous attendrons d'être

mieux informés par l'expérience pour nous prononcer définitivement.

L'application de plus en plus générale des moteurs à gaz à la commande des dynamos a imposé aux constructeurs la recherche de moyens plus efficaces pour maintenir la constance non seulement de la régularité moyenne, mais encore de la régularité cyclique. Nous avons déjà consacré de nombreuses pages à cette question dans nos précédents volumes (1) ; mais nous croyons nécessaire d'y revenir et d'envisager surtout ici la solution théorique du problème.

Dans les moteurs monocylindriques à quatre temps, l'explosion du troisième temps tend à déterminer une accélération du mouvement, alors que la compression du second temps avait absorbé du travail et produit un ralentissement : l'effort moteur est dès lors incessamment variable et il change même de signe ; la régularité cyclique ne sera donc réalisée que d'une manière incomplète, si l'on ne fait intervenir des dispositifs mécaniques pour compenser ces variations.

Des ingénieurs hardis ont proposé d'emmagasiner par un ressort une partie du travail développé dans la course motrice du piston, de manière à la récupérer dans la course rétrograde de compression. On réaliserait cette restitution par l'emploi d'un cylindre spécial faisant l'office d'un compresseur d'air et renfermant un piston relié à celui du cylindre moteur ; le ressort d'air se tendrait pendant la phase motrice ; il se détendrait dans la phase suivante, qui est celle d'échappement ; nouvelle tension dans la course d'aspiration et détente nouvelle en phase de compression. On voit qu'il en résulterait une égalisation relative des efforts : mais ce mince résultat serait acheté au prix d'une grande complication. Mieux vaudrait assurément marcher à deux temps ou jumeler deux cylindres moteurs à phases croisées, ou encore employer le fonctionnement à double effet.

Mieux vaut surtout se servir de l'inertie du volant pour compenser les efforts variables du moteur : mais on ne peut pas augmenter outre mesure le poids et le diamètre des jantes, sans être conduit à des dimensions exagérées d'arbres et de paliers ; d'autre part, il y a aussi des limites à la vitesse angulaire.

M. Raffard avait proposé de recourir à l'emploi de son volant à

(1) Voir principalement tome II, page 150 et suivantes, et pages 321 à 329.

inertie variable, dans lequel des masses métalliques peuvent se déplacer radialement, sous l'action des efforts centrifuges, alors qu'elles sont retenues par des ressorts, qui constituent la force antagoniste. Les accroissements de vitesse auraient ainsi pour effet d'éloigner ces masses du centre et par suite d'accroître l'inertie du système. Il en résulte qu'un appareil de ce genre pourrait emmagasiner beaucoup plus de travail, pour une même variation de vitesse, qu'un volant ordinaire. Mais quelle que soit la perfection avec laquelle on fabrique aujourd'hui les ressorts d'acier, la solution préconisée par M. Raffard ne nous paraît pas encore suffisamment pratique.

On en revient en somme toujours à l'emploi des volants lourds.

Toutefois, M. Picou a fait observer avec raison (1), que les constructeurs ne se donnent pas toujours la peine de calculer le *coefficient d'irrégularité* des moteurs, pourvus d'un volant déterminé : il a indiqué le moyen suivant de l'apprécier.

On part du diagramme d'indicateur.

Considérons un moteur à deux cylindres, travaillant avec une différence de phase d'une demi-période, et donnant par suite une impulsion par tour de manivelle ; en admettant que le diagramme ait été relevé pour la première moitié du cycle dans un cylindre et pour la seconde dans l'autre, on obtient, en le développant sur une droite et en tenant compte du signe des efforts, la courbe de la figure 24. Les or-

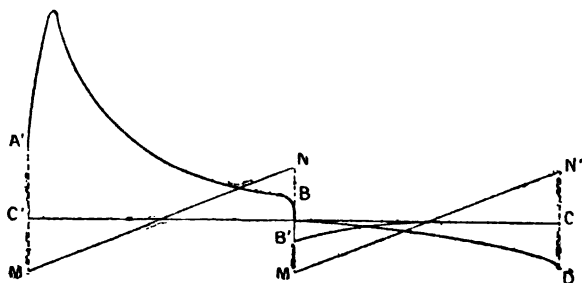


Fig. 24

données représenteront en kilogrammes les forces exercées sur le piston, alors que les abscisses correspondent aux fractions de course.

(1) Cet intéressant travail a paru dans *l'Industrie Électrique*, n° 63, page 341.

La somme algébrique des ordonnées donne la valeur de l'action totale des gaz sur les deux pistons.

Il faut y ajouter les forces d'inertie.

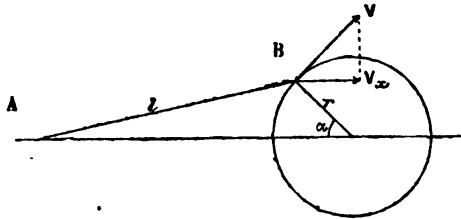


Fig. 25

Soit m la masse des pièces en mouvement ; la force due à l'accélération est à chaque instant (fig. 25),

$$f = m \frac{d v_x}{d t} = \frac{m d v \sin \alpha}{d t} = m v \cos \alpha \frac{d \alpha}{d t} = \frac{m v^2}{r} \cos \alpha$$

Nous négligeons l'influence de l'obliquité de la bielle.

Les x du diagramme n'étant pas proportionnels aux temps et à α , mais aux déplacements du piston, cette formule doit être transformée.

On a

$$x = r (1 - \cos \alpha)$$

$$\cos \alpha = 1 - \frac{x}{r}$$

et

$$f = \frac{m v^2}{r^2} (r - x)$$

Les valeurs de f sont représentées sur la figure 24 par les ordonnées des droites MN et M'N'.

Prenons un cas particulier pour exemple ; soit un moteur pour lequel on aurait :

Diamètre des pistons.	340 millim.
Course	0 ^m ,66
Vitesse en tours par minute	140
Poids des masses mobiles m	241 kg. par cylindre.

Il viendra par suite :

$$r = 0^m,38$$

$$v = 4^m,85 \text{ par seconde.}$$

$$m = \frac{241}{9,81} = 24,6$$

$$f = 1750 \left(1 - \frac{x}{r}\right)$$

Les ordonnées $c'M$, ON et OM' , cN' sont égales à 1.750, ce qui fait $1^k,92$ par centimètre carré de surface du piston.

Sur ces données, on établit le tableau ci-dessous :

x	Premier et deuxième temps du cycle	Troisième et quatrième temps du cycle	Efforts d'inertie	F	α	T
0	+ 3,5	+ 0,25	- 1,92	+ 1,7	0	0
0,05	+ 3,0	0	- 1,73	+ 6,3	25° 50'	+ 2,7
0,1	+ 9,3	0	- 1,54	+ 7,8	36° 60'	+ 4,7
0,2	+ 7,0	0	- 1,15	+ 5,9	53° 10'	+ 4,7
0,3	+ 5,7	0	- 0,77	+ 4,4	66° 40'	+ 4,5
0,4	+ 4,8	0	- 0,38	+ 4,4	78° 30'	+ 4,3
0,5	+ 4,2	0	0	+ 4,2	90° 00'	+ 4,2
0,6	+ 3,1	0	+ 0,38	+ 4,1	101° 30'	+ 4,0

Dans ce tableau, x est évalué en fractions de la course; les efforts F sont ceux qui sont exercés par centimètre carré de surface du piston : T , l'effort tangentiel, est égal à $\frac{F}{\sin \alpha}$. Les nombres de la dernière colonne sont donc les ordonnées de la courbe des efforts tangentiels.

La courbe de la figure 26 fait voir leurs variations.

L'intégrale de cette courbe donne le travail moteur par tour de l'arbre, l'ordonnée moyenne est de 957 grammes par centimètre carré de surface du piston.

Aux point M et M' où la courbe coupe la droite HH' représentant un

effort moyen résistant, il y a égalité entre les efforts moteur et résistant et ce sont les points où la vitesse est maximum et minimum. La surface Σ représente donc le travail que doit emmagasiner le volant.

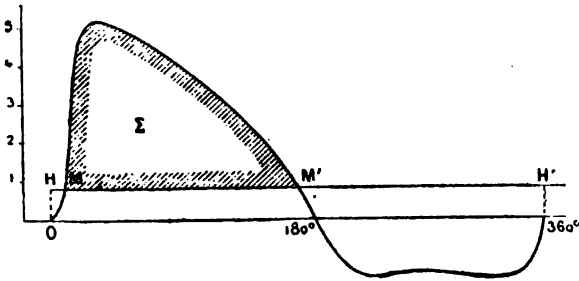


Fig. 26

Appelons ω'' et ω' les vitesses maximum et minimum et ω la vitesse moyenne ; le coefficient d'écart K sera défini par l'équation

$$K \omega = (\omega'' - \omega')$$

Mais

$$\frac{1}{2}(\omega''^2 - \omega'^2) I = \Sigma \quad (1)$$

Donc

$$K = \frac{\Sigma}{I \omega^2}$$

Dans le cas particulier étudié, on avait :

$$\begin{aligned} \Sigma &= 1980 \text{ kilogrammètres.} \\ \omega^2 &= 215 \quad \text{---} \\ I &= 582 \quad \text{---} \end{aligned}$$

Il vient donc

$$K = 0,0173$$

Ainsi il y aura 1,73 % d'écart entre les vitesses angulaires extrêmes maximum et minimum.

(1) I est le moment d'inertie $= \Sigma m r^2$ par rapport à l'axe de rotation. M. Picou ne donne pas le diamètre des volants, mais il fait connaître le poids de la jante, égal à 1.850 kilogrammes.

Ce chiffre caractérise mathématiquement l'effet du volant et il permettra de préjuger à l'avance des conditions de marche qu'on réalisera.

Les moteurs à gaz ont aussi été l'occasion d'études nouvelles, plus approfondies et réellement fructueuses, des mécanismes au point de vue dynamique ; c'est qu'en effet ces moteurs, dans lesquels une impulsion brutale succède à une forte compression, produisent des variations énormes de puissance et font naître des réactions et des trépidations inconnues même dans les machines à vapeur marchant à la plus grande vitesse.

Les moteurs minuscules, qu'on monte sur les châssis des automobiles, occasionnent eux-mêmes, malgré leur faible masse, des chocs insupportables et provoquent des oscillations de leur support qui sont un des plus gros griefs invoqués contre ce moyen nouveau de locomotion ; il s'agirait de supprimer ces graves désagréments d'une machine qui possède par ailleurs tant et de si brillantes qualités.

Les effets de l'inertie des masses mobiles avaient déjà été déterminés depuis longtemps ; mais les actions causées par les quatre temps du cycle habituel des moteurs avaient été moins bien étudiées.

M. Crozet, ingénieur des Arts et Manufactures, a publié, en 1897, une analyse très fouillée de ces derniers effets, à laquelle nous empruntons les considérations qui suivent (1).

Dans les moteurs à quatre temps, dans lesquels il y a une course motrice sur quatre, l'aspiration, la compression, l'explosion et la détente développent sur la manivelle un effort variable qui se transmet au volant et tend à en modifier la vitesse ; par contre-coup, le bâti du moteur a une tendance à se déplacer en sens inverse du volant, d'autant plus que l'effort sur la manivelle a été lui-même plus grand. L'effort exercé sur l'arbre moteur peut être appelé le *couple utile* ou le *couple moteur*, tandis que celui qui ferait tourner le bâti en sens inverse serait dit le *couple de réaction* ; ils sont toujours égaux entre eux en valeur absolue, mais ils sont essentiellement variables pendant l'accomplissement du cycle.

Le couple moteur est sensiblement nul pendant l'admission et l'échappement, il est positif pendant l'explosion et la détente, et né-

(1) *Etude sur les efforts qui font naître les trépidations dans les voitures automobiles à pétrole* par F. Crozet ; Paris 1897.

gatif pendant la compression : le couple de réaction suit les mêmes phases en sens inverse.

Les trépidations sont dues surtout à ces variations des couples ; la preuve en est dans le fait dûment vérifié que les chocs sont beaucoup plus intenses quand le moteur marche à vide que lorsqu'il est chargé ; et pourtant dans les deux cas, l'inertie des pièces en mouvement est la même.

Représentons schématiquement le moteur par sa bielle AB, et sa manivelle OB (fig. 27).

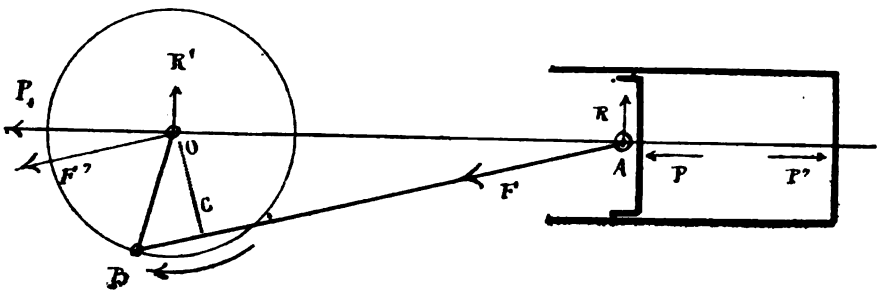


Fig. 27

L'explosion détermine sur le piston une pression P et une pression égale P' sur le fond du cylindre.

Or P se décompose en deux forces F et R, dirigées l'une suivant la bielle et l'autre perpendiculairement à l'axe du cylindre ; ces deux forces peuvent être remplacées par les deux forces égales et parallèles F' et R' appliquées sur O au centre de l'arbre, et par les deux moments

$$F \times OC \text{ et } R \times OA$$

Mais F' et R' donnent une composante P, appliquée en O, égale, parallèle, mais opposée à P'; P' et P s'annulent donc, car P' se transmet par le bâti au point O.

Il reste par conséquent les moments $F \times OC$ et $R \times OA$; ces moments sont à tout instant variables.

Passons maintenant au calcul des efforts d'inertie.

Si M est la masse du piston, J son accélération, l'effort d'inertie π

est égal à MJ ; il s'exerce sur le centre de gravité du piston et peut se remplacer, comme la force P ci-dessous, par deux moments $F, \times OC$ et $R, \times OA$ et par une force π , appliquée en O ; mais cette force n'est point équilibrée, car il n'y a pas de pression opposée équivalente s'exerçant sur le fond du cylindre. Remarquons que $F, \times OC$ agissant sur l'arbre contribue au couple moteur, alors que $R, \times OA$ appartient au couple de réaction ; π , y appartient de même. Les efforts d'inertie du piston donnent donc lieu à un couple moteur d'inertie, à une réaction d'inertie et à une réaction variable π , appliquée en O et dirigée suivant l'axe du cylindre.

La bielle produit aussi des effets d'inertie.

On sait que le centre de gravité de la bielle décrit une ellipse, qui a pour grand axe, l'axe de la machine ; la force d'inertie est dirigée suivant la tangente à cette courbe.

Appelons J_x l'accélération suivant l'axe des x et J_y celle qui s'exerce suivant l'axe des y , le centre de gravité sera sollicité par les forces $M'J_x$ et $M'J_y$, M' étant la masse de la bielle. On peut remplacer ces forces par des forces f et φ appliquées à la crosse du piston et f' et φ' appliquées au bouton de manivelle : φ fait naître une réaction non équilibrée, et elle contribue aux couples moteurs et de réaction.

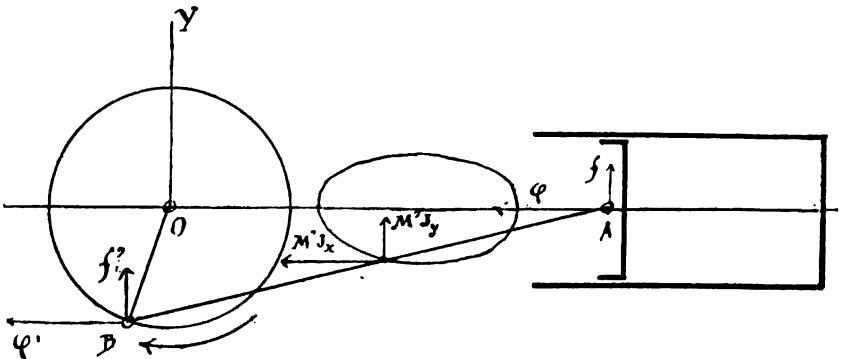


Fig. 23

φ' donne une réaction suivant l'axe et contribue au couple moteur.

f donne une réaction suivant Y et contribue au couple réaction.

f' donne aussi une réaction suivant Y , mais celle-ci contribue au couple moteur.

Bref : la résultante des efforts d'inertie de la bielle se réduit à un couple moteur et à un couple de réaction d'inertie, et à des réactions d'intensité variable appliquées en O suivant les axes X et Y.

Notons que ces effets sont peu considérables.

L'arbre coudé ou la manivelle non équilibrée a également une action sur le bâti du moteur ; elle est due à la force centrifuge. On peut aussi la décomposer en deux autres, dirigées suivant l'axe des X et des Y.

En dernière analyse, les actions résultant des opérations du cycle et de l'inertie des masses en mouvement se réduisent à un couple moteur et à un couple résistant, et à des réactions appliquées au centre O, dirigées suivant l'axe et perpendiculairement à l'axe du moteur.

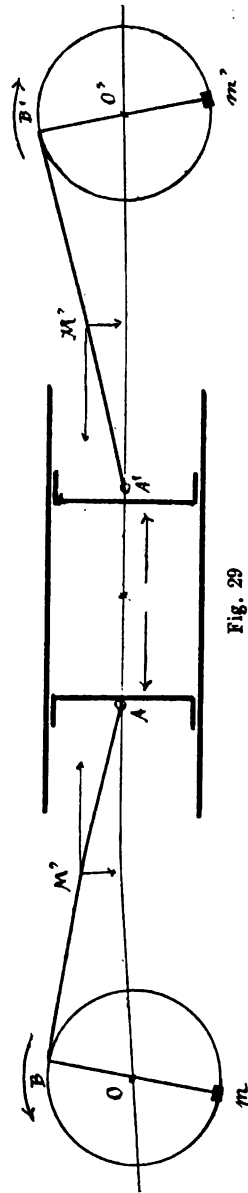
Tous ces efforts sont variables et subissent d'incessantes modifications d'intensité ; M. Crozet en a tracé des courbes, qui sont très intéressantes. Ils tendent à soulever et à déplacer le bâti ; leurs variations produisent les trépidations qui se transmettent aux supports et aux massifs de fondation.

Il propose divers moyens de les éviter.

Pour équilibrer un moteur, il faut équilibrer tous les efforts agissant sur le bâti.

On y arrivera en disposant deux arbres parallèles tournant en sens inverse, actionnés par un ou deux pistons, faisant naître des couples égaux, lesquels devront agir simultanément sur les deux arbres ; il faudra encore que ces arbres soient solidaires, pour que le moteur ne se dérègle pas, que les mouvements d'inertie des volants soient égaux, que les arbres soient montés sur le même bâti, etc.

Deux solutions principales ont été proposées : la première consiste dans l'emploi de



deux pistons, se déplaçant dans un seul cylindre en sens inverse et actionnant deux arbres coulés tournant en sens inverse : ces arbres doivent être rendus solidaires l'un de l'autre pour que les manivelles conservent toujours le même calage. Tous les organes mobiles, pistons, bielles et manivelles (celles-ci équilibrées par des masses m) sont identiques de chaque côté ; la chambre d'explosion est commune.

Il résulte de cette disposition : 1° que les couples de réaction s'équilibrent, étant à tout instant égaux et de sens contraire ; 2° que les réactions d'inertie des pistons s'équilibrent aussi, puisque tout est identique en eux, sauf qu'ils se meuvent toujours en sens inverse l'un de l'autre ; 3° que les réactions d'inertie des manivelles sont équilibrées ; 4° enfin que les réactions d'inertie des bielles $M'J_x$ s'équilibrent comme celles des pistons. Il n'y a que les réactions d'inertie des bielles $M'J_y$, qui ne s'équilibrent pas ; celles-ci s'additionnent au contraire. Mais il est possible de les annuler aussi par une surcharge m' du contrepoids des manivelles.

En effet, l'accélération suivant les Y de cette masse placée en C (fig. 30) est égale et de sens contraire à celle du point A, laquelle est K fois celle du point G où se trouve le centre de gravité de la bielle, de masse M' . Une masse $m' = \frac{M'}{K}$ placée en C produira donc la même réaction sui-

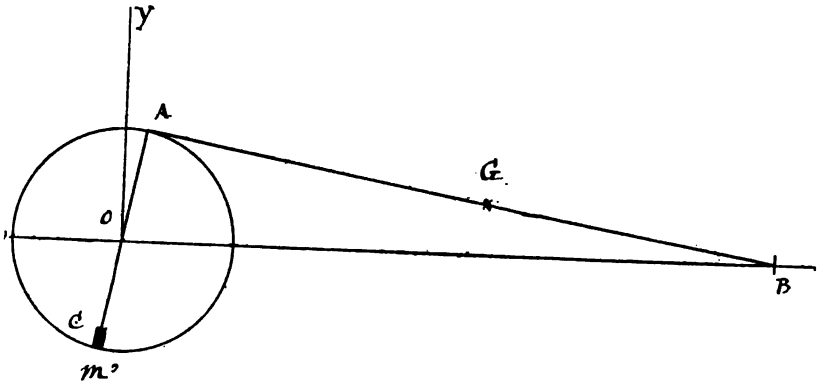


Fig. 30

vant l'axe des Y que la masse M' de la bielle concentrée en G. Donc, pour chaque bielle, une masse m' équilibrera les réactions d'inertie.

Le moteur à deux pistons dans le même cylindre peut donc être mathématiquement équilibré quand les arbres sont solidaires.

Cette conclusion n'est plus exacte, quand le mouvement des deux pistons est transmis à un seul arbre par un jeu de balanciers et de bielles, comme on le fait le plus souvent; mais on pourrait encore réaliser l'équilibre par des contrepoids judicieusement répartis.

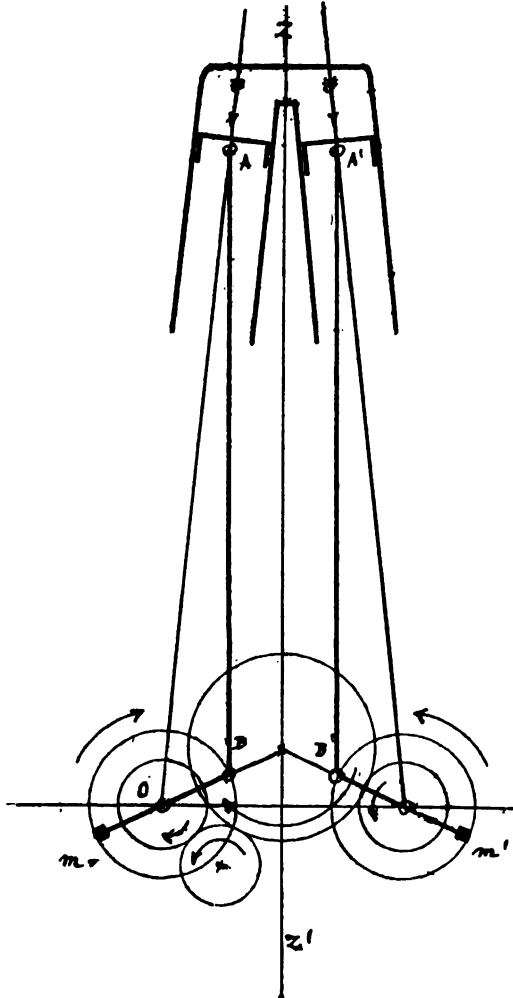


Fig. 31

M. Crozet a réalisé les mêmes conditions d'équilibre en juxtaposant deux cylindres au-dessus de deux arbres moteurs identiques disposés parallèlement et tournant en sens inverse, avec deux volants dont les moments d'inertie ont la même valeur. Les arbres moteurs sont solidarisés par un ensemble de roues dentées et de pignons, l'une des roues pouvant être utilisée pour la distribution. Pour qu'un tel moteur soit mathématiquement équilibré, il n'y a qu'à annuler une force provenant des réactions d'inertie du piston de la bielle, et dirigée suivant zz' (fig. 31) : c'est encore une question de contrepoids.

Théoriquement, l'obliquité des bielles donne pour les vitesses du centre de gravité des pistons et des bielles une loi assez différente de la loi des vitesses du centre de gravité des contrepoids, mais cette différence est négligeable, quand les bielles ne sont pas trop courtes.

Ces études ne conduisent peut-être pas à des conclusions pratiques immédiatement applicables, mais elles élucident une question à laquelle on n'avait pas prêté une attention suffisante jusqu'ici.



CHAPITRE CINQUIÈME

THÉORIE EXPÉRIMENTALE DES MOTEURS A GAZ

J'ai déjà dit (1) que l'établissement d'une théorie expérimentale des moteurs à gaz devait être considéré comme une œuvre difficile et de longue haleine, qui ne peut être l'œuvre ni d'un seul homme, ni même d'une seule école; elle demande à être appuyée sur des expériences précises, répétées dans les conditions les plus différentes, sur des machines de tous les systèmes, avec des gaz divers, par des méthodes appropriées à chaque cas, et avec l'aide d'appareils variés.

Voilà des années que, sous l'impulsion puissante du génie de Hirn, on travaille à la théorie générique de la machine à vapeur; elle est en somme plus simple que celle du moteur à gaz, parce que la complexité des éléments qui interviennent dans le résultat final est beaucoup moins grande et que nous connaissons mieux les propriétés de la vapeur d'eau que celle des gaz tonnants; et pourtant, cette théorie est loin d'être édiflée, de l'aveu des maîtres les plus éminents et les plus compétents.

Il faudra plus longtemps encore pour arriver à des conclusions nettes et précises, en matière de moteurs à gaz.

C'est l'idée que je développais dans une note que j'adressais récemment à l'Institution des Ingénieurs mécaniciens anglais, qui m'avaient fait l'honneur de me communiquer les épreuves du rapport du Comité d'essais des moteurs. Je leur disais que je ne partageais pas entièrement les espérances des savants organisateurs de ces essais: je suis, en effet, instruit par l'expérience. Une méthode analytique, consistant à faire varier tour à tour les diverses conditions du fonc-

(1) Tome II, page 132.

tionnement d'un moteur, compression, vitesse, fréquence et nombre des explosions, température des parois, composition du mélange, etc., fournit certainement des données intéressantes et utiles, mais elle ne permet pas de découvrir les lois générales aboutissant à la marche la plus économique des moteurs, car on est impuissant à dégager des conclusions certaines de cet amas de résultats, quelquefois incohérents et souvent contradictoires. Alors même que, pour un moteur déterminé, ces lois sembleraient découvertes, elles seraient contestables pour un autre type de moteurs; démontrées pour un gaz de composition déterminée, elles pourraient être fausses pour une autre nature de gaz combustible. C'est en cela surtout que le moteur à gaz diffère du moteur à vapeur.

D'après moi, il serait plus rationnel de procéder par voie synthétique; voici ce que j'entends par ces mots. La théorie, ou bien certaines expériences de laboratoire, exécutées dans des conditions déterminées et fort simples, conduisent à formuler des lois; telles sont les lois énoncées par l'éminent maître Dugald Clerk, par MM. Ayrton et Perry, par M. Grover, par M. Salanson ou par moi. Ces lois se vérifient dans certains cas, pour certains moteurs, pour des gaz de nature définie, mais il peut arriver qu'elles soient fausses dans d'autres cas: elles sont fausses alors, parce que d'autres influences interviennent dans le phénomène observé. L'objet des recherches doit être de découvrir quand et pourquoi la loi cesse d'être la loi du phénomène. Le but qu'on se propose est alors limité, le domaine exploré est plus étroit et l'on a plus de chances d'aboutir à quelque chose; le problème présente certes encore d'énormes difficultés, et l'on est pas sûr de trouver une solution en dépit des plus longues et des plus patientes recherches, mais du moins a-t-on l'avantage de bien savoir ce que l'on veut; une solution négative constitue elle-même un progrès.

Les vérifications d'une loi admise comme point de départ ne doivent pas être faites sur un seul moteur, mais sur de nombreux types et sur de nombreux individus, et dans les conditions les plus diverses de la pratique: ce n'est pas le travail d'un seul homme, ni d'un seul comité, ni d'une année, ni même d'une vie entière, mais c'est le travail de tous, patiemment continué pendant un long intervalle de temps, qui pourra conduire à élucider les points douteux de la théorie et de la

pratique, et qui nous fera découvrir les moyens les plus aptes à produire le plus de travail par unité de chaleur disponible dans les moteurs à gaz. Chaque chercheur ne pourra espérer qu'apporter une pierre au grand édifice qui se construit et s'élève par les efforts de tous.

Aussi nous voudrions voir les savants et les comités mieux délimiter leur tâche et borner davantage leurs tentatives. On rendrait, par exemple, un service signalé à la science et à l'industrie en démontrant seulement quel degré de compression il convient d'employer pour un gaz de composition et de pouvoir calorifique donné, mêlé à une quantité d'air déterminée, dans un moteur de dimensions, de puissance, de type choisi, fonctionnant à pleine charge ou à demi-charge. Le problème de la compression posé d'une façon trop large est insoluble; limité à des conditions étroites, il peut, au contraire, être résolu. Les praticiens n'auront qu'à reproduire ces conditions pour pouvoir appliquer la loi établie.

Je serais heureux de convertir à mes idées les vaillants et infatigables chercheurs qui ont pris le moteur à gaz pour l'objet de leurs études.

Je me placerai au point de vue que je viens d'exposer pour analyser les derniers travaux faits sur les moteurs.

Les actions de paroi jouent, en moteurs à gaz, un rôle aussi prépondérant qu'en machines à vapeur; il faut par-dessus tout s'efforcer de réduire leur effet nuisible. Telle est la thèse que je crois avoir amplement démontrée depuis longtemps: elle justifie les fortes compressions dont on use aujourd'hui et les grandes vitesses que tous les constructeurs cherchent à réaliser; l'abaissement général des consommations confirme d'ailleurs réciproquement la thèse.

On m'a objecté que l'on perd généralement à l'échappement ce qu'on a pu gagner dans la course motrice, en disputant à la paroi les calories qu'elle absorbe; en effet, si, dans l'évolution constituant le cycle, les gaz ont moins perdu de calorique, ils se trouvent, par contre, plus chauds au moment de l'échappement et l'on jette malheureusement à l'air les calories que l'on n'a pas laissé couler au ruisseau avec l'eau de circulation. Le bénéfice final serait donc nul. A cet objection, j'ai répondu et je réponds encore qu'évidemment il

en sera ainsi dans tout moteur dans lequel s'opère une combustion lente et prolongée et une détente incomplète. Voilà pourquoi j'ai toujours attaché tant de prix à tous les artifices procurant une combustion rapide et une prolongation de la détente ; le moteur Charon a confirmé mes vues en démontrant, dès 1889, que le rendement est d'autant meilleur que la température du gaz a été abaissée plus bas par la détente. Aussi n'avais-je eu garde d'oublier la détente dans la formule résumant les prescriptions à suivre pour réduire la consommation ; il faut, avais-je dit (1), « compléter les combustions et les détentes, marcher à grande vitesse, à température élevée, et travailler, sans dilution exagérée, avec une forte compression préalable. »

M. Diesel est d'avis, au contraire, de diluer le gaz combustible dans un très grand excès d'air « dont la valeur doit être définie théoriquement dans chaque cas. » Cette dernière partie de la phrase du savant ingénieur nous mettrait facilement d'accord ; en effet, la raison pour laquelle il ne faut pas diluer *avec exagération* est uniquement basée sur la nécessité d'obtenir des combustions rapides et complètes, car, d'autre part, une augmentation dans la proportion du comburant diminue le rapport $\frac{S}{V}$ des surfaces de paroi aux volumes de gaz. Il y a donc un juste milieu à tenir et il dépend évidemment des conditions de marche du moteur. En diluant le combustible dans des gaz chauds retenus dans le cylindre, Otto avait pu pousser cette dilution assez loin sans nuire à la combustion ; dans les moteurs à balayage, au contraire, on se garde avec soin de trop abaisser la richesse du mélange dans le cylindre ou du moins on le comprime plus fort.

Notons d'ailleurs que M. Diesel n'a pas tant dilué qu'on aurait pu s'y attendre d'après sa déclaration de principe : à pleine charge, il admettait 1,26 fois, et à demi-charge 2,16 fois le volume d'air strictement nécessaire. A pleine charge, la température des gaz à l'échappement s'est encore trouvée égale à 404° ; elle n'était que de 260° à demi-charge. Les pertes à l'échappement atteignaient donc 27,3 et 18,3 %.

Les pertes par transmission à l'eau de circulation à travers les parois ont été estimées du reste à 39,0 et 43,3 %.

Ces chiffres, relevés sur un moteur dans lequel on comprime à un

(1) Tome I, page 188, au bas de la page.

si haut point, ne permettent pas d'en faire des arguments décisifs pour les grandes dilutions.

Les lois que j'avais posées, en 1883, avaient été établies sur des expériences de laboratoire, dont le lecteur trouvera l'exposé dans le chapitre IV du tome I ; je l'invite à vouloir bien s'y reporter (1) : une discussion qui fit alors quelque bruit s'éleva entre M. Slaby, de Berlin, et moi. Mon savant contradicteur prétendit que mes lois ne s'appliquaient pas dans les moteurs en marche industrielle. Les arguments qu'il fit valoir à l'appui de sa thèse négative étaient basés sur des essais dans lesquels ces lois ne se vérifiaient évidemment pas ; il fut aisé de lui opposer des moteurs dans lesquels elles se vérifiaient au contraire parfaitement. C'est que les conditions de fonctionnement des moteurs varient considérablement de l'un à l'autre. Mais je suis bien convaincu, par les nombreux témoignages d'assentiment que j'ai reçus, que dans la majorité des cas ces lois sont confirmées par l'expérience.

En voici une nouvelle preuve qui est fournie par une belle étude expérimentale de M. E. Meyer, assistant de M. le professeur Schœttler, à la *Technische Hochschule*, de Hanovre (2).

M. Meyer a opéré sur un moteur Otto, à deux cylindres de 520 millimètres de diamètre, alimenté de gaz pauvre (de coke) donnant 1202 calories par mètre cube, et il a relevé un grand nombre de diagrammes, parmi lesquels se trouvent quelques séries analogues

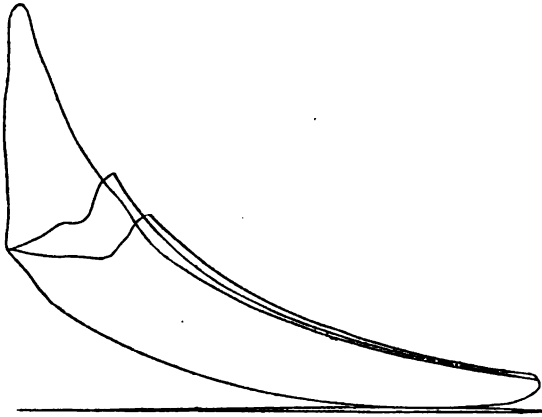


Fig. 32

(1) Cf : tome I, pages 14 et 179 et tome II, page 142.

2) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, tome XXX, 1896.

à la figure 32. Elles constituent toutefois des exceptions, attendu que la majorité des tracés indique une combustion lente et retardée par des courbes surbaissées, alors que les courbes à pointe aiguë sont au contraire assez rares. Or, il est facile de constater, par les tableaux d'expérience de M. Meyer, que l'on a relevé des courbes du dernier genre au moment où le moteur tournait à la plus grande vitesse, et qu'on n'en a pas relevé une seule dans les intervalles où le moteur ralentissait légèrement sa marche. On pourrait dire, fait observer l'auteur de cette intéressante étude, que les diagrammes correspondants à une inflammation rapide sont plus forts, et que par suite il s'est produit aussitôt une rotation plus rapide; mais on peut aussi croire avec une grande vraisemblance que c'est cette accélération du mouvement du moteur qui a occasionné la combustion plus rapide, par le fait même que le mélange du gaz et de l'air subit à l'entrée de plus énergiques remouls (1). Les beaux diagrammes sont donc l'effet de la vitesse et non sa cause; c'est bien ainsi qu'il faut interpréter ce phénomène, dans lequel les remouls interviennent faiblement, mais qui est principalement dû à l'action de paroi. J'ai été heureux d'en trouver une nouvelle preuve dans ce travail d'un ingénieur distingué.

L'effet est d'ailleurs nettement marqué et les différences sont relativement considérables: ainsi pour une même admission et une même richesse de gaz et pour une même compression préalable de 9^k,14, on obtient les résultats suivants :

	PRESSION		
	Maximum	Finale	Moyenne
Combustion lente. . . .	8 ^k ,8 à 13 ^k	8 ^k ,28	8 ^k ,52
— rapide	20 ^k ,3	2 ^k ,90	4 ^k ,25

En combustion rapide, le phénomène est plus régulier et il est accompagné d'un plus grand développement d'énergie; l'écart est de 20,7 % et il serait suffisant pour élever le rendement d'un moteur de 19,3 % (chiffre trouvé par M. Meyer) à 23,8 %.

Observons d'ailleurs encore que la pression finale est inférieure

(1) « Man kann sagen, dass infolge der rascheren Zündung vollere Diagramme erhalten wurden und darum die Umdrehungsgeschwindigkeit zunahm; anderseits kann man sich aber mit viel Wahrscheinlichkeit denken dass durch die grössere Umdrehungsgeschwindigkeit die schnellere Verbrennung herbeigeführt wurde indem das eintretende Gas und Luft gemisch starken Wirbelungen unterworfen wurde. »

dans le diagramme à combustion rapide, haute pression explosive et variation à volume constant que dans celui qui correspond à une combustion progressive, avec explosion à pression presque constante. La perte à l'échappement est donc moindre et, comme la perte par la paroi est elle-même diminuée, il n'est pas étonnant que le rendement soit notablement supérieur.

Une autre intéressante contribution à la théorie expérimentale des moteurs est due à M. Grover, qui a étudié les effets produits sur la force explosive par la teneur des mélanges tonnants en gaz brûlés (1); ces recherches pouvaient mieux que toutes autres résoudre la question si importante et si discutée des avantages résultant du balayage des produits de la combustion dans les chambres d'explosion des cylindres.

M. Grover a effectué une longue série d'expériences au laboratoire du collège de Leeds : son mode opératoire ne diffère pas de celui que j'ai employé dans mes expériences de 1883 sur la combustion des mélanges tonnants. Il a employé un cylindre résistant en fonte ayant 28 litres de capacité ; la charge était allumée par une étincelle d'induction ; les pressions étaient enregistrées par un indicateur Crosby sur un tambour tournant, sur lequel un diapason traçait par sa sinusoïde des repères permettant de mesurer les temps avec précision. J'ai constaté autrefois qu'un tarage convenable de l'indicateur permet de réaliser ainsi une mesure suffisamment précise des pressions développées par l'explosion. Les volumes des gaz constitutifs des mélanges étaient déterminés en remplissant d'abord le cylindre d'eau et en jaugeant le liquide qu'il fallait faire écouler pour aspirer le gaz. On commençait par conserver dans le cylindre le volume de gaz brûlés sur lequel on se proposait d'opérer ; on introduisait ensuite un demi-volume d'air pur, puis le gaz d'éclairage et l'on complétait la charge par une aspiration d'air. Le gaz, fourni par l'usine de Leeds, avait la composition suivante en volume :

Protocarbure d'hydrogène	35,2
Oléfines	4,2
Hydrogène	52,9
Azote	0,1
CO	6,5
CO ² et O	1,1
	<hr/>
	100,0

(1). Frederick Grover, *The effects of the products of combustion upon explosive mixtures of coal gas and air*; dans *The Practical Engineer*, 1895.

Ce gaz exige pour sa combustion complète 5,7 volumes d'air.

On a expérimenté sur des mélanges de 16, 15, 14, 13, 12, 10, 8 et 6 volumes d'air : le premier dosage donnait souvent lieu à des ratés d'explosion.

M. Grover fait connaître d'intéressants et très importants résultats, que nous ne pouvons tous rapporter ici ; nous ne signalerons que les plus intéressants.

Il a démontré péremptoirement que les explosions sont plus rapides lorsque l'excès d'air est remplacé par des gaz brûlés inertes ; cela ressort du diagramme ci-contre dans lequel on a porté en abscisse les temps et en ordonnées les pressions. La courbe la plus surbaissée

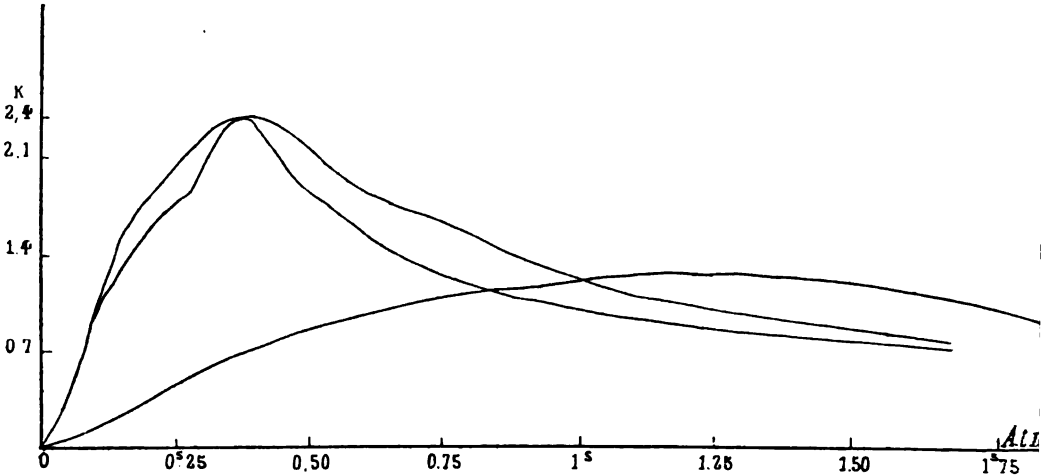


Fig. 33

(fig. 33) est celle d'un mélange fait dans la proportion de 15 pour 1 ; les autres sont des courbes obtenues avec des substitutions à l'air de 18 et de 20 % de gaz brûlés.

Le tableau ci-contre donne en chiffres les résultats relevés avec divers mélanges.

On voit que, pour certains dosages, la substitution des gaz brûlés à l'air excédent provoque d'abord un accroissement de la pression explosive ; toutefois une augmentation graduelle de la teneur en gaz brûlés conduit fatalement, plus ou moins vite, à une diminution de pression.

RAPPORT entre les volumes du gaz et du cylindre	RAPPORT entre les volumes de gaz et d'air	RAPPORT entre les volumes de gaz brûlés et d'air + gaz	PRESSION Maximum	Accroissement
$\frac{1}{15} = 6,6 \%$	$\frac{1}{14} = 7,1 \%$	0	1 ^h ,69	—
»	$\frac{1}{12,5} = 8,0$	$\frac{1}{9} = 11,1$	2,82	0,68
»	$\frac{1}{11} = 9,1$	$\frac{1}{4} = 25$	2,58	0,84
»	$\frac{1}{6,6} = 15,1$	1 = 100	2,82	0,68
»	$\frac{1}{5,2} = 19,2$	—	1,76	0,07
$\frac{1}{13} = 7,7$	$\frac{1}{12} = 8,3$	0	2,58	—
»	$\frac{1}{10,7} = 9,3$	$\frac{1}{9} = 11,1$	2,81	0,28
»	$\frac{1}{9,4} = 10,6$	$\frac{1}{4} = 25$	2,86	0,07
»	$\frac{1}{5,5} = 18,3$	1 = 100	2,25	(- 0,28)
$\frac{1}{11} = 9,1$	$\frac{1}{10} = 10,0$	0	3,37	—
»	$\frac{1}{8,9} = 11,2$	$\frac{1}{9} = 11,1$	3,37	0
»	$\frac{1}{8,3} = 12$	$\frac{1}{5,6} = 17,8$	3,51	0,14
»	$\frac{1}{7,2} = 13,8$	$\frac{1}{3,3} = 30$	3,09	(- 0,28)
$\frac{1}{9} = 11,1$	$\frac{1}{8} = 12,5$	0	4,36	—
»	$\frac{1}{7,1} = 14,2$	$\frac{1}{9} = 11,1$	4,00	(- 0,36)
$\frac{1}{7} = 14,3$	$\frac{1}{6} = 16,6$	0	4,36	—
»	$\frac{1}{5,8} = 17,7$	$\frac{1}{19} = 5,2$	4,15	(- 0,21)

Voici les lois formulées par M. Grover :

1° On obtient les pressions les plus considérables lorsque l'air mélangé dépasse faiblement le volume strictement nécessaire pour la combustion complète.

2° Dans quelques mélanges, on réalise un accroissement notable de pression lorsque les gaz brûlés prennent la place de l'air en excès.

3° Quand le volume des gaz brûlés n'excède pas 58% du volume du mélange, celui-ci reste encore explosif, pourvu que le volume d'air ne soit pas inférieur à 5,5 fois le volume du gaz.

4° En remplaçant l'air excédent par des gaz brûlés, on réduit la durée de l'explosion.

L'auteur ne conclut pas autrement ; il semble qu'il n'a pas osé condamner les procédés de balayage et qu'il ait voulu laisser au lecteur le soin de le faire. Nous craindrions de tirer une déduction aussi catégorique d'un travail qui a besoin d'être confirmé par de nouvelles expériences.

Sur les conseils de M. Bunte, professeur à l'Institut technique de Carlsruhe, MM. Haber et Weber ont entrepris d'intéressantes études sur la combustion incomplète qui peut se présenter dans les moteurs : ils ont pris comme sujet d'expérience un moteur Otto des ateliers de Deutz, de 4 chevaux, dont ils ont analysé avec soin les produits d'échappement. Une première série d'essais effectuée sur un moteur à soupape leur a donné les résultats ci-dessous :

	Travail électrique	Température de la paroi	Degré de combustion incomplète
Robinet de gaz entièrement ouvert.	1200 watts	66°	0,42 %
—	»	60	0,53
Robinet de gaz à demi fermé . .	590	53	4,39
—	545	64	3,38

Dans le premier essai, il se trouvait 8,4 % d'acide carbonique, 8,6 dans le second, 5,05 dans le troisième ; le dernier essai donna 4,3 d'acide carbonique et 12,5 d'oxygène. Les gaz combustibles étaient de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone, de l'acétylène (en quantité

très minime) et des carbures. On a dosé dans une expérience 0,139 % d'hydrogène, 0,161 d'oxyde de carbone et 0,155 de méthane.

Ces essais ont prouvé à l'évidence que les gaz de la décharge ne renferment que des traces de gaz combustibles, quand un moteur fonctionne à pleine charge, et qu'il s'en perd, au contraire, des proportions appréciables lorsque le travail est réduit. Dans ce cas, la perte de chaleur peut atteindre 4 % et il y a lieu de la prendre en considération.

Les auteurs de ce beau travail attribuent ces combustions incomplètes à la dilution extrême des gaz combustibles, constituant un mélange amené à la limite d'explosibilité. Si le mélange était bien uniforme, et si les veines gazeuses étaient énergiquement brassées, l'effet serait sans doute moins marqué, car toutes les molécules combustibles rencontreraient des molécules comburantes, si toutefois l'air était admis en proportion suffisante. L'action de paroi interviendrait aussi, quoique moins vivement; il est évident, en effet, qu'une partie des composants combustibles échappera à la combustion, si ceux-ci sont refroidis au-dessous de leur température de combustion par le contact d'un métal relativement froid. Ce fait a été mis en lumière par l'analyse des gaz déchargés après une ou plusieurs suppressions d'explosion dans le cylindre, surtout dans les moteurs Otto à tiroir; l'explosion qui suit les courses dans lesquelles le mélange n'a pas subi la mise de feu est plus faible que dans les précédentes, et le diagramme montre que la pression maximum s'établit avec un retard bien visible sur le tracé.

J'avais déjà déduit de semblables considérations de mes premières études sur la combustion des mélanges tonnants (1); je suis heureux de les voir confirmer par l'analyse chimique des gaz de l'échappement.

Ce qui précède nous amène à parler de l'influence d'un parfait mélange des gaz dans les moteurs. Les premiers inventeurs, et notamment M. Lenoir, avaient déjà pressenti l'importance d'une complète diffusion du combustible dans le comburant et ils avaient fait de grands efforts pour réaliser la chose au moyen de soupapes spéciales de diffusion et de mélange. Mais les derniers travaux de MM. Denay-

(1) Voir tome I, page 159.

rouse et Bandsept ont mis plus vivement en lumière l'avantage qu'il y a à opérer un brassage parfait des gaz à leur admission au cylindre.

M. Bandsept avait exposé ses idées en 1893, dans un intéressant travail sur la production et l'utilisation rationnelles de la chaleur des gaz ; d'après lui, pour se rapprocher des limites théoriques de la combustion parfaite, il faut faire subir au mélange de gaz et d'air trois actions : des chocs superficiels par volumes, des frottements multiples par jet et un laminage moléculaire. Ces mots, que nous empruntons à M. Bandsept, ne sont peut-être pas très clairs, mais l'éminent ingénieur savait bien ce qu'il voulait dire, et il l'a prouvé en établissant des brûleurs qui ont encore accru la luminosité des manchons Auer et lui ont permis de réaliser des économies inattendues. Il disait aussi que le mélange intime des éléments et leur dosage exact produiraient mieux leur effet, si l'on faisait ce mélange au préalable, avant de l'introduire dans l'appareil destiné à effectuer sa combustion : on devait réussir ainsi à déterminer la plus grande somme de réactions élémentaires en un espace et en un temps donné. C'était donc le moyen de développer la plus haute température de combustion, attendu que les effets du refroidissement externe ne se feraient plus sentir d'une manière appréciable. Je trouve enfin dans ce mémoire l'axiome suivant, que l'on ne saurait assez méditer : « La combustion est plutôt une question d'air que de gaz ».

Ces idées devaient trouver leur application dans les moteurs aussi bien que dans les appareils d'éclairage.

Pénétré de l'importance d'une parfaite diffusion des éléments combustibles au sein des charges d'air comburant, M. Pétréano s'est efforcé, dès 1896, de la réaliser dans les moteurs en même temps qu'il cherchait à chauffer l'air avant son admission au cylindre. Il est évident qu'en opérant un malaxage intime du combustible et du comburant et en élevant la température de ce dernier, on arrive à rendre explosif un mélange qui ne le serait pas dans les conditions ordinaires du fonctionnement des moteurs ; l'explosion d'un mélange déterminé est rendue ainsi plus soudaine et par suite la pression explosive augmente ; enfin, dans un moteur donné, on évite ces combustions lentes et prolongées, qui sont quelquefois encore inachevées au moment où les gaz brûlés sont rejetés à l'atmosphère par la sou-

pape de décharge. L'expérience a justifié ces déductions de la théorie. En effet, en faisant passer l'air et le gaz à travers un réchauffeur, qui brasse le mélange en même temps qu'il l'échauffe, M. Pétréano a obtenu des diagrammes d'une forme toute différente, plus aigus que ceux qu'on relève habituellement, dans lesquels la pression explosive se développe presque instantanément, et monte à un niveau beaucoup plus élevé, ainsi qu'on le voit sur la courbe supérieure de la figure 34; le diagramme inférieur est le diagramme obtenu dans le même moteur dans les conditions de marche ordinaire. La combustion est alors effectuée entièrement au début du cycle et l'on ne voit plus, en démontant le tuyau d'échappement, l'inflammation se prolonger jusqu'au sortir du cylindre, comme on le constate souvent dans les meilleurs moteurs. Par voie de conséquence, il passe moins de ca-

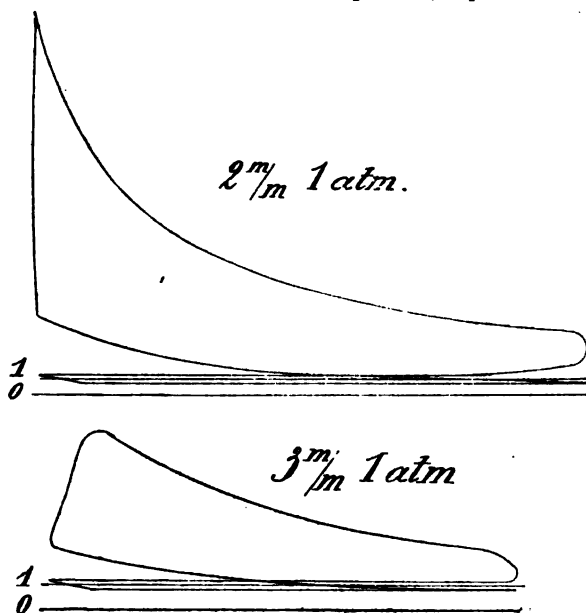


Fig. 34

lorique à travers la paroi, conformément aux principes que j'ai posés dans ma théorie des moteurs à gaz tonnant, et l'on pourrait presque supprimer le courant d'eau de réfrigération dans l'enveloppe du cylindre, même dans une machine de cinq chevaux. Tous les diagrammes relevés à la suite dans un essai sont dès lors identiques et

superposables et l'on n'observe plus de ratés : le travail augmente donc et M. Pétréano affirme avoir obtenu vingt-quatre chevaux par un moteur Otto qui en développait d'abord difficilement seize. Les encrassements du cylindre disparaissent, par suite de ces combustions plus rapides et plus complètes. Enfin, le rendement du moteur est amélioré, et l'on gagne de 50 à 150 litres sur la consommation de gaz par cheval-heure; aussi nous cite-t-on une expérience faite sur ce moteur Otto de 16 chevaux dont nous venons de parler, dans lequel le cheval-heure effectif aurait été obtenu par 450 litres. Bref : il y a bénéfice à tous égards. Ces expériences, qui ont été faites à Berlin, devront être répétées sur d'autres moteurs, afin qu'on puisse les contrôler avec soin et en varier la forme de manière à en dégager tous les enseignements qu'elles comportent.

La formation du mélange tonnant dans l'enveloppe peut d'ailleurs faire naître dans certains esprits des inquiétudes qu'il faudra dissiper.

Les mêmes idées fécondes, appliquées à la carburation de l'air par l'alcool, ont conduit M. Pétréano à des résultats non moins décisifs; alors que les procédés habituels aboutissaient à un insuccès, le carburateur de cet ingénieux inventeur a permis, au contraire, d'obtenir des rendements remarquables qui permettent d'espérer que l'alcool sera appliqué un jour à la production de la force motrice. La carburation par la benzine et les essences s'est de même effectuée dans de meilleures conditions. En somme, une voie nouvelle semble ouverte à l'initiative des inventeurs et nous estimons qu'ils peuvent s'y engager avec profit.

Le Comité des moteurs à gaz institué par la Compagnie des ingénieurs mécaniciens anglais (*Gas Engine Research Committee*) a publié, sous la signature du professeur Burstall, son premier compte rendu (1) : les recherches n'en sont encore qu'à leur début et pourtant les résultats obtenus présentent déjà un grand intérêt.

L'objet des travaux du comité était peut-être trop large, puisqu'on se proposait de déterminer l'effet économique produit sur un moteur en modifiant toutes les diverses conditions de son fonctionnement,

(1) « First Report to the Gas Engine Research Committee; description of apparatus and methods and preliminary results », by professor Frederic Burstall.

compression préalable du mélange, vitesse du piston, fréquence des explosions, température des parois, teneur du mélange en air et gaz, etc. On a pris comme sujet d'expérience un moteur à quatre temps de la maison Fielding et Platt, ayant 152,5 millimètres de diamètre et 0^m,305 de course, pouvant aisément développer quatre chevaux; sa régulation était opérée par admission du tout ou rien: le régulateur était disposé de façon à pouvoir réduire à volonté la vitesse de 205 à 120 révolutions. En faisant varier la longueur de la bielle, on pouvait obtenir des compressions comprises entre 2^t,46 et 6^t,33 par centimètre carré. Plutôt que d'employer un compteur pour mesurer le gaz dépensé, on a préféré recourir à un gazomètre jaugé, qui avait l'avantage de débiter le gaz sous une pression constante; mais le compteur a paru applicable à la mesure de l'air admis. Un appareil électrique assez compliqué était adapté au moteur en vue de recueillir les gaz de la décharge au moment même de l'ouverture de la soupape d'échappement, sans qu'il y ait possibilité de rentrée d'air. Le travail était relevé par un indicateur Wayne, à piston rotatif, fourni par la maison Elliott; les diagrammes d'une même série d'essais différaient si peu qu'on pouvait fort aisément construire un diagramme moyen, qui servait de base à la discussion des résultats obtenus.

L'allumage était effectué à l'aide d'un tube à incandescence en fer, pourvu d'une soupape (*timing valve*), analogue à celle de Crossley, mue électriquement.

La composition du gaz a déjà été indiquée à la page 24 pour les deux échantillons employés.

Le pouvoir calorifique de ces échantillons était de 10.430 et 9.874 calories par kilogramme de gaz; ils exigeaient pour combustion complète 5,61 ou 5,47 volumes d'air.

Dix-sept séries d'essais, poursuivis avec une rigueur et une méthode parfaite, ont donné les résultats mentionnés à la page suivante.

Ce tableau présente un très grand intérêt et il comporte peut-être de graves enseignements; mais je crains qu'on éprouve de grandes difficultés à dégager des conclusions certaines de cet amas de chiffres. Le comité a commenté de la manière suivante les résultats qu'il a obtenus. Il faut écarter d'abord l'essai n°15, qui est le premier par ordre de mérite, parce qu'il correspond exceptionnellement à une pleine charge de plus de 5 chevaux. Les meilleurs résultats à

NUMÉRO D'ORDRE	VITESSE EN TOURS	COMPRESSION	PRESSION MAXIMUM	EXPLOSIONS sur 100	VOLUME D'AIR par litre de gaz	TEMPÉRATURE du cylindre	COMPOSITION de la décharge		TRAVAIL INDICQUE	CONSUMMATION par cheval-heure indiqu	RENDEMENT thermique	NUMÉRO DE MÉRITE
							CO ₂	O				
1	118	3,65	8 ^k ,29	89	9,1	60,0	6,0	10,0	1,72	984	12,6	16
2	161	4,86	14,88	50	8,0	62,7	7,6	6,4	2,65	724	16,2	6
3	158,3	4,50	12,02	58	8,35	64,7	7,2	7,4	2,69	738	15,5	8
4	164,3	4,50	14,27	52	7,13	63,5	8,0	5,2	2,79	770	15,4	9
5	204,4	4,57	11,74	67	8,35	64,5	7,2	7,6	3,79	761	15,6	7
6	204,2	4,57	7,38	88	8,48	60,8	7,2	7,6	3,41	908	13,4	15
7	156,2	5,06	12,02	64	9,48	62,7	6,0	9,6	2,87	659	18,0	2
8	158,2	5,20	16,66	53	7,18	66,0	8,2	5,6	2,44	842	14,4	12
9	157,7	5,34	16,17	55	7,08	65,0	8,2	5,8	2,61	784	15,24	10
10	155,5	5,62	11,32	69	10,10	71,3	5,2	10,8	2,61	681	17,65	4
11	154,2	5,88	14,27	69	8,75	56,5	6,5	7,0	2,50	751	16,40	5
12	154,9	5,88	20,11	61	5,28	75,6	9,3	0,4	2,52	998	11,7	17
13	117,6	6,05	12,58	75	10,40	60,0	6,2	9,4	1,84	798	15,0	11
14	117,7	7,17	14,76	78	9,25	60,8	5,4	10,6	1,60	880	13,6	13
15	197,2	7,24	14,13	92	8,60	62,0	6,8	8,6	5,10	576	21,0	1
16	157,5	7,38	19,54	70	7,18	59,0	7,4	6,6	2,48	857	13,4	14
17	148,9	7,38	9,49	85	10,80	67,0	3,6	11,6	2,56	678	18,0	3

demi-charge, sont ceux qui portent les numéros d'ordre 7 et 17; ils correspondent à 9,48 et 10,80 volumes d'air, alors qu'il n'en fallait théoriquement que 5,5; mais 17 est caractérisé par une forte compression alors qu'au contraire 7 n'a qu'une faible compression. Le comité pense que l'influence des fortes compressions ne s'exerce heureusement sur le rendement que pour des compositions déterminées du mélange; ainsi il fait remarquer que les essais 4, 8, 9 et 16, pour lesquels la teneur en air est identique, font ressortir un désavantage pour 16, dans lequel cependant la compression est la plus forte. Comparant aussi 1 et 14, dans lesquels la compression varie dans le rapport de 1 à 2, il constate que la forte compression du dernier essai n'a pas suffi pour améliorer le rendement. Il conclut dans les termes suivants : « Nos essais semblent prouver que l'économie dépend d'un choix judicieux dans la composition du mélange en air et gaz, la teneur en air augmentant avec la compression. Mais ces expériences ne sont pas assez nombreuses en ce moment pour nous permettre de déterminer la teneur qui convient pour une compression donnée » (1).

Cette conclusion justifie l'observation que nous faisons sur ces expériences, qui ont le défaut d'embrasser un sujet trop vaste et trop étendu; les auteurs des expériences renoncent eux-mêmes à poser une conclusion nette. Espérons que la suite de leurs travaux aboutira à des conclusions plus nettes.

Cette observation n'implique du reste aucune critique relative à ces recherches que nous admirons et qui sont vraiment remarquables.

Il reste peu de doutes aujourd'hui sur les avantages des fortes compressions préalables; tous les constructeurs les pratiquent d'ailleurs et parviennent ainsi à réduire de plus en plus les consommations.

Cet effet heureux de la compression ressort bien de la comparaison ci-dessous établie par M. Dugald Clerk entre des essais faits par lui à onze ans de distance sur des moteurs Crossley qui ne diffèrent guère entre eux que par le degré de compression préalable. Ce

(1) « The tests seem to indicate that economy depends on the choice of the correct ratio of air to gas, and that this ratio increases with the compression. The number of experiments is not yet sufficient to determine what this ratio is for any given compression. »

tableau permet d'ailleurs de juger des progrès réalisés par les grands constructeurs anglais en un si court intervalle de temps.

Diamètre du cylindre	203 ^m / _m	241,2 ^m / _m
Course du piston	0 ^m ,4064	0 ^m ,4572
Volume d'une cylindrée	13 lit. 17	20 lit. 90
Volume de la chambre de compression	8 lit. 45	8 lit. 35
Pression de compression	2 ^k ,179	3 ^k ,374
Pression explosive	8 ^k ,858	14 ^k ,060
Pression moyenne	4 ^k ,007	5 ^k ,729
Révolutions par minute	164	160
Travail indiqué	9 HP	19,25 HP
Travail effectif	6,75	15,75
Gaz consommé par H P indiqué	722 lit.	600 lit.
— — effectif	963 lit.	733 lit.
Rendement organique	0,75	0,82

Le perfectionnement réalisé par l'augmentation de la compression ressort mieux encore des comparaisons suivantes faites par M. Atkinson.

	Moteur Otto de 1882	Moteur Crossley de 1888	Moteur Crossley à balayage de 1894
Diamètre du cylindre	229 ^m / _m	241	291
Course du piston	0 ^m ,406	0,457	0,533
Tours par minute	154	160,7	173,6
Pression moyenne	5 ^k ,04	4 ^k ,79	6 ^k ,94
Consommation par HP indiqué	549 lit.	562	410
— — effectif	793	676	466
Compression	2 ^k ,8	4 ^k ,29	5 ^k ,55
Pression explosive	11 ^k ,95	14 ^k ,34	19 ^k ,68

Les trois diagrammes de la figure 35 sont caractéristiques de l'évolution dont nous venons de relever les résultats.

La pression explosive croit visiblement avec la compression préalable, et la forme du diagramme se modifie. La pointe aiguë du troisième diagramme témoigne d'une combustion plus rapide; la consommation par cheval-heure est par le fait descendue à 466 litres.

La série des diagrammes de la figure 36 est fort suggestive aussi: j'emprunte ces courbes à un intéressant travail de M. Cuinat, basé sur des recherches de M. Allaire (1).

(1) « Résultats d'essais faits sur un moteur à gaz par H. Cuinat, » *Bulletin Technologique*, de la Société des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers, 1894.

Ces diagrammes ont été pris sur un moteur Charon, à deux cylindres de 350 millimètres de diamètre, 0^m,600 de course, faisant 150 tours par minute ; ils correspondent aux données suivantes :

	Pression moyenne	Travail indiqué	Rendement organique	Consommation de gaz
	kilogr.	chevaux		litres
A	1,575	31,1	0,53	1072
B	2,200	43,2	0,69	638
C	2,540	49,5	0,81	538
D	2,820	54,7	0,87	497
E	3,010	58,3	0,91	479

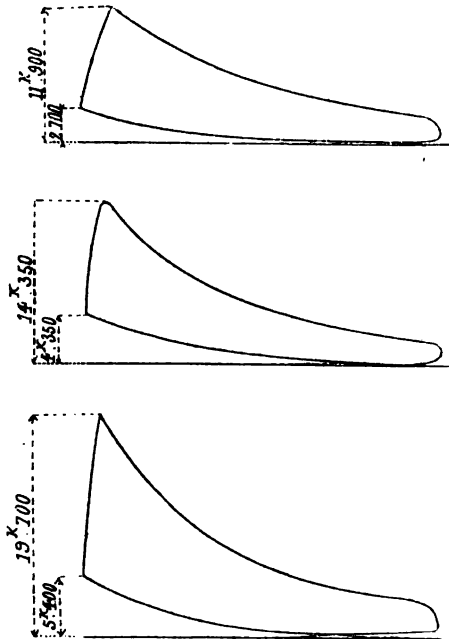
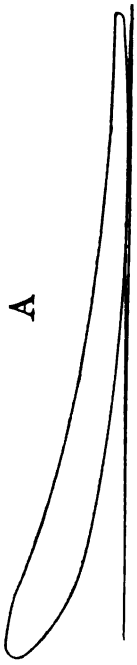
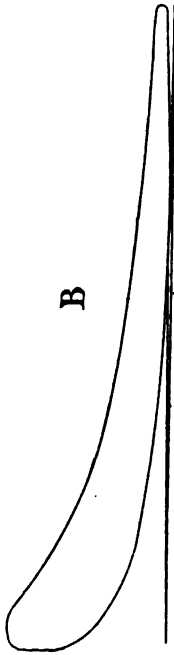


Fig. 35

Le rendement augmente avec la compression et la consommation baisse ; l'allure des diagrammes change en même temps et caractérise la nature des combustions qui ont lieu dans ces diverses conditions.



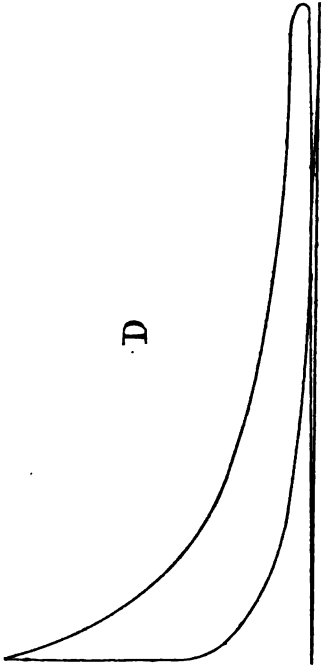
A



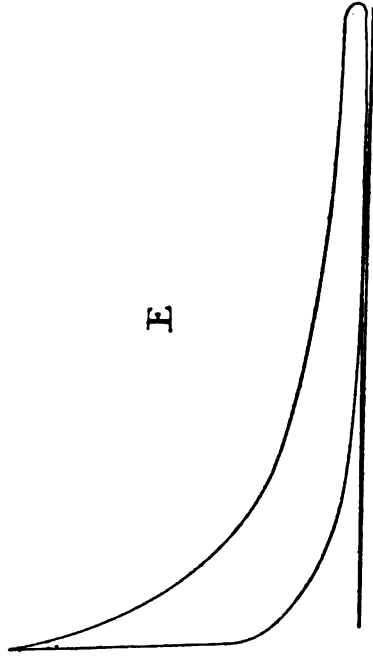
B



C



D



E

Fig. 86

On ne saurait trouver une démonstration plus complète des résultats des fortes compressions et des combustions vives qui en résultent (1).

M. E. Meyer, professeur à l'École Industrielle (Technische Hochschule) de Hanovre, a poursuivi une série d'essais en vue de déterminer l'influence de la grandeur des moteurs sur leur fonctionnement et leur rendement (2) : ces recherches intéressent vivement la théorie expérimentale que nous exposons dans ce chapitre. Malheureusement, M. E. Meyer a opéré sur des moteurs à pétrole; il eut été préférable de prendre comme sujets d'expérience des moteurs à gaz; les résultats que nous allons synthétiser ci-dessous présentent néanmoins une grande importance.

Voici d'abord les données de construction relatives aux deux machines mises en parallèle.

	12 HP	2 HP
Diamètre du cylindre	270 ^m / _m	140
Course du piston	0 ^m ,370	0 ^m ,210
Volume engendré par course	21,19 litres	3,23
Volume de la chambre de compression	12,32 »	1,98
Vitesse de régime	175 révolutions	280

Le pouvoir calorifique du pétrole employé était de 10.200 calories par kilogramme, vapeur d'eau non condensée: ce chiffre a servi de base à l'établissement du rendement thermique.

Le tableau synoptique ci-après présente les résultats dans l'ordre d'une admission de pétrole décroissante. Les essais ont duré en moyenne de 15 à 20 minutes, ce qui est trop court pour réaliser un régime normal de marche et atteindre cet état que les allemands appellent *beharrungszustand*. La pression explosive oscillait dans le grand moteur entre 11,0 et 13,3 kilogrammes, entre 10,6 et 13,6 dans le petit; la valeur moyenne est la même dans les deux machines. Les pressions à la fin de la détente étaient égales à 3,65 kilogrammes dans le gros cylindre, à 3,50 kilogrammes dans le petit. L'eau de réfrigération était admise à 12°,5.

(1) Si la consommation d'un moteur *chargé* diminue quand la compression augmente, il faut reconnaître que l'effet contraire peut avoir lieu pour un moteur à vide: ce résultat compense quelquefois les avantages que l'on attend de la compression dans le cas d'une marche moyenne à faible charge. C'est un argument en faveur des machines à compression et détente variable par le régulateur.

(2) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, tome XL, 11996 (tiré à part.)

NUMERO D'ORDRE	VITESSE EN TOURS	EXPLOSIONS par minute	CONSUMATION d'huile par explosion	PRESSION MOYENNE kil.	CONSUMATION relative rapportée aux volumes	TRAVAIL INDIQUE chevaux	TRAVAIL EFFECTIF chevaux	CONSUMATION par cheval-heure effectif kil.	TEMPERATURE de la paroi au-dessus de 50°	DUREE de l'inflammation en secondes	CHALEUR POUR CENT		
											Transformée en travail	Emportée par l'eau	Emportée par le gaz
Moteur de 12 chevaux	1	79,5	1,206	4,94	56,9	17,76	14,58	0,894	40°9	0,081	19,1	87,3	48,6
	2	176,3	1,174	4,73	55,4	17,45	14,49	0,898	38,7	0,088	18,7	84,0	47,3
	6	177,2	1,155	4,67	54,5	16,82	14,57	0,881	44,7	0,082	18,7	85,6	45,7
	5	177,4	1,144	4,65	54,0	16,98	14,59	0,881	44,8	0,082	18,8	86,4	44,8
	3	176,1	1,127	4,69	53,2	17,61	14,48	0,890	38,8	0,084	19,3	84,0	46,7
	8	177,0	1,115	4,77	52,6	17,62	14,56	0,877	41,4	0,080	19,9	85,6	44,5
	4	177,0	1,096	4,63	51,7	17,21	14,56	0,878	43,5	0,082	19,6	85,4	45,0
	7	177,3	1,059	4,54	50,0	16,35	13,56	0,876	43,5	0,085	19,9	85,0	45,1
	9	176,6	80,8	1,062	4,86	49,7	15,79	13,46	0,879	39,4	0,087	19,2	85,0	45,8
Moteur de 2 chevaux	13	231,8	0,252	4,84	77,9	8,71	2,92	0,576	45,3	0,016	18,6	87,0	49,4
	10	231,9	0,235	4,88	72,7	8,65	2,92	0,524	43,1	0,017	14,8	89,8	45,4
	11	231,9	0,210	4,82	65,0	3,70	2,92	0,481	43,5	0,021	16,4	46,2	37,7
	12	231,6	0,194	4,81	60,0	3,68	2,81	0,456	42,3	0,027	17,5	48,3	39,2

M. Meyer fait observer que, dans les essais 11 et 12, il s'est produit vraisemblablement une plus forte condensation d'huile contre les parois, qui a échappé à la combustion.

Ces chiffres provoquent de curieuses et utiles observations.

Et d'abord, nous voyons que la perte due aux parois est certainement moindre dans le grand moteur que dans le petit; elle passe de 35 % à 46. Les essais 10 et 13 sont moins caractéristiques que les deux derniers, mais il est fort probable que le pétrole injecté n'a pas été complètement brûlé.

Le travail indiqué représente, dans le premier cas, 19,6 % de la chaleur disponible, et seulement 17,5 % dans le second cas : la réduction de l'action de paroi n'aboutit, par suite, qu'à 2 % de bénéfice, la perte par l'échappement devenue plus grande étant venue compenser l'avantage obtenu. C'est du moins l'avis de M. Meyer; pour le justifier, il est obligé de sacrifier les essais 13 et 10. Je ne partage pas sa manière de voir à cet égard : à mon avis, il faut faire une moyenne entre les essais 10, 11, 12 et 13, et alors apparaît manifestement le bénéfice réalisé par la réduction de l'action de paroi. Je ne pousse pas cette opinion à l'extrême et je reconnais que, dans une certaine mesure, les pertes à l'échappement peuvent augmenter sensiblement dans les cylindres de fort diamètre; mais l'action de paroi ne doit pas être méconnue. J'ai démontré ses effets il y a bientôt quinze ans et aucun argument sérieux n'a été produit depuis lors contre mes conclusions : je les maintiens.

La durée d'inflammation est prolongée dans le gros cylindre; et pourtant, dit M. Meyer, la vitesse du piston est, dans ce cas, de 2^m,16 au lieu de 1^m,6. Cette constatation ne confirme pas la loi que j'avais formulée et vérifiée dans des cas nombreux : ce démenti de l'expérience ne nous trouble pas, car, en moteurs à gaz plus qu'en autre chose, il n'est pas de loi sans exception; c'est en observant et en analysant ces exceptions qu'on arrivera à mieux connaître les lois exactes de ces phénomènes si complexes.

Les concours de moteurs à pétrole ont fourni à la théorie expérimentale d'importantes contributions.

Signalons entre autres l'intéressant bilan établi par M. Ringelmann à la suite du concours de Meaux.

Bilan du fonctionnement des Moteurs à Pétrole au Concours de Meaux
D'APRÈS M. RINGELMANN.

MOTEURS	CHALEUR		
	Transformée en travail effectif	Emportée par l'eau de réfrigération	Perdue de toute autre manière
Hornsby	11,9 %	29,0 %	59,1 %
Niel (mi-fixe)	15,1	30,1	54,8
Winterthur	14,1	28,4	57,5
Grob (mi-fixe)	19,5	30,0	50,5
Griffin	15,2	40,2	44,6
Merlin	16,2	24,2	59,6

Les rendements de ce tableau sont ceux qui correspondent à un travail moyen de 4 chevaux, mais ils ont été largement dépassés, quand on faisait développer aux moteurs le maximum de travail. Les chiffres ci-dessous en témoignent.

	Rendement maximum
Moteurs Niel	20,5
— Grob	22,1
— Merlin	17,8

Les beaux essais du concours de Meaux ont aussi permis à M. Ringelmann de déterminer les volumes d'air employés pour brûler 1 kilogramme de pétrole ; on les calculait d'après le nombre d'explosions, le volume d'une cylindrée et le pétrole consommé. Théoriquement, le pétrole russe employé (densité = 0,823, pouvoir calorifique = 11.040 calories par kilogramme) exigeait 15,117 kilogrammes ou 11.691 litres d'air à 0° et 760 millimètres. Or, voici les quantités d'air comburant réellement introduites dans le cycle.

MOTEURS	TRAVAIL effectif en chevaux	RENDEMENT °/o	VOLUME D'AIR réellement admis par kilogramme de pétrole	DIFFÉRENCE sur le volume théorique
Hornsby.	0	—	32.954 litres	+ 21.268
	3,86	11,9	37.364	+ 25.673
Niel	0	—	13.093	+ 1.402
	6,23	20,5	14.446	+ 2.755
Grob	0	—	4.612	— 7.079
	5,21	15,4	9.554	— 2.137
Winterthur	0	—	41.359	+ 29.668
	7,84	22,1	16.344	+ 4.653
	0	—	9.065	— 2.626
Griffin	4,11	17,7	12.069	+ 378
	7,38	14,4	8.504	— 3.187

Ces relevés présentent un grand intérêt. En effet, nous pouvons reconnaître ainsi l'influence d'un excès ou d'un défaut d'air. Le premier cas est celui du moteur Hornsby, qui appelle trois fois plus d'air qu'il ne lui en faut et donne un assez mauvais rendement thermique. Le moteur Grob, en donnant son maximum de travail était strictement rationné, et c'est dans ces conditions que son rendement a monté à 22,1 %, le chiffre le plus élevé qu'on ait constaté à Meaux; observation analogue pour le moteur Griffin, lorsqu'il faisait 4,11 chevaux. Mais quel sera l'effet d'un manque d'air? Nous allons le voir sur le moteur Winterthur, qui manquait d'air; or, il a malgré cela rendu 15,4 %; ce dernier résultat est étrange. Il est contredit par ce que nous observons pour le Griffin, qui rendait 17,7 avec +378 litres et ne donne plus que 14,4 avec — 3187, alors pourtant que l'augmentation du travail eût dû améliorer ce rendement. En somme, nous croyons devoir conclure de ce qui précède, qu'il y a plutôt avantage à ne pas trop exagérer le dosage de l'air, sauf peut-être pour les marches à vide; un défaut d'air est généralement aussi nuisible; le mieux est de s'en tenir à un léger excès de comburant.

Au concours de Berlin, MM. Hartmann et Schœttler ont fait aussi une analyse très délicate du fonctionnement des moteurs à pétrole:

Bilan du fonctionnement des Moteurs à pétrole au Concours de Berlin.

MOTEURS	PÉTROLE CONSOMMÉ		CHALEUR disponible en calories	CHALEUR EMPLOYÉE EN TRAVAIL					
	TRAVAIL effectif	par cheval-heure		par heure	Absolu	d'explosion	de détente	Indiqué	Effectif	de frottement
Daimler . . .	3,25	gr. 609	21.850	—	—	calories 4.100	calories 2.100	calories 2.060	—
Otto . . .	4,0	575	25.000	8.680	7.350	4.290	2.560	2.540	—
Dürkopp. . .	4,46	585	28.100	—	—	4.060	2.520	2.880	—
	8,50	456	41.800	20.300	17.400	9.920	6.270	5.420	860
Hille . . .	8,12	450	15.200	5.600	4.750	2.950	1.940	2.000	—
Swiderski . .	10,00	518	48.600	20.000	18.100	10.150	7.240	5.020	2.210
Altmann. . .	12,1	423	62.500	37.800	32.600	18.700	11.920	7.750	3.500

ayant mesuré avec soin la quantité de pétrole consommée par heure, ils ont calculé la quantité de chaleur disponible et ils en ont détaillé l'emploi. Prenons pour exemple le moteur Altmann : 33.200 calories correspondaient au pétrole dépensé. On en retrouvait 23.300, soit 70,3 % dans le travail total indiqué relevé par le diagramme. Le travail d'explosion correspondait à 56,6 %, et le travail d'expansion seulement à 35,2 ; 13,7 % sont employés à comprimer le mélange, et 15,3 à refouler la pression atmosphérique dans les diverses phases du cycle (1); ce dernier travail se retranche du travail d'expansion pour former le travail indiqué. Ce travail représente donc 19,55 % de la chaleur disponible; le travail effectif en représente 15,70 %. Les frottements absorbent 3,7 %. Nous donnons ci-contre quelques séries de chiffres publiées dans le remarquable travail des ingénieurs allemands.

(1) C'est ce que MM. Hartmann et Schottler appellent *Stauungs-arbeit*.

CHAPITRE SIXIÈME

ESSAIS DES MOTEURS

I

Disposition des essais

L'essai d'un moteur, qu'il soit dirigé en vue d'apporter une contribution nouvelle à la théorie expérimentale, ou bien qu'il ait simplement pour objet de contrôler la marche et les dépenses d'une machine, pour en faire la réception, constitue une opération délicate et souvent difficile : elle nécessite des déterminations calorimétriques, des mesures de température, de vitesse, de consommation de gaz, d'eau et d'huile, des relevés de diagrammes, des opérations avec frein, etc., sur lesquelles nous avons déjà fourni de nombreuses indications. Toutefois, les appareils se modifient et les méthodes se perfectionnent constamment. Nous avons donc à compléter ce qui a déjà été dit (1); c'est ce que nous ferons dans ce chapitre, avant de donner les résultats des essais exécutés au cours de ces dernières années.

J'ai déjà décrit dans les volumes précédents ma bombe eudiométrique, destinée à mesurer avec une grande rigueur la puissance calorifique des gaz combustibles : il est inutile de revenir sur cette description. Toutefois, je pourrai faire observer que la précision des mesures peut être augmentée sensiblement en renforçant les parois de la bombe, de manière à permettre l'emploi de l'oxygène comme comburant à la place de l'air; la facilité avec laquelle on se procure aujourd'hui de l'oxygène pur en tube me permet de dire que cette modification de mon procédé n'entraîne aucune complication réelle.

(1) Cf ; tome I, page 194 et tome II, page 145.

Il suffit, dans ce cas, de prendre deux volumes d'oxygène pour un de gaz de ville et un volume d'oxygène pour quatre de gaz pauvre : dans ces conditions, la combustion sera certainement complète, mais la pression explosive sera considérable, et il conviendra de se servir d'une bombe très solide et de veiller avec soin sur sa fermeture hermétique et résistante, sinon l'expérience pourrait présenter quelque danger.

J'ai déjà signalé aussi les appareils à combustion continue, sous pression constante, imaginés d'abord par Hartley et perfectionnés par M. Hugo Junkers : ce dernier instrument est construit aujourd'hui en France

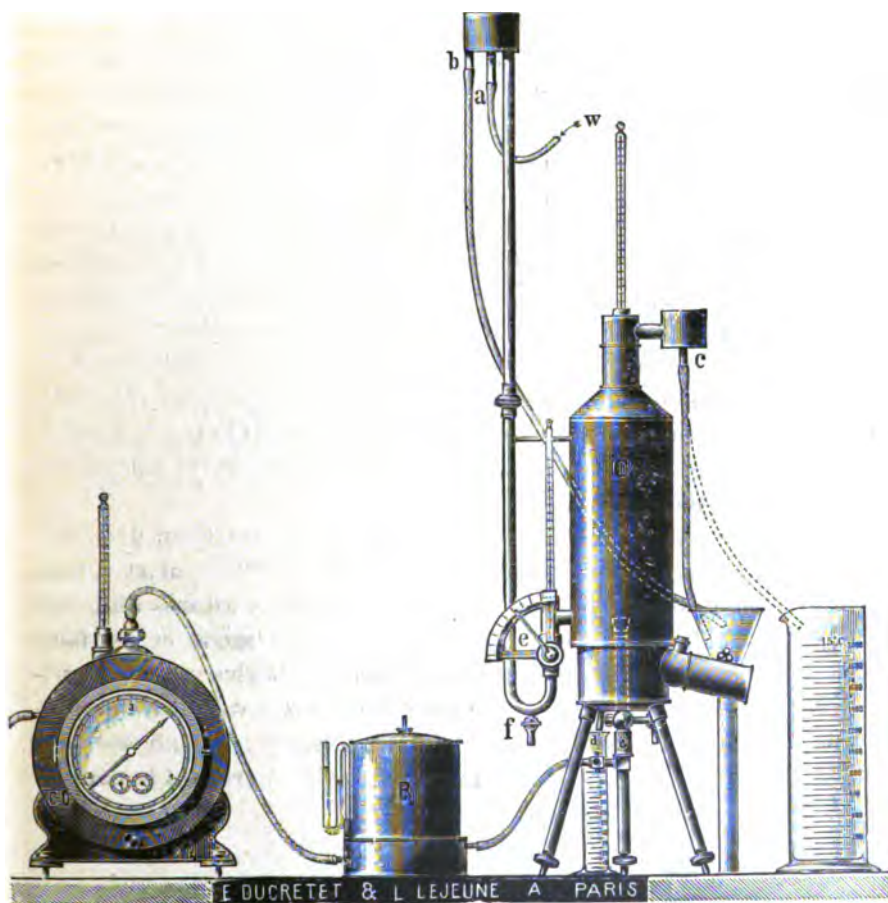


Fig. 37. — Calorimètre Junkers.

par MM. Ducretet et Lejeune, à l'obligeance desquels nous devons la figure ci-contre.

L'appareil est représenté en expérience.

Le calorimètre C se compose essentiellement d'une enceinte tubulaire, à enveloppes concentriques, de dimensions suffisantes pour qu'une belle flamme puisse y brûler sans être refroidie par le contact des parois froides. Les gaz brûlés transmettent leur calorique à l'eau qui circule dans les tubes du calorimètre et ils s'échappent à la température même de cette eau. Il importe de veiller à ce que l'appel d'air soit suffisant pour assurer une combustion complète. Des chicanes produisent un mélange parfait des veines d'eau : le débit de cette eau est très régulier, grâce à un dispositif particulier qui maintient constante la charge sur l'orifice d'écoulement. Le liquide entre par *fe* et s'échappe par *c* ; deux thermomètres donnent ses températures *t* et *t'* à l'entrée et à la sortie. Le gaz traverse le compteur d'expérience, dont un thermomètre marque aussi la température.

Pour faire une observation, il faut d'abord régler les débits d'eau et de gaz, s'assurer que la charge reste constante, qu'il n'y a pas de perte de chaleur, et, en un mot, que l'opération ne nécessite aucune correction : on lit alors les index du compteur, on relève les températures, puis on commence l'essai en manœuvrant le robinet à deux voies. Il faut déterminer le volume du gaz écoulé, le poids d'eau débité et les températures initiale et finale de l'essai : le pouvoir se déduit de ces données par une formule dont les paramètres ont été établis par le constructeur.

On mesure le poids d'eau qui a passé en la recueillant dans une éprouvette graduée : une petite éprouvette *d* recueille l'eau provenant de la condensation de la vapeur ; cette observation est très utile, car elle permet d'apprécier la richesse du gaz en hydrogène et de faire intervenir dans le calcul du pouvoir calorifique la chaleur de vaporisation de l'eau. Toutefois c'est le pouvoir du gaz, à vapeur d'eau condensée qui est celui dont on doit tenir compte dans l'établissement des bilans des moteurs : on se leurre à plaisir en prenant le pouvoir à vapeur d'eau non condensée.

L'appareil Junkers peut être appliqué aisément à la mesure du pouvoir calorifique des pétroles.

Nous compléterons donc cette description du procédé en donnant

les chiffres relevés dans un essai de pétrole ; nous les empruntons au mémoire de M. Schœttler, publié à la suite de ses remarquables expériences sur le moteur Diesel.

Poids du pétrole brûlé dans le calorimètre	15 gr.
Poids d'eau de circulation	9.600 gr.
Eau condensée	21
Température de l'air extérieur	19°,6
Température des gaz à la sortie du calorimètre	17°,5
Température de l'eau de circulation	{ à l'entrée 9°,584 à la sortie 26°,758
Élévation de température . . . . .		17°,174
Pouvoir calorifique en calories	10.991,36
Chaleur latente de l'eau condensée	866,60
Différence ou pouvoir calorifique inférieur	10.124,76

Ce pouvoir, dit inférieur, est intéressant à connaître, mais on se tromperait et on risquerait de tromper le public en prenant cette valeur pour base des calculs de rendement des moteurs. C'est le pouvoir complet qui mesure la quantité de chaleur disponible introduite dans le cycle.

L'augmentation constante des pressions de compression et des pressions explosives qui en résultent exige l'emploi d'indicateurs spécialement construits pour résister à ces pressions, quand on opère sur des moteurs à gaz. L'appareil Crosby s'y prête fort bien à tous égards. Le ressort à double spirale et à rotule employé peut subir sans déformation et sans détérioration les chocs résultant de la déflagration brutale d'un mélange tonnant sous le piston ; les flexions restent proportionnelles à l'effort développé ; de plus le guidage parfait de la tige creuse du piston dans la longue douille du couvercle assure la régularité du tracé. Faisons observer enfin que le parallélogramme et ses accessoires sont réduits au minimum de poids. Bref, l'indicateur Crosby convient très bien aux relevés de diagrammes sur moteurs à gaz.

La construction et la vérification des ressorts présentait une réelle difficulté pour ces pressions considérables ; M. Crosby les a évitées en réduisant la section du piston de son indicateur, de telle sorte que des ressorts ordinaires donnant une flexion de 5 millimètres par kilogramme, par exemple, ne fléchissent plus que de 2,5 millimètres avec un piston de section moitié moindre.

Un dernier avantage de l'indicateur Crosby réside dans la substitution dans le tambour enregistreur d'un ressort en hélice au ressort en spirale habituellement employé. On obtient ainsi une tension plus constante du cordon qui transmet le mouvement au tambour et le relevé des diagrammes sur les moteurs à grande vitesse se trouve singulièrement facilité.

Le seul défaut de cet appareil (est-il rien sans défauts), est de donner des diagrammes réduits en ordonnée et en abscisse; mais on le corrige aisément en augmentant les dimensions de l'instrument, et la remarquable précision du tracé rachète ce léger inconvénient, qui ne nous empêchera pas de classer cet indicateur parmi les meilleurs.

L'indicateur Tabor, que nous avons déjà décrit (1), et qui convient bien aux relevés de diagrammes sur les moteurs à gaz, présente un mécanisme nouveau de commande du tambour, inventé par M. Hough-taling. Une roue à denture hélicoïdale, fixée à la base de ce tambour, engrène avec une vis sans fin à plusieurs filets, sur l'arbre de laquelle est montée folle l'une des poulies d'un jeu de rechange. On en choisit une dont la circonférence corresponde environ au quart de la course de la machine à essayer; une course du piston fera donc faire quatre tours à la poulie. Or, le palier de l'arbre à vis sans fin fait corps avec une boîte renfermant un petit ressort à spirale; celui-ci est bandé dans la course d'aller, mais, dans la course de retour, il fait tourner la poulie en sens inverse et il rappelle la corde.

Le grand avantage de cet ingénieux dispositif est de supprimer l'emploi des poulies de réduction, qui sont quelquefois assez difficiles à installer sur les petits moteurs et qui tolèrent mal les très grandes vitesses de 400 tours pratiquées aujourd'hui. Il présente de plus un autre avantage, qui est de permettre d'arrêter le mouvement du tambour et d'en renouveler par suite le papier sans avoir à décrocher la corde, ni à arrêter les machines dans lesquelles ce décrochage est souvent impossible; en effet, un embrayage monté sur le bout de l'arbre de la vis réalise, par la simple manœuvre d'un bouton moleté, l'indépendance de la poulie et de son axe, qui porte la vis. On suspend le mouvement du tambour en tournant le bouton et en tirant à

(1) Cf : Tome II, page 146.

soi la bague qui porte la broche de connexion ; la poulie continue alors de tourner, mais le tambour reste immobile. Il suffit d'une main pour cette manœuvre.

L'indicateur de M. Lefebvre, de Paris, présente aussi quelques perfectionnements heureux, qui le signalent à notre attention et qui le recommandent pour les moteurs à gaz. Et d'abord, le ressort de flexion est enfermé dans un cylindre étanche, intermédiaire entre le corps du piston et le guide du crayon ; il est ainsi préservé du contact de la vapeur d'eau et des produits de la combustion, qui sont acides, et oxydent rapidement l'acier, si l'on ne prend pas un grand soin des ressorts. La tige du piston est reliée au guide Evan, portant le crayon, de façon à ce qu'on puisse aisément rectifier sa position, en agissant sur trois petites vis qui se trouvent sur le bouton. Le guide Evan est maintenu en place par une vis de rappel, fixée dans une tête isolante, grâce à laquelle on ne se brûle pas les doigts. Enfin l'écrou à pas différentiel ordinairement employé pour relier l'indicateur à son robinet est remplacé par un simple écrou de raccord, à large tête isolante.

L'indicateur Wayne rompt avec les traditions que Watt nous avait léguées relativement aux meilleures dispositions à adopter pour relever les diagrammes les plus corrects sur une machine ; jusqu'ici le papier recevait un mouvement circulaire, fonction des déplacements rectilignes du piston moteur de la machine à étudier, et le crayon du parallélogramme amplificateur avait un mouvement rectiligne, suivant l'axe du cylindre dynamométrique. M. Wayne a interverti les rôles ; dans son appareil, la vapeur ou le gaz agit sur un piston rotatif qui fait corps avec le porte-crayon et le papier est tendu sur un châssis qui se meut en ligne droite dans une coulisse ; ce ressort ne travaille donc plus à l'extension et à la compression, mais à la torsion.

Le cylindre d'indicateur est coulé avec deux butées intérieures diamétralement opposées, de part et d'autre desquelles se trouvent deux orifices d'admission et un autre orifice pour l'écoulement de la vapeur condensée. Les canaux qui desservent ces deux orifices convergent dans le conduit unique venant du cylindre moteur. En raison du doublement de l'admission, la vapeur agit également, mais en sens inverse, sur chacune des ailettes du piston, de façon à constituer un couple de rotation. Le ressort est à double enroulement, de manière

à offrir au mouvement alternatif de rotation du piston une égale résistance à la torsion dans les deux sens. Il faut observer d'ailleurs qu'il est à l'air libre, et qu'il s'échauffe par conséquent moins que les ressorts des indicateurs ordinaires.

Le traceur est fixé sur la tige même du piston ; le stylet est engagé dans un tube conique, et il subit la poussée d'un petit ressort.

Le papier est porté par un chariot coulissant dans une glissière à queues d'hironde, ménagées dans une console fixée au support même de l'indicateur.

Le mouvement alternatif de ce chariot peut être réalisé simplement au moyen de deux cordes reliant ses extrémités à la crosse du piston de la machine en expérience et s'enroulant en sens inverse autour d'un tambour fixé à ce chariot. Mais on peut aussi se contenter d'employer un seul cordon, qu'on nouerait à la droite du chariot, et qui passerait sur un tambour lui permettant de venir à l'appareil suivant une direction quelconque. Le rappel de ce tambour est obtenu par une bande d'acier enroulée en sens contraire de la corde et fixée sur lui.

L'appareil Wayne convient spécialement aux moteurs à grande vitesse : il permet de relever des diagrammes excellents à l'allure de 500 tours.

Il est construit par la maison Elliott, de Londres.

Le *Gas-Engine Research Committee* a donné à cet instrument la préférence sur tout autre pour ses remarquables essais sur les moteurs. Le professeur Burstall a augmenté la précision des tracés en remplaçant la feuille de papier par une lamelle de mica recouverte de noir de fumée ; le stylet trace donc sa courbe en blanc sur fond noir ; on fixe ensuite au vernis à la gomme laque.

Un accessoire facile à adapter permet de relever des diagrammes par éléments successifs, à la façon de M. Marcel Deprez ; ce procédé convient surtout aux expériences ayant pour objet l'étude calorimétrique des moteurs.

La manière dont les indicateurs sont installés sur les cylindres contribue grandement à l'exactitude et à la correction des diagrammes relevés. Le professeur Goss, de Saint-Louis (Etats-Unis d'Amérique), a publié sur ce sujet d'intéressantes observations, que M. Mallet a résumées dans la chronique du *Bulletin de la Société des Ingénieurs*

civils de France. Il importe d'abord que la communication de l'indicateur avec le cylindre soit courte et directe, si l'on veut que le diagramme marque rigoureusement les pressions développées et leurs variations. L'effet de l'interposition d'un long tuyau retarde sensiblement le mouvement du crayon, et ce retard est d'autant plus marqué que la vitesse du piston est plus grande et l'explosion plus vive. Par contre, une longue conduite fait inscrire des pressions plus élevées dans la période de détente; aussi l'aire d'un diagramme relevé est-elle indiquée plus grande qu'elle ne devrait être par les appareils montés sur un tuyau de quelque longueur et l'on relève un travail trop fort.

Mon expérience personnelle, basée sur les très nombreux diagrammes que j'ai relevés, me conduit à affirmer que l'étanchéité du piston d'indicateur constitue un élément non moins important pour la correction des déterminations effectuées par cet appareil, si utile, mais dont il est si facile d'abuser. Avec un indicateur médiocrement étanche et une conduite trop développée, les diagrammes sont faussés au delà de ce que l'on peut se figurer et les ingénieurs ne sauraient trop être mis en garde contre cette grave cause d'erreur.

Le tarage des ressorts par la suspension de poids marqués, agissant directement sur la tige du piston de l'indicateur, est souvent fort incorrect, surtout quand il s'applique à un appareil dont le piston ou le cylindre sont usés. J'ai déjà insisté sur ce point dans les volumes précédents, mais je me crois obligé de renouveler ici cette importante observation. Dans tous mes essais, j'ai toujours employé des indicateurs tarés sur un réservoir à air comprimé ou sur une conduite de vapeur, dont la pression était donnée par un manomètre à air libre, ou par un manomètre métallique convenablement gradué par comparaison avec un manomètre à air libre. J'évite ainsi toute erreur provenant des fuites du piston, dont ce procédé est indépendant, et je n'ai pas à m'occuper du diamètre de ce piston.

L'action de la température est faible sur les indications des appareils; la quantité dont la flexion augmente par degré ne dépasse, en effet, pas 0,000492 par degré d'augmentation de température, ainsi que l'ont démontré des essais faits par la Société alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Le tarage à chaud n'a donc pas une grande utilité.

Quand on relève des diagrammes sur de grands moteurs, la longueur des cordons occasionne des vibrations et des étirages de la ficelle, dont il faut se méfier; on se trouvera bien dans ce cas d'employer des fils de laiton bien recuits, donc fort souples, mais inextensibles, et de les soutenir en leur milieu, soit par une roulette, soit simplement par un petit coulisseau. Quelquefois on pourra recourir à des tringles rigides de connexion.

On emploie souvent pour relever des diagrammes sur les moteurs, des balanciers de réduction, qui donnent des tracés incorrects, parce que les abscisses correspondantes aux déplacements du tambour ne sont pas proportionnelles aux chemins parcourus par le piston; quand la réduction est faible, et c'est le cas des petits moteurs, l'erreur commise est négligeable; mais elle est plus importante pour les moteurs à longue course. M. Meyer a indiqué un moyen de corriger

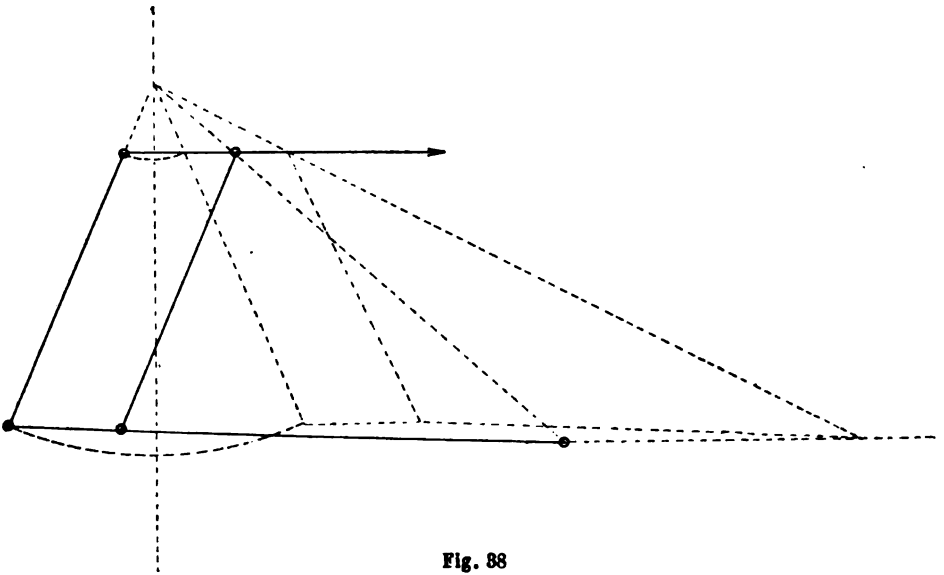


Fig. 88

ce procédé (1). Il emploie un balancier mobile autour d'un point supérieur et portant un parallélogramme articulé; le cordon de l'indicateur est attaché à l'extrémité supérieure du parallélogramme et le levier de connexion avec le piston s'articule à l'extrémité inférieure. Ce

(1) *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 28 décembre 1895.

point reste alors sur la ligne droite qui réunit le point de suspension au point d'attache du cordon mobile avec le piston. On peut donc abrégér sans inconvénient la longueur de la corde de l'indicateur.

Il est possible de réaliser fort élégamment un réducteur de course en montant sur le bout de l'arbre un petit excentrique dont la ligne des centres concorde rigoureusement avec l'axe de la manivelle du vilebrequin de l'arbre moteur.

M. Bryan Donkin préconise, pour l'étude approfondie des cycles, l'emploi de diagrammes dont les abscisses sont proportionnelles aux temps, au lieu d'être proportionnelles aux courses du piston ; il appelle les premiers *time-base diagrams* et il réserve aux seconds le nom de *Watt diagrams*. Au lieu de donner au cylindre enregistreur un mouvement varié et alternatif, en le reliant par un cordon à la tête du piston, on lui imprime un mouvement uniforme et continu par un mécanisme d'horlogerie approprié : c'est une certaine complication, mais elle procure le moyen d'étudier avec plus de précision et d'analyser avec une grande rigueur la phase la plus intéressante du cycle,

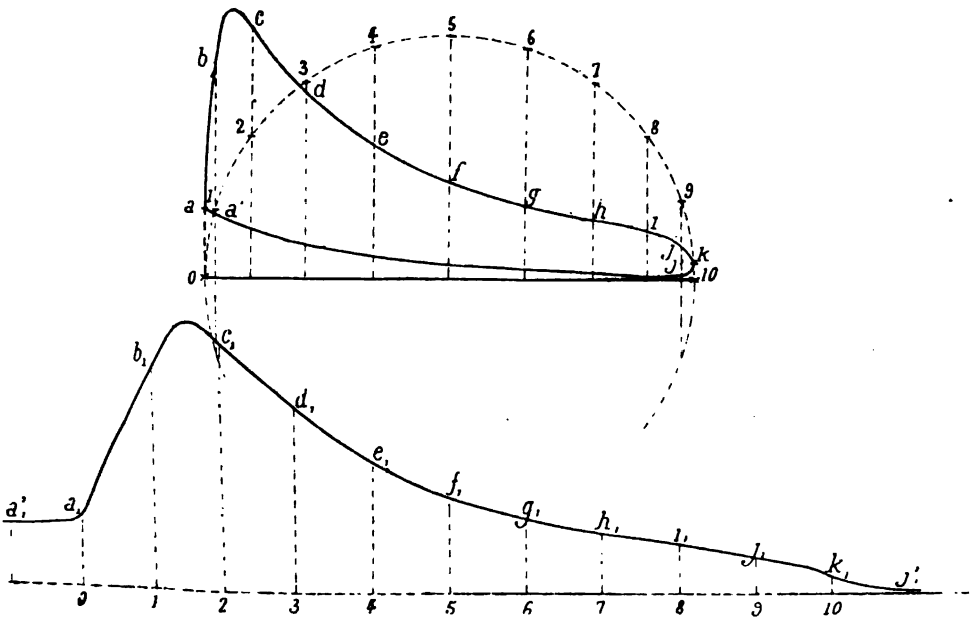


Fig. 39

qui correspond à la déflagration du mélange tonnant derrière le piston. Dans le diagramme ordinaire de Watt, c'est à ce moment que le mouvement de l'enregistreur est le plus lent ; la courbe tracée alors par le crayon est donc plus courte et moins précise et les détails du phénomène échappent à l'observateur. Sur le diagramme des temps (time-base) cette phase occupe au contraire plus d'espace, ainsi qu'on le voit sur la figure 39, dans laquelle nous comparons les diagrammes relevés sur un même moteur par les deux procédés. Les lettres correspondantes a et a' , b et b' , etc. permettent de se rendre compte de la différence des deux tracés et constituent des repères sur chacun d'eux.

Il convient d'observer que le diagramme des temps ne se prête pas directement à la mesure du travail indiqué : on ne saurait donc employer le planimètre d'Amsler pour déterminer sa pression moyenne, mais on peut recourir alors au procédé de Simpson, de Poncelet, de Parmentier ou bien de Tchébitchef, en ayant soin de ne pas tracer des ordonnées équidistantes, mais correspondantes à des déplacements égaux du piston.

En relevant une série de diagrammes sur une bande continue, lors de la mise en route d'un moteur, on peut suivre les modifications apportées dans l'explosion par la paroi métallique froide d'abord et progressivement échauffée : cette différence est à peine appréciable sur le diagramme de Watt. On peut aussi constater l'influence d'une suppression d'explosion.

Dans les remarquables essais faits par le professeur Schröter sur le moteur Diesel, le savant expérimentateur a constaté que l'échelle du ressort d'indicateur diminuait au fur et à mesure que la pression augmentait ; il en résulte qu'on aurait commis une erreur en prenant pour un ressort déterminé une valeur moyenne. Voici comment M. Schröter a tourné cette difficulté.

Appelons F la surface du piston moteur, p la pression en kilogrammes par unité de surface, m l'échelle du diagramme en un point quelconque de ce diagramme, y l'ordonnée correspondante à une abscisse x ; on aura pour le travail \mathcal{E} .

$$\mathcal{E} = \int p \, dv = \int p \, F \, dx = F \int \frac{y}{m} \, dx.$$

Or, désignons par m_1, m_2, m_3 , etc. les échelles trouvées expérimentalement pour 1, 2, 3, etc. kilogrammes de pression, et décomposons le diagramme par des lignes horizontales menées à 1, 2, 3, etc. kilogrammes de pression (fig. 40); nous aurons, pour les diverses sections Δf ,

$$\begin{aligned} \mathcal{C} &= F \left[\frac{1}{m_1} \int_{x_1}^{x_2} y \, dx + \frac{1}{m_2} \int_{x_2}^{x_3} y \, dx + \dots \right] \\ &= F \left[\frac{\Delta f_1}{m_1} + \frac{\Delta f_2}{m_2} + \dots \right] = F \Sigma \left(\frac{\Delta f}{m} \right) \end{aligned}$$

Mais, désignons par le symbole m_0 , l'échelle moyenne à accepter.

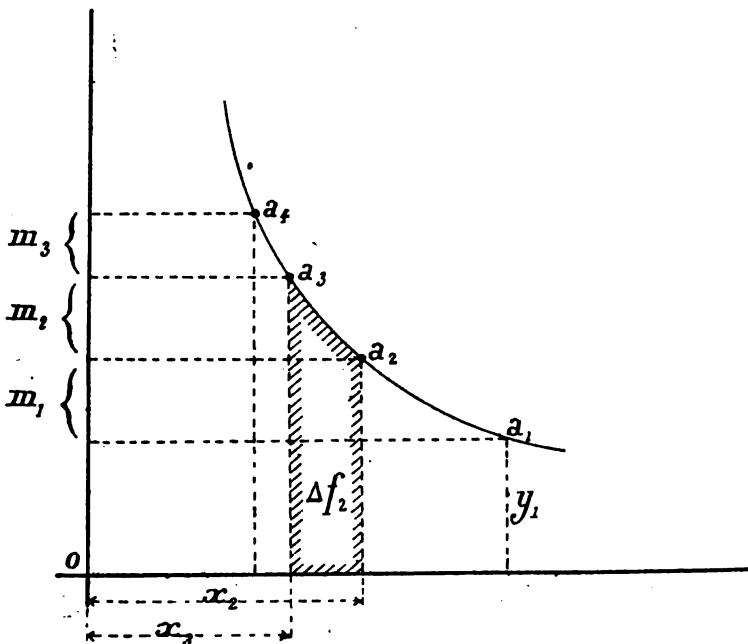


Fig. 40

Pour l'ensemble du diagramme, nous aurons :

$$\mathcal{C} = F \Sigma \frac{(\Delta f)}{m_0}$$

d'où

$$m_0 = \frac{\Sigma (\Delta f)}{\Sigma \left(\frac{\Delta f}{m} \right)}$$

M. Schröeter s'est contenté de faire ce calcul pour le diagramme dont la surface se rapprochait le plus de la moyenne arithmétique des surfaces de tous les diagrammes relevés. Il a en outre procédé séparément pour les périodes de détente et de compression et il a déterminé les moyennes m_0 pour ces différentes phases.

Le ressort employé donnait les diverses valeurs ci-dessous

$m_1 = 4,30$	$m_5 = 3,90$
$m_2 = 4,29$	$m_6 = 3,96$
$m_3 = 4,13$	$m_7 = 3,85$
$m_4 = 4,06$	

L'échelle moyenne m_0 de détente calculée sur ces données a été égale à 4,06 et celle de compression à 4,14 (1).

Il est difficile d'innover beaucoup dans les modes d'application du frein ; signalons toutefois les dispositifs spéciaux adoptés par quelques ingénieurs.

M. Bourdon, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures, fixe, d'une part, la corde de frein $abcd$ (fig. 41) à un dynamomètre B, attaché au plafond par un moufle, et il charge son autre extrémité par les poids du plateau P. Pour augmenter la stabilité du frein, un deuxième dynamomètre A est placé entre le point e de la corde et le sol. Le

(1) On est fréquemment embarrassé, quand on lit des ouvrages anglais, par l'emploi des unités britanniques, que nos voisins d'outre-Manche s'entêtent à conserver, pour le plus grand ennui des ingénieurs du continent. Nous croyons utile de résumer ici les éléments qui permettent de transposer les données anglaises dans notre système d'unités métriques.

L'unité britannique de chaleur (*British thermal Unit*, B. T. U., équivalent à 0,252 calories.

Une calorie vaut 3,968 B. T. U.

L'équivalent mécanique de la chaleur est de 778 pieds livres par B. T. U.

Un pouce carré est égal à 6,45 centimètres carrés. Une livre vaut 453,5 grammes.

Une atmosphère équivalent à une pression de 14,69 livres par pouce carré ; un kilogramme de pression correspond à 14,23 livres par pouce carré

Un pied cube est égal à 28,315 litres.

Un mètre cube vaut 35,32 pieds cubes.

L'échelle d'un diagramme dite au $\frac{1}{80}$ correspond à une ordonnée de 1 pouce pour une pression de 80 livres par pouce carré ; cela veut dire que le kilogramme par centimètre carré est marqué par une ordonnée de 4,51 millimètres. On peut dire encore que 10 millimètres indiquent 2^h,21 par centimètre carré. Nous devons ces explications à notre savant ami M. Bryan Donkin

moteur étant arrivé à son régime normal de marche, on obtient l'équilibre du frein en donnant à la charge P la valeur qu'il faut; mais, pour les calculs, il est nécessaire d'ajouter à P le poids π de la corde

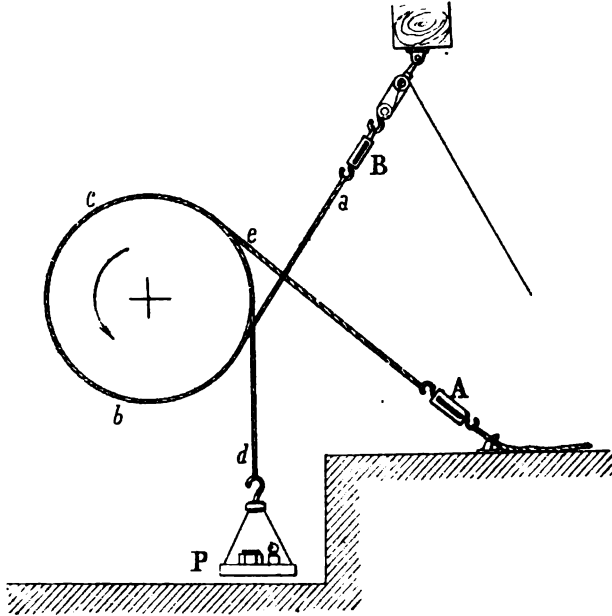


Fig. 41

pendante ed augmenté de la tension a du dynamomètre A. D'autre part, on devra retrancher la tension b du dynamomètre B, diminuée de la tension initiale π' exercée sur B par le poids de la corde. Ainsi, dans un essai fait sur un moteur Simplex de 60 chevaux, le frein était formé de quatre cordes de 28 millimètres de diamètre, enroulées sur une poulie de 1^m,705 de diamètre, faisant 138 tours par minute : on a relevé dans cette épreuve les chiffres suivants :

$$\begin{array}{rcl}
 P. & & = 372 \text{ kilogrammes.} \\
 \pi = 4 & \left\{ \begin{array}{l} \pi + a = 38 \\ b - \pi' = 37 \end{array} \right. & \text{—} \\
 a = 34 & & \\
 b = 46 & & \\
 \pi' = 9 & &
 \end{array}$$

Charge totale = 372 + 38 - 37 = 373 kilogrammes.

Ce procédé a le défaut d'imposer l'observation quelquefois fort pénible et toujours assez inexacte de deux dynamomètres, dont l'aiguille n'est pas au repos ; on achète donc la stabilité au prix d'une complication réelle de l'opération. La méthode prête d'ailleurs à la critique par l'emploi d'appareils à ressorts gradués dont l'exactitude peut être contestée.

M. Ringelmann s'est proposé de supprimer tout ressort et de constituer un frein automatique ; en conséquence, il a modifié les appareils à corde de la manière suivante (1) :

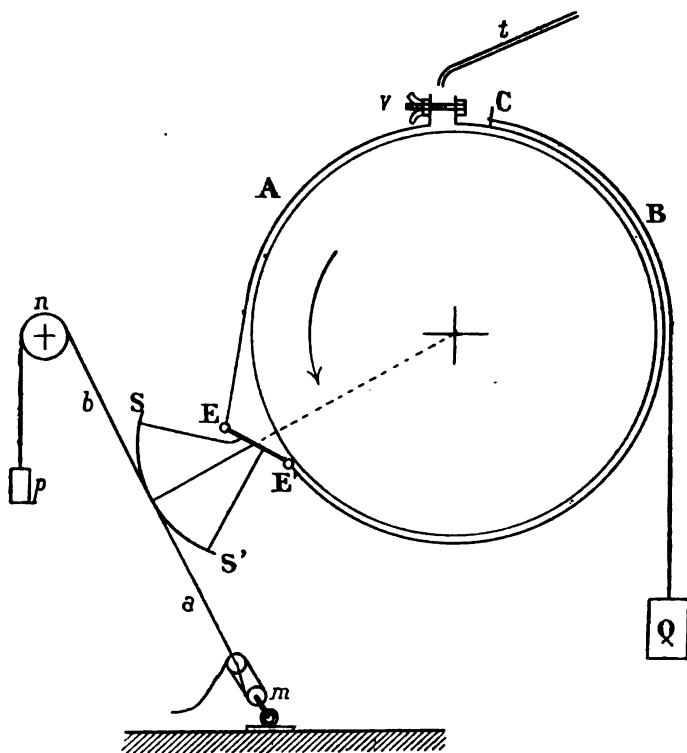


Fig. 42

Pour réaliser le réglage automatique, sans faire varier le poids ou l'effort tangentiel, cet habile ingénieur a eu recours aux déplacements mêmes du frein sous l'influence de la variation du travail fourni par

(1) *Bulletin du syndicat agricole de Meaux*, juin, 1894, page 223.

le moteur. Son frein se compose d'un collier dont les deux parties A et B (fig. 42) sont reliées par une vis V de réglage ; cette vis ne sert qu'à la mise au point au début de l'essai ; et l'on n'a pas à y toucher pendant toute la durée de l'expérience ; sa monture reçoit le tuyau t d'arrivée de l'eau de savon. La partie B supporte le crochet C de la corde à laquelle on attache la charge Q. Les deux parties A et B sont reliées par une entretoise EE', solidaire avec un secteur SS' d'un rayon quelconque. Une corde a est attachée au point S et à un point fixe m ; une seconde corde b est attachée au point S', passe sur une poulie n

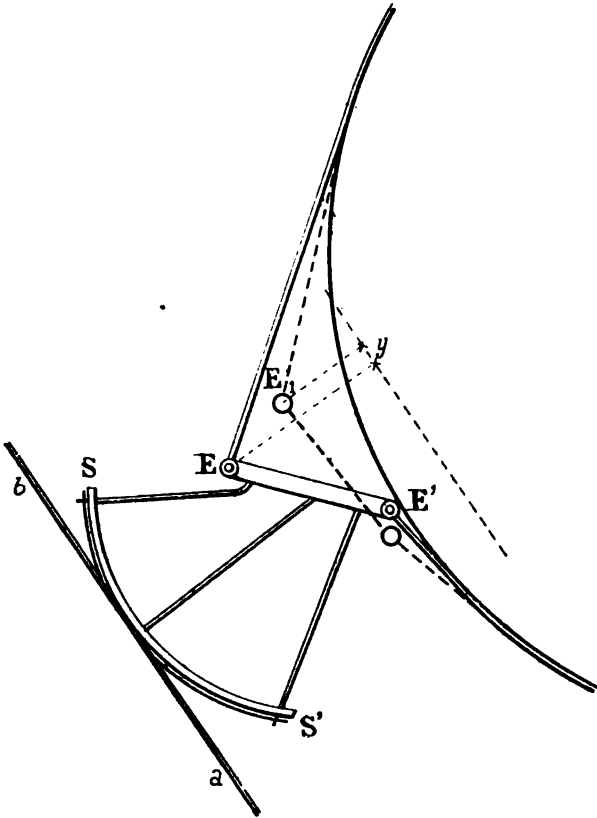


Fig. 43

et est tendue par un poids p quelconque. Le réglage de la position moyenne du secteur est fait de telle façon que les deux cordes a et b

soient dans le prolongement l'une de l'autre, et que la droite mn soit normale au prolongement d'un rayon quelconque du volant ; pour faciliter le réglage préalable, la corde a est attachée à un petit treuil-tendeur m . Le poids p quelconque (1 kilogr. suffit) n'a pas d'action sur le frein C , car son effort se reporte au point m , qui est fixé au sol. Lorsque le frein est entraîné par le volant, le secteur SS' descend ainsi que le point O , dans le sens indiqué par la flèche; mais en roulant sur la corde a , l'ensemble $EE' SS'$ prend un mouvement angulaire, le point E se rapproche de la jante du volant et allonge, par suite, le frein d'une quantité y variable avec l'angle décrit par le secteur. Que le frein vienne, au contraire à se desserrer, le mouvement inverse se produira et le secteur tournera en sens contraire ; le point E s'écartera du volant en resserrant le frein d'autant plus énergiquement que son déplacement angulaire aura été plus accentué. Un graissage uniforme est nécessaire pour maintenir le réglage précédemment établi ; l'eau de savon lubrifiant la poulie sera donc débitée par un vase à niveau invariable, alimenté par un récipient supérieur.

On peut reprocher au frein de M. Ringelmann d'avoir une liaison avec un point fixe par l'intermédiaire d'un brin dont on ne mesure pas la tension ; la valeur absolue des résultats obtenus peut être faussée de ce chef. L'inventeur répond que la tension du brin a est équilibrée par celle du brin b , et que, par suite, elle n'entre pas en compte ; ce serait exact, s'il était réellement démontré que ces deux tensions sont égales. A notre avis, on ne doit se servir de ce frein que dans des essais comparatifs, effectués dans les mêmes conditions ; c'est du reste ce qu'a fait M. Ringelmann au concours de Meaux.

M. Carpentier a proposé, il y a plusieurs années déjà, un modèle de frein à enroulement variable, qui rend des services pour la mesure des petites forces et que nous croyons devoir signaler ici.

Ce dispositif exige deux poulies, l'une A calée sur l'arbre moteur, l'autre B , folle sur cet arbre ; cette dernière est à joue (fig. 44). Une corde, fixée sur cette joue, s'enroule sur la poulie folle et passe ensuite sur la poulie fixe A : ses extrémités portent les poids p et P . on règle ces poids p et P de manière à obtenir l'équilibre par un ou deux tours de corde sur A : la poulie B reste alors immobile, tandis que la poulie A frotte sur la corde ; le frottement est proportionnel à

la longueur de corde enroulée sur cette poulie A. Que le frottement vienne maintenant à augmenter par l'échauffement du métal ou à diminuer par un afflux de lubrifiant, le frein se réglera de lui-même. En effet, un accroissement de frottement entrainera la poulie B en soulevant le poids P et déroulera en même temps une certaine longueur de corde sur A, de manière à rétablir l'équilibre ; de même, une diminution de frottement fera descendre P, mais enroulera de la corde sur A. Le plus grand défaut du frein Carpentier est d'exiger deux poulies sur l'arbre moieur ; il est rare qu'on les ait à sa disposition ou bien qu'on puisse les établir sur l'arbre.

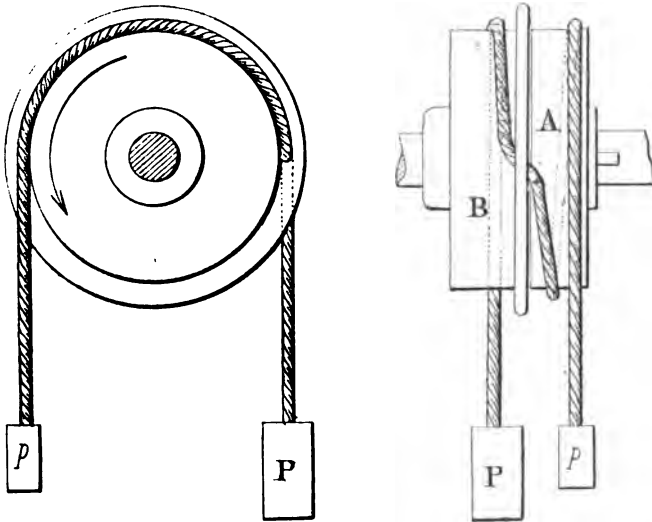


Fig. 41

Pour nous, nous estimons qu'on peut faire de bons essais au frein sans recourir à des dispositifs aussi compliqués. Il suffit d'employer de larges surfaces frottantes, de manière à éviter un grand échauffement de la corde, et de lubrifier au moyen de substances indécomposables par la chaleur, pour réaliser un équilibre excellent, n'exigeant que par moments l'action de l'ouvrier sur le serrage, et donnant, par conséquent, des résultats corrects, même avec un moteur à marche médiocrement régulière.

Quand la puissance dépasse 12 ou 15 chevaux, on se procure une poulie à irrigation intérieure dont on maintient la température à 30°

au plus par un courant d'eau abondant. L'essai peut alors être prolongé indéfiniment.

J'ai constaté plusieurs fois qu'il serait possible, dans ce cas, de mesurer le travail par le nombre de calories gagnées par le liquide ; il suffirait de jauger exactement l'eau écoulée, de déterminer avec soin

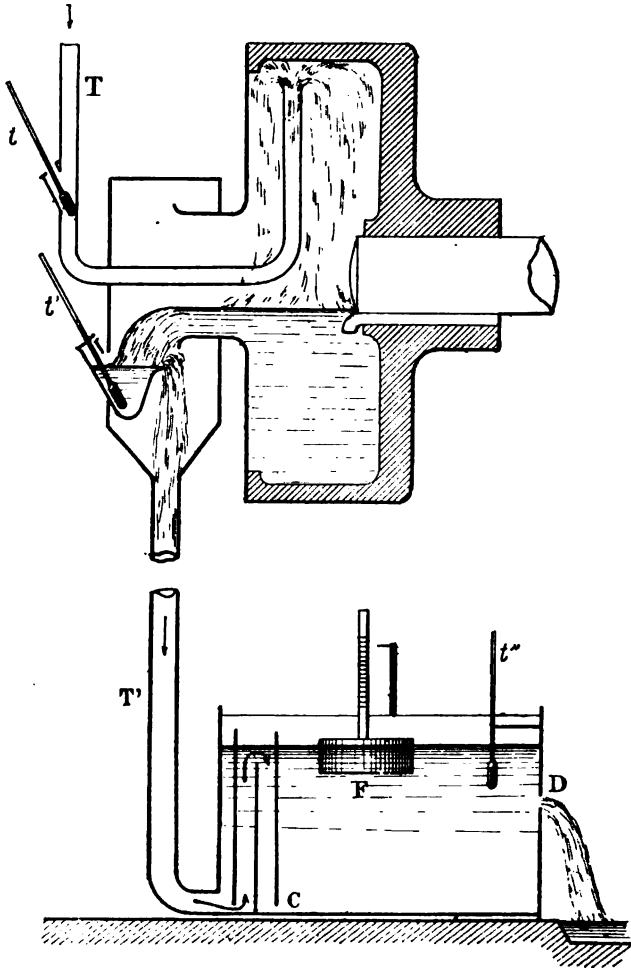


Fig. 45

son élévation de température et d'évaluer la chaleur perdue ; cette dernière correction ne dépasse jamais 1 à 2 %. Je n'ai pas de résul-

tats d'expériences personnelles à publier à ce sujet, attendu que je n'ai jamais eu l'occasion d'organiser sérieusement un essai de ce genre; mais le travail a été fait par M. Dwelshauvers-Dery de Liège, et nous extrayons ce qui suit d'une étude faite par ce savant distingué, en 1896 (1).

La poulie de frein, calée sur l'arbre moteur, avait la forme d'un cylindre creux; elle était fermée à l'avant par une feuille de tôle à jonction étanche, munie d'un orifice central de déversement, ainsi qu'on le voit sur la figure 45. Cette poulie était constamment alimentée d'eau froide par le tuyau recourbé T, qui débitait l'eau d'un réservoir supérieur. La température initiale de l'eau d'arrivée était déterminée par le thermomètre *t*. Un cornet recevait l'eau déversée hors du trop-plein; le thermomètre *t'* en prenait la température. Reçue dans une sorte de trémie, l'eau se rendait dans le bac inférieur A, pour y être jaugée en passant par l'orifice B, pratiqué en mince paroi. Le thermomètre *t''* faisait connaître la température moyenne de l'eau du bac, laquelle permettait de passer des volumes d'eau à leur poids par application des tables de densité. Le bac présentait certaines dispositions particulières. Et d'abord, il était muni des chicanes D, dont l'objet était de donner un plan d'eau bien tranquille à la surface libre; de plus, le flotteur F marquait la hauteur du liquide au-dessus du centre de l'orifice B, et cette indication servait au calcul de l'orifice par des tables établies à l'avance.

Les observations se faisaient en relevant périodiquement les températures des thermomètres *t*, *t'* et *t''* et la hauteur du flotteur.

Les chiffres suivants, relevés dans un essai, achèveront de faire comprendre la méthode.

Hauteur du flotteur.	135 ^m / _m ,11
Volume débité par heure.	1.155 lit.,037
Température de cette eau.	20°, 787
Poids du litre d'eau	0 ^g ,9981
Poids débité par heure	1.152 ^g ,842
Température initiale de l'eau.	10°,871
— finale —	21°,016
Chaleurs du kilogramme d'eau : 10 ^{cal} ,874 et	21 ^{cal} ,081
Chaleur produite par tour de machine. . . .	3 ^{cal} ,226628
Travail mesuré au frein par tour.	1.377 ^{kgms} ,73
Équivalent mécanique de la chaleur calculé.	426 ^{kgms} ,99

(1) *Revue universelle des Mines*, tome XXXIV, 3^e série, page 141.

C'est la valeur moyennement admise par l'équivalent; observons qu'elle a été obtenue en négligeant le rayonnement extérieur et la chaleur absorbée par la fusion de la graisse de lubrification; on peut donc conclure de cette belle expérience de M. Dwelshauvers-Dery que l'on serait autorisé à procéder par des mesures calorimétriques pour déterminer le travail effectif des moteurs et que les résultats relevés auraient la valeur de la meilleure expérience au frein. C'est un avantage réel, car ce frein se trouve simplifié et réduit à un simple appareil de friction: l'observation des températures n'exige que des thermomètres sensibles et exacts; seule, la mesure de l'eau débitée présente quelques difficultés, mais elles sont moins grandes que celles que l'on rencontre dans l'observation de l'équilibre d'un frein.

M. Ringelmann relevait les vitesses au concours de Meaux à l'aide d'un compteur totalisateur et d'un tachimètre; le premier instrument marquait les vitesses moyennes, le second donnait les variations cycliques.

Comme les vitesses des divers moteurs étaient fort différentes, le jury du concours décida d'établir une base de comparaison en estimant en centièmes les variations de la façon suivante :

Appelons :

N le nombre de tours moyen.
 n — — minimum.
 n' — — maximum.

Les variations en moins de la moyenne étaient

$$100 \frac{n'}{N} - 100 = A$$

Les variations en plus étaient :

$$100 - 100 \frac{n}{N} = B.$$

Dès lors, la variation totale avait pour expression :

$$\left(100 - 100 \frac{n}{N}\right) + \left(100 \frac{n'}{N} - 100\right) = C.$$

Les trois valeurs A, B et C, ont été données dans le rapport de M. Ringelmann pour tous les moteurs mis en expérience et elles ont permis de classer les concurrents au point de vue de la régularité de leur marche.

Nous avons déjà indiqué le moyen de compter les explosions des moteurs à gaz, soit par l'emploi d'un simple compteur, mû par le levier d'admission du gaz, quand la régulation s'effectue ainsi, soit par l'utilisation d'un appareil électrique quelconque, actionné par un des organes préparant l'explosion ou bien y participant.

Mais il y a certains moteurs pour lesquels ce mode d'application des appareils de numération est difficile : dans ce cas, on peut employer un appareil spécial présenté en 1896 au *Stevens Institute of technology* par MM. Christy et Hasbrouck. C'est un indicateur de Watt dont le piston a 1,6 centimètre carré de section ; le ressort n'a pas d'autre fonction à remplir que d'amortir le choc de l'explosion. La tige du piston fait mouvoir un levier à sonnette actionnant la bielle d'un compteur de tours totalisateur. Bien que cet instrument soit destiné à trouver peu d'applications, nous avons cru utile de le signaler dans notre ouvrage, que nous voulons aussi complet que possible (1).

II

Résultats d'essais

Il est de mode de dire du mal des essais officiels des moteurs : ces épreuves, préparées à l'avance, conduites par des hommes experts, surveillées avec grand soin, ne peuvent donner, affirme-t-on, que des résultats artificiels, bons tout au plus à tromper le public, attendu qu'un moteur ayant consommé 500 litres en essai, en dépense souvent 700 en marche industrielle courante.

(1) Je me suis servi dans plusieurs essais d'un dispositif analogue, qui a déjà été décrit Tome II, page 149 ; je montais sur l'appareil indicateur lui-même un doigt déterminant un contact électrique avec le piston au moment où celui-ci était soulevé par l'explosion et traçant un trait plus ou moins large sur la bande de papier d'un récepteur de Morse.

Il est évident qu'un moteur plus ou moins bien soigné et abandonné à lui-même brûle plus de gaz qu'un moteur choisi pour être essayé; il est évident aussi qu'une machine, fonctionnant à des charges diverses, incessamment variables, consomme plus que dans une expérience poursuivie à charge constante et pleine; il est évident encore qu'un ingénieur compétent tirera un meilleur parti d'un moteur qu'un ouvrier quelconque, dépourvu de connaissances pratiques et ne comprenant rien au fonctionnement de la machine.

Mais tout cela ne prévaut pas contre cette vérité que, de deux moteurs, c'est celui qui a donné les plus beaux résultats en essais qui est le meilleur.

Les essais sont donc, quoiqu'on en dise, le *criterium* le plus sûr des qualités d'un moteur.

Il faut pour cela que ces essais soient bien conduits et qu'ils soient complets; nous avons rappelé dans le paragraphe précédent les meilleures méthodes de procéder; nous avons signalé la nécessité de bien tarer les indicateurs, de bien disposer les freins, de déterminer le pouvoir calorifique du gaz ou du pétrole employé, etc. Un procès-verbal inspirera confiance s'il est détaillé, rédigé avec clarté et s'il porte la signature d'un ingénieur expert en la matière et désintéressé.

Il faut donc faire des essais.

Ne sont d'un avis contraire que ceux qui ne peuvent pas obtenir de bons procès-verbaux d'épreuve: pour ceux-là, la critique est une ressource.

On trouvera ci-après l'analyse d'un certain nombre de relations d'essais et d'expériences: nous en avons déjà publié 45 dans nos deux premiers volumes et nous commençons donc par le numéro 46. Ils sont placés dans leur ordre chronologique.

46. — Résultats du Concours de moteurs à pétrole organisé à Meaux en 1894, par M. RINGELMANN.

MOTEURS	TYPE	PISTON		Tours par minute	Explosions par minute	Travail effectif en chevaux	Consommation par cheval-heure effectif	Consommation à vide	Consommation de la lampe d'allumage par heure	Température de la décharge	Rendement thermique	Rendement thermique	Variations de vitesse en plus et en moins
		Diamètre	Course										
Hornsby	mi-fixe	203 ^m / _m	0 ^m , 358	208,3 198,3	100,20 80,70	3,86 1,85	482 ^{gr} 616	870 ^{gr}	0 ^{gr}	360° 180	11,9 9,4	?	10,3
Niel	mi-fixe	182	0, 360	188,3 184,4	45 34	6,28 3,98	807 879	821	165	128 117	20,5 17,0	16,7 15,1	8,8
Grob	locom.	188	0, 187	263,4 253,0	118,7 54,7	6,20 1,99	420 898	1900	?	218,6 177	14,1 6,8	18,7 6,5	18,9
Winterthur	mi-fixe	160	0, 240	226,3 232,9	64,5 32,5	5,21 1,98	885 810	1085	?	244 150	15,4 7,3	14,9 7,1	8,3
Grob	mi-fixe	188	0, 187	311,0 304,8	95,5 56,5	7,84 1,78	271 448	427	74	305 257	22,1 14,8	21,2 12,9	8,0
Griffin	mi-fixe	154	0, 804	212,5 214,4	47,6 42,5	4,11 2,11	361 552	840	167	123 114	17,7 12,2	15,2 10,4	5,7
Merlin	locom.	170	0, 170	288,1 294,3	129,9 74,5	4,80 2,29	347 438	410	70	224,6 198	17,3 14,1	16,6 18,1	5,9
Niel	locom.	182	0, 360	177,5 176,5	63,2 39,4	6,88 1,96	700 1679	?	198	232 140	8,6 3,6	8,2 3,4	6,1

(1) Lampe non comprise.

47. — Principaux résultats du Concours de Berlin organisé en 1894

Par MM. HARTMANN et SCHÖTTLER.

Pouvoir calorifique du pétrole américain employé 10.767^{cal.}
 Densité. 0,797

MOTEURS	PISTON		Puissance du moteur	Vitese en tours	Travail effectif	Consommation par cheval-heure	Consommation à vide par cheval nominal
	Diamètre	Course					
Daimler	175 ^{m/m}	0 ^m ,280	4 ^{chev}	240	3 ^{ch} ,25	609 ^{gr.}	150 ^{gr.}
Otto	155	0,240	4	230	4,00	575	260
Dürkopp	175	0,280	4	230	4,46	585	480
Hille	130	0,230	3	240	3,12	450	230
Kœrting	175	0,275	4	220	4,15	600	210
Robey	153	0,229	2	300	1,82	1190	?
Altmann	280	0,400	12	200	12,10	423	270
Swiderski	230	0,400	8	180	8,16	378	370
Langensiepen	250	0,250	10	250	10,00	375	160
	220	0,260	8,5	280	7,82	518	450

Comparaison des consommations pour diverses charges.

MOTEURS	DEMI-CHARGE		CHARGE ENTIÈRE		CHARGE MAXIMUM Travail
	Travail	Consomm.	Travail	Consomm.	
Daimler	1 ^{ch} ,69	735 ^{gr.}	3 ^{ch} ,25	609 ^{gr.}	3 ^{ch} ,24
Otto	2,09	787	4,00	575	4,44
Dürkopp	2,24	947	4,46	585	5,30
Hille	1,53	720	3,12	450	4,10
Kœrting	2,15	726	4,15	600	5,24
Robey	0,97	980	1,82	1190	2,68
Altmann	6,37	634	12,1	423	16,78
Swiderski	5,00	500	10,00	375	10,75

48. — Principaux résultats du Concours de Moteurs à pétrole de Cambridge, organisé le 21 juin 1894
 Par MM. CAPPEL, EWING et GRENVILLE.

MOTEURS	PISTON		PUISSANCE	VITESSE en tours	TRAVAIL effectif	CONSOMMATION par cheval-heure effectif		CONSUM- MATION à vide	RENDE- MENT organique
	Diamètre	Course				Lampe comprise	Lampe non comprise		
Britannia	190 ^m /m	0 ^m ,330	7 chev.	235	6 ^h ,64 4,47	680 ^{gr.} 690	— 607 ^{gr.}	650 ^{gr.}	0,74
Campbell	190	0,305	6	240	4,48 2,74	— 544	— —	615	0,80
Clarke-Chapman	190	0,318	6	350	—	—	—	—	—
Crossley	178	0,381	7,5	210	7,08 3,80	372 600	313 —	—	0,88
Fielding et Platt	210	0,406	8	170	5,88 3,76	—	—	—	—
Hornsby	254	0,381	8	280	8,47 4,48	444 685	— —	—	0,88
Samuelson	203	0,305	8	240	—	—	—	—	—
Capitaine (Tolch)	184	0,190	5	300	—	—	—	—	—
Wells (Premier).	210	0,381	4	165	6,62 3,50	522 753	467 650	—	0,89
Trusty	171	0,330	5	250	4,95 2,56	508 680	463 600	—	0,73
Knight et Weyman	19)	0,356	6	250	6,21	—	—	—	—

Pouvoir calorifique du pétrole employé (Russolène) . 10.313 calories

(1 litre équivalent à 970 litres de gaz de Londres)

Densité 0,8239

Flash Point 30°

Ce concours, parfaitement organisé, a donné lieu à d'intéressants essais, qui ont duré 2 heures, 4 heures, voire même 28 heures pour quelques-uns d'entre eux; les diverses machines ont été soumises aux épreuves les plus variées et examinées à des points de vue réellement pratiques.

C'est le moteur Crossley qui a remporté le record de la consommation; toutefois le moteur Hornsby lui a été à peu près équivalent dans le grand essai de trois jours : à faible charge, le moteur Campbell a dépassé le Crossley, et le Hornsby a été classé troisième. Les moteurs Crossley, Hornsby et Wells ont été remarqués pour leur grande régularité.

Une comparaison instructive a été établie entre deux huiles : la Russolène et la Broxburne et elle a montré l'influence de la nature du pétrole sur les résultats obtenus.

CHALEUR	MOTEUR CROSSLEY	
	Russolène (10.313 calories)	Broxburne (10.277 calories)
Transformée en travail effectif	16,7	17,5
Transformée en travail indiqué	18,9	19,2
Emportée par l'eau	24,0	20,7
Emportées par les gaz de la décharge, etc..	57,1	60,1
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

49. — Résultats des expériences faites à Paris, par M. WITZ, en décembre 1894, sur un moteur-gazogène Bénier

Diamètre du cylindre moteur	300 millimètres
Course du piston	0 ^m ,4395
Diamètre de la pompe à air	400 millimètres
Diamètre de la pompe à gaz	290 —
Course des pistons	0 ^m ,209
Vitesse de régime	150 tours.
Puissance nominale	15 chevaux.

Cet essai a été fait à Paris, dans les ateliers de la Société lyonnaise de Construction, 40, avenue de Suffren; il a comporté la détermination du travail effectif et du travail indiqué, pendant deux journées, avec relevé des consommations de charbon et d'eau, observation des températures, prise de gaz, etc.

Le travail effectif a été mesuré au frein de Prony ordinaire, avec levier en dessous; la longueur du bras de ce levier, entre le centre de la poulie et la verticale du centre de gravité des poids, a été trouvée égale à 2^m,236; la composante verticale des poids de ce levier non équilibré, qu'il fallait ajouter à la charge, était égale à 8^k,650; le frein a fonctionné sans arrêt pendant douze heures de suite, avec une grande régularité et sans secousses: la lubrification de la jante était faite à la graisse solide.

Le combustible employé a été de l'anhracite ou du coke.

L'anhracite était de provenance anglaise; c'était un charbon de bonne qualité, criblé, dont le pouvoir calorifique ne paraît guère être supérieur à 8.000 calories.

Le coke brûlé dans le second essai était du coke cassé, de la Compagnie Parisienne du Gaz, de qualité inférieure aux cokes métallurgiques, ce dont il faut tenir compte; il donne environ 10 % de cendres. Nous avons constaté qu'il renfermait 6,5 % d'eau. L'hectolitre pèse 44 kilogrammes; ce chiffre a été vérifié par nous.

Nous estimons son pouvoir calorifique à 6.800 calories au kilogramme.

L'indicateur avait été taré comparativement avec un manomètre à air libre de notre laboratoire de Lille, à la Faculté libre des Sciences.

I. — MARCHE A L'ANTHRACITE

Date de l'essai	27 novembre 1894.
Début	8 ^h ,40 ^m du matin.
Fin.	8 ^h ,40 ^m du soir.
Durée	12 heures.
Nombre de tours.	108.566.
Vitesse moyenne.	150,79.
Charge moyenne du frein	22 ^k ,350
Poids mort	8 ^k ,650
Charge totale	<hr/> 31 ^k ,000

Travail effectif	14 chevaux,59
Ordonnée moyenne des diagrammes.	11 ^m / ^m ,07
Pression moyenne	2 ^k ,65
Travail indiqué	27 chevaux 60
Compression	4 ^k ,54
Pression explosive.	7 ^k ,26
Rendement organique.	0,53
Consommation totale de charbon	133 ^k >
Charbon non brûlé retiré du cendrier	8 ^k >
<hr/>	
Dépense réelle de charbon	125 ^k >
Cendres.	10 ^k >
<hr/>	
Dépense de charbon pur.	115 ^k >

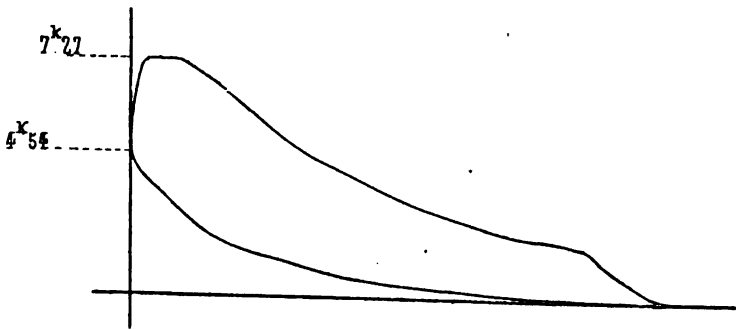


Fig. 46. — Diagramme moyen des essais.

Dépense totale d'eau (au laveur 4 ^{m³} ,082, au cylindre 6 ^{m³} ,048)	10 ^{m³} ,080
Consommation de charbon par cheval-heure effectif. . .	714 gram.
(En charbon pur, cendres déduites)	657
Consommation d'eau par cheval-heure effectif.	57 litres.

• Température de la paroi externe du gazogène	177°
— du laveur	40°
— du gaz arrivant au cylindre.	20°
— du cylindre.	69°
— des gaz d'échappement	300°
— de l'eau froide d'alimentation	11°

Pouvoir calorifique du gaz pauvre par mètre cube	1.149 calories
(à 0° et 760 ^m / ^m , vapeur d'eau condensée)	
Teneur en acide carbonique	0,8 %
Teneur en oxygène	0,3 %

Bilan de la marche à l'anthracite

Chaleur emportée par l'eau de réfrigération	1.334 calories
— — — du laveur	986 —
— — — utilisée	635 —
Chaleur emportée par la décharge et par toutes les autres pertes (par différence)	2.757 —
Chaleur disponible de 714 grammes d'anthracite	5.712 calories
Rendement définitif	11,3 %.

II. — MARCHÉ AU COKE

Date de l'essai	22 décembre 1894
Début	8 ^h ,17 ^m du matin.
Fin	6 ^h ,42 ^m du soir.
Durée	10 ^h ,25 ^m
Nombre de tours	91.986
Vitesse moyenne en tours par minute	147,18 tours.
Charge moyenne du frein	23 ^k ,350
Poids mort	8 ^k ,650
Charge totale	<u>32^k,000</u>
Travail effectif	14 chevaux 70
Consommation totale de coke	115 ^k
Cendres	11 ^k
Dépense de coke, cendres déduites	<u>104^k</u>
Consommation de coke par cheval-heure effectif	752 grammes
En coke, sec et pur, eau et cendres déduites	636 —
Pouvoir calorifique du gaz par mètre cube (à 0° et 760 ^m / ^m , vapeur d'eau condensée)	1.035 calories
Teneur en acide carbonique	1,53 %
Teneur en oxygène	0,3 %

Le bilan de la marche au coke s'établit comme il suit :

Chaleur utilisée	635 calories
Chaleur disponible de 752 grammes de coke	5.113 —
Rendement définitif : 12,4 %	
Prix comparatif du combustible consommé	
par cheval-heure effectif	anthracite . 0 ^r ,025
.	coke de gaz 0 ^r ,021
Dépense d'huile, par cheval-heure effectif :	
Valvoline	3 gr.,
Huile minérale ordinaire	10 grammes

50. — *Expériences faites par M. le professeur CAPPER en janvier 1895, sur un moteur Crossley :*

Diamètre du cylindre	215 ^m / _m ,9
Course du piston	0 ^m ,4572
Volume de la chambre d'explosion	6,985 litres
Durée de l'essai	40 minutes
Nombre moyen de tours par minute.	172,1
Explosions par minute.	84,7
Travail indiqué en chevaux	12,97
Travail effectif —	11,62
Pouvoir calorifique du gaz. { par mètre cube	5,438 calories
{ par kilogramme	10,500
Poids de gaz admis par charge	0 gr. 87
Poids d'air —	15 gr. 17
Gaz brûlés conservés	6 gr. 89
Chaleur développée par l'explosion	9.135 calories
Rapport de l'air au gaz en volume	7,27
Rapport de l'air et des gaz brûlés au gaz	10,72
Température de la charge avant compression	35°,5
Valeur de l'exposant γ de pv^γ des diagrammes	1,81
Valeur calculée de γ	1,87
Gaz consommé par cheval-heure effectif (allumage non compris)	732 litres.
Chaleur transformée en travail indiqué	19,50 %
— perdue en frottement et par la paroi	44,80
Chaleur perdue par l'échappement	34,70
Pertes par rayonnement	1,50
	100,000

M. Boulvin a appliqué à ces intéressantes expériences la méthode des diagrammes entropiques, et il a pu déterminer ainsi les échanges de calorique qui ont eu lieu entre les gaz et la paroi : les résultats obtenus confirment ceux que l'on déduit de la mesure des températures de l'eau de circulation et des gaz de la décharge.

51. — Résultats des essais faits sur un moteur Stockport alimenté de gaz pauvre.

Puissance du moteur 75 chevaux.

DATE	Durée du travail à pleine charge	Tours par minute	Explosions par minute	Pression moyenne du diagramme en kilogrammes	Travail indiqué en chevaux	Total des chevaux- heures indiqués	Durée du travail à charge partielle	Explosions par minute	Chevaux-heures indiqués	CONSUMATION de charbon			
										avant 6 heures du matin	Après 6 heures du matin	Total	par jour
6 mai 1896.	10 heures	152	60	5,4	74,3	743	1 heure	36	44,6	50 k.	390 k.	440 k.	
7 »	10 —	152	61	5,4	75,6	756	1 —	36	44,6		260	260	
8 »	10 —	152	64	5,4	79,3	793	1 —	36	44,6		350	350	
9 »	10 —	152	62	5,4	76,8	768	1 —	36	44,6	50	300	350	
10 »	10 —	152	60	5,4	74,3	743	1 —	36	44,6		250	250	

Total des chevaux-heures indiqués à pleine charge. 3.803
 — — — à charge partielle. 228

Total. 4 026
 Charbon consommé en tout. 1.650 kilos.

Consommation brute par cheval indiqué et par heure $\frac{1.650}{4.026} = 0,410$ kilo.

En défalquant les 100 kilos consommés la nuit pendant l'arrêt du moteur nous trouvons une consommation de $\frac{1.550}{4.016} = 0,385$ par cheval-heure indiqué, cendres et déchets compris.

52. — *Essais faits sur un moteur Otto au pétrole, en janvier 1895,*
par M. E. MEYER.

Puissance nominale	2 chevaux.
Diamètre du cylindre	140 millim.
Course du piston.	0 ^m ,210
Tours par minute (vitesse de régime).	230 tours.
Vitesse relevée dans l'essai	231,6 tours.
Impulsions par minute.	110
Pression moyenne	4 ^k ,800
Travail indiqué	3,63 chevaux.
Travail effectif	2,81
Rendement organique	0,77
Consommation de pétrole par cheval-heure effectif	456 grammes.
Température des gaz de la décharge.	398°
Température des parois.	42° ₃
Rendement thermique	0,175

Le pétrole employé était d'origine russe, marque Nobel, donnant par kilogramme 10.952 calories, vapeur d'eau condensée.

53. — *Essais faits sur un moteur Otto au pétrole, en janvier 1895,*
par M. E. MEYER.

Puissance nominale.	12 chevaux.
Diamètre du cylindre	270 millim.
Course du piston.	0 ^m ,37
Tours par minute (vitesse de régime)	175 tours.
Vitesse relevée dans l'essai.	177,0
Impulsions par minute.	82,7
Passages à vide	5,8
Pression moyenne	4,63 kilogram.
Travail indiqué	17,21 chevaux.
Travail effectif	14,56
Rendement organique	0,85
Consommation d'huile par cheval-heure effectif	373 grammes.
Température de la décharge	> 550
Chaleur transformée en travail.	0,196
— emportée par l'eau de réfrigération.	0,354
— — par les gaz de la décharge	0,450
Pouvoir calorifique du pétrole par kilogramme (vapeur d'eau condensée)	10.952 calories.

54. — *Résultats des essais faits sur deux moteurs Tange,*
par M. A. WITZ, à l'Hôtel de Ville de Roubaix, le 26 janvier 1895.

Diamètre des pistons	292 ^m / _m ,1
Course	0 ^m ,4572
Vitesse de régime	178 tours.

MOTEUR I

Durée de l'essai	5 ^h ,30 ^m
Vitesse moyenne	171,92 tours.
Explosions par minute.	72,71
Pression moyenne aux diagrammes	5 ^h ,79
Travail indiqué	28,67 chevaux.
Consommation par cheval-heure indiqué	522 litres.

MOTEUR II (identique au premier).

Durée de l'essai	40 minutes.
Vitesse moyenne.	172,15 tours.
Explosions par minute	82,02
Pression moyenne aux diagrammes	6 ^h ,56
Travail indiqué	36,60 chevaux.
Consommation par cheval-heure indiqué	444 litres.
Huile par cheval-heure indiqué	6 gr. 80
Eau — —	30 litres.
Rendement organique	0,87

Ces résultats ont été obtenus au cours d'essais de réception faits par l'auteur, sur la demande de la municipalité de Roubaix, en vue de constater l'entière exécution des clauses d'un cahier des charges. Nous ne reproduisons ci-dessus qu'une partie des données relevées et consignées dans notre rapport du 7 février 1895.

La différence des résultats obtenus avec les deux moteurs, identiques de tout point, est due uniquement à ce que le moteur II recevait un mélange plus riche; ce dosage était donc plus avantageux; les chiffres suivants en témoignent.

	Compression	Pression explosive
Moteur I	4 ^h ,95	16 ^h ,63
Moteur II.	4 ^h ,55	20 ^h ,34

Un essai a été fait en marche combinée des deux machines, et il a conduit aux relevés ci-dessous.

Durée de l'épreuve.	4 heures.
Nombre de révolutions par minute	{ Moteur I 154,58
	{ Moteur II 150,27
Nombre d'explosions par minute.	{ Moteur I 70,06
	{ Moteur II. 70,71
Pression moyenne	{ Moteur I 5 ^k ,77
	{ Moteur II. 6 ^k ,32
Travail indiqué	{ Moteur I 27,53 chevaux.
	{ Moteur II. 34,19
Travail total	<u>61,72</u>
Watts moyens produits.	28.618

La consommation par kilowatt-heure est donc ressortie à 998 litres de gaz.

Le pouvoir calorifique de ce gaz n'a point été déterminé par nous, contrairement à notre habitude, parce que le contrat portait que la qualité du gaz serait celle qui correspond aux conditions photométriques prévues par le cahier des charges de la Compagnie Desclée frères, qui éclaire Roubaix; la vérification a donc porté sur l'exécution de cette clause, qui a été satisfaite. On peut en inférer que le gaz avait le pouvoir moyen de 5.250 calories environ par mètre cube à 0° et 760 millimètres, vapeur d'eau condensée.

Des essais de vitesse ont été effectués: le moteur II, faisant plus de 15 kilowatts, à une vitesse moyenne de 172,15 tours, avec 82,02 explosions par minute, l'écart n'a été que de 4 tours sur les moyennes établies en 10 minutes pour 1.721 révolutions.

55. — *Résultats des expériences faites à Zurich, en 1895, sur un moteur Crossley, alimenté de gaz pauvre par M. MEYER.*

Diamètre du cylindre.	429 millimètres
Course du piston	0 ^m ,607
Nombre de tours normal par minute	160
Puissance nominale	50 chevaux.

Durée des expériences	9 ^h , 43 ^m	7 ^h , 44 ^m	6 ^h , 14 ^m
Nombre moyen de tours par minute.	169, 0	165, 4	159, 1
Nombre d'explosions.	60, 4	77, 5	58, 1
Pression moyenne	4 ^k , 29	4 ^k , 18	4 ^k , 52
Travail indiqué	51 ^{ch} , 1	63 ^{ch} , 7	51 ^{ch} , 6
Travail effectif	40 ,9	57 ,6	43 ,6
Rendement organique	0,80	0,90	0 ,84
Charbon par cheval-heure indiqué	} gazogène. 480 ^k } chaudière. 50	500 ^k 60	470 ^k 70
Charbon par cheval-heure effectif			
	} gazogène. 600 } chaudière. 70	550 70	560 80
Gaz à 0° et 760 ^m / ^m par cheval-heure effectif.	2500 lit.	2550 lit.	—
Pouvoir calorifique du gaz.	1290 cal.		

56. — *Résultats d'un essai de réception d'un moteur Charon fait par M. WITZ, à Solre-le-Château (Nord) le 18 février 1895.*

Nous allons reproduire le rapport de réception adressé à l'acheteur du moteur, qui nous avait confié cette tâche.

« Conformément à l'invitation que vous m'avez fait l'honneur de m'adresser, j'ai procédé à l'essai du moteur « Charon », construit pour vous par les ateliers de Solre-le-Château.

Vous m'avez donné pour mission de constater la parfaite exécution des conditions du contrat intervenu entre vous et la Société Générale des Industries Economiques, en décembre 1894.

Le moteur qui a été soumis à mon examen et que j'ai essayé le 18 février, porte le numéro 270; il a les dimensions suivantes :

Diamètre du cylindre.	185 millimètres
Course du piston	0 ^m ,360 —
Vitesse de régime	162 révolutions

Vendu pour une puissance de quatre chevaux effectifs, ce moteur peut les développer sans peine; ses organes sont robustes et bien proportionnés et sa construction est bonne. Il a fonctionné plusieurs heures sous mes yeux de la manière la plus satisfaisante, sous des charges variées.

La détermination de la dépense par cheval effectif comportait un essai au frein et un relevé de consommation.

Le frein employé était un frein de Prony à levier supérieur, dont le bras mesurait 998 millimètres de longueur; il agissait sur le tablier d'une bascule. J'ai contrôlé la bascule et taré le poids mort du levier. Le compteur était un compteur d'essai, marquant le litre, construit par Chamon-Foiret, sous le numéro 18 et contrôlé à Lille : le niveau d'eau était exact.

Voici les diverses données recueillies en cours d'essai.

Pression atmosphérique	741 millimètres
Température moyenne du compteur. . .	8°6
Pression au compteur.	40 millimètres

N°	Durée de l'essai.	Nombre de tours.	Gaz consommé	Charge nette du frein.
1	30 minutes	4.832	1.126 litres	21 kilogrammes
2	30 »	4.846	1.113 »	20 »
3	60 »	9.762	2.199 »	19 »
4	30 »	4.872	904 »	15 »
5	30 »	4.916	751 »	10 »
6	10 »	1.634	210 »	5 »
7	10 »	1.628	194 »	0 »

Le calcul de ces données conduit aux résultats suivants :

N°	Vitesse moyenne	Consommation horaire		Travail on chevaux effectifs	Dépenses par cheval-heure effectif
		Consommation brute	A 15° et 760 mm		
1	161,1	2.256 litres	2.250 litres	4,71	478 litres.
2	161,5	2.226 »	2.220 »	4,50	493 »
3	162,7	2.197 »	2.193 »	4,31	509 »
4	162,4	1.808 »	1.803 »	3,39	532 »
5	163,9	1.502 »	1.498 »	2,23	657 »
6	163,4	1.260 »	1.256 »	1,14	1.102 »

Mais il y avait lieu de tenir compte du pouvoir calorifique du gaz employé : j'ai prélevé à cet effet un certain volume, que j'ai étudié dans mon laboratoire de Lille par le procédé de ma bombe eudiométrique. Le pouvoir de ce gaz a été trouvé égal à 5.727 calories par mètre cube à 0° et 760 millimètres, vapeur d'eau condensée, ce qui

fait 5.429 calories à 15° et 760 millimètres (1). Les consommations réelles deviennent donc, en gaz à 5.000 calories, aux termes du contrat, pour :

$$\frac{4^{\text{ch}},71}{519,1} \quad \frac{4^{\text{ch}},50}{535} \quad \frac{4^{\text{ch}},31}{553} \quad \frac{3^{\text{ch}},39}{578} \quad \frac{2^{\text{ch}},29}{713} \quad \frac{2^{\text{ch}},14}{1.197}$$

Il ressort des chiffres précédents :

1° Pour ce qui est de la puissance du moteur ; qu'il peut développer avec continuité 4,71 chevaux effectifs ; on vous a garanti 4,50 ;

2° Pour ce qui est de la consommation : que le moteur dépense de 519 à 553 litres de 4,71 à 4,31 chevaux ; on avait fixé un minimum de 600 litres ;

3° Pour ce qui est de la vitesse, que le nombre de révolutions passe de 161,1 minimum à 163,9 maximum, le travail variant de 4,71 chevaux à zéro soit une variation de 2,8 tours ; le contrat tolère une variation de 3 tours.

En conséquence, je déclare que le moteur « Charon » numéro 270, essayé par moi à Solre, et à vous destiné, réalise et dépasse même largement les conditions stipulées par le contrat. J'ajouterai qu'à tous égards les résultats obtenus sont remarquables ».

57. — *Résultats d'expériences faites à Solre-le-Château, les 4 et 5 mars 1895, par M. WITZ, sur un moteur Charon à deux cylindres.*

Diamètre des cylindres	0 ^m ,380 millimètres
Course des pistons.	0 ^m ,600 —
Vitesse de régime	153 tours.

Le travail effectif a été mesuré au frein de Prony, avec levier supérieur appuyant, par une béquille verticale, sur le plateau d'une bascule. La longueur du bras de levier, entre le centre de la poulie de frein et la verticale de la béquille, a été trouvée égale à 1^m,792.

Le levier était à peu près équilibré, toutefois il présentait un excès

(1) Le contrat stipulait une richesse de 5.000 calories par mètre cube à 15°.

de 2 kil.,500 du côté de la bascule qu'il fallait, par suite, retrancher de la pesée pour obtenir la charge nette. La poulie de frein était à irrigation intérieure; la lubrification de la jante était faite à l'huile minérale; nous avons pu marcher plusieurs heures de suite avec une grande régularité et sans secousses.

La consommation de gaz a été relevée par un compteur Chamon-Foiret, portant le cachet du contrôle de Lille. Un thermomètre précis en donnait la température.

Nous avons aussi pris la température de l'eau de circulation de l'enveloppe du cylindre et celle de la décharge des gaz : cette dernière était donnée par un thermomètre engagé dans un tube métallique qui pénétrait dans le tuyau d'échappement et se trouvait ainsi exposé en plein au courant gazeux. La chambre d'échappement est refroidie par une circulation d'eau dans ces moteurs.

Expériences du 4 mars.

Pression atmosphérique 732 millimètres
 Pouvoir calorifique du gaz à 0° et à 770 m/m
 de pression par mètre cube 5.842 calories.

(Ce pouvoir correspond à la combustion de 1 litre de gaz par 7 litres d'air vapeur d'eau condensée).

N° de l'essai	Durée de l'essai	Charge nette	Nombre de tours	Consommation de gaz	Température du compteur
1	1 heure	162 ^k ,5	9.184	27 ^{m³} ,600	6°,6
2	2 ^h 30 ^m	157 ,5	22.998	64 ,985	4°,9

Expériences du 5 mars.

Pression atmosphérique. 736 millimètres
 Pouvoir calorifique de gaz. 5.591 calories.

N° de l'essai	Durée de l'essai	Charge nette	Nombre de tours	Consommation de gaz	Température du compteur
3	1 heure	137 ^k ,5	4 652	24 ^{m³} ,750	2°,2
4	—	107 ,5	4.626	23 ,410	4°
5	—	77 ,5	4.618	20 ,820	5°

Un dernier essai a été fait en n'utilisant qu'un seul cylindre :

6	80 minutes	37 ^k ,5	2.298	7 ^{m³} , 300	5°,5
---	------------	--------------------	-------	----------------------------------	------

Les résultats des calculs effectués sur ces données sont réunis dans le tableau synoptique suivant :

N° de l'essai	Charge nette	Vitesse tours	Travail effect. en chevaux	Consommation du gaz			
				Horaire à 0° et 760 ^{mm}		Par ch.-h. eff. à 0° et 760 ^{mm}	Par ch.-h. eff. en gaz à 2250 c.
1	162 ^k ,5	152,23	61,89	27 ^m 3605	25 ^m 965	419 lit.	466 lit.
2	157,5	153,22	60,42	25,994	25,594	407 »	453 »
3	137,5	155,07	53,35	24,750	23,781	446 »	475 »
4	107,5	154,20	41,48	23,410	22,812	539 »	574 »
5	77,5	153,77	29,82	20,820	19,799	663 »	706 »

Par un cylindre

37 ^k ,5	152,87	14,85	14 ^m 3600	13 ^m 858	964 lit.	1.026 lit.
--------------------	--------	-------	----------------------	---------------------	----------	------------

La température des cylindres a varié de 89° dans le premier essai, à 69° dans le quatrième essai.

La température des gaz de la décharge s'est maintenue à 220°.

C'est à l'allure de 153,32 révolutions par minute, correspondante à un travail effectif de 60,42 chevaux, que ce moteur donne le meilleur rendement; il ne consomme alors que 453 litres de gaz à 0° et 760 millimètres, ayant un pouvoir calorifique de 5.250 calories.

453 litres de gaz à 5.250 calories au mètre cube, fournissent 2.878 calories par leur combustion; le rendement du moteur a donc été égal à :

$$\frac{270.000}{2.878 \times 426} = 0,221.$$

Voici les nombres de tours effectués par chaque quart d'heure dans l'essai n° 2 :

1.160—1.146—1.154—1.141—1.151—1.141—1.165—1.151—1.148—1.152

De 1.141 à 1.165, la différence est de 24 tours, soit 2,1 %; elle est faible et témoigne de la régularité du moteur en même temps que du parfait réglage du frein.

Les vitesses moyennes relevées à diverses charges sont les suivantes :

Charges :	162 ^k ,5	— 157,5	— 137,5	— 107,5	— 77,5	— 37,5
Vitesses :	152,23	— 153,22	— 155,07	— 154,20	— 153,77	— 155,06 152,87

Ainsi de 62 à 14 chevaux, la variation n'est que de 2 tours 83, soit de 1,8 %; pour le même travail à deux ou à un cylindre, l'écart ne dépasse pas 2 tours 19, soit 1,4 %.

En travail courant, on pourrait donc garantir pour ce moteur une variation inférieure à 1,8 %.

58. — *Résultats des expériences faites sur un moteur Crossley, à l'Exposition de Bordeaux, le 5 décembre 1895, par les ingénieurs de la Compagnie du gaz de Bordeaux.*

Diamètre du piston	482 millimètres.	
Course.	0 ^m ,610	
Vitesse de régime	215 tours.	
Puissance nominale.	75 chevaux.	
	Essai A	Essai B
Durée de l'essai	1 ^h ,15	15 minutes
Nombre de tours par minute	211,7	214
Nombre d'explosions.	73	49
Pression moyenne au diagramme . .	6 ^k ,58	6 ^k ,72
Travail indiqué	96 chevaux	65,8 chevaux
Consommation par chev.-heure indiqué	388 litres	376 litres
Watts moyens.	40.976	21.372
Consommation par kilowatt-heure. .	909,6 litres	1.110 litres

Dans le dernier essai, il existait une terre qui a contribué à diminuer le travail électrique mesuré.

59. — *Résultats des essais faits sur un moteur Priestman, au château de Wattignies, par M. Wrtz, le 28 juillet 1895.*

Frein employé	à cordes
Diamètre de la poulie + corde . .	0 ^m ,162
Charge totale.	67 kilogrammes
Tours par minute	162
Travail effectif	9,37 chevaux
Consommation de pétrole par cheval- heure effectif	0 lit. 569
Densité du pétrole	0,82

Ces résultats ont été obtenus en marche industrielle.

60. — Essais faits sur un moteur Otto, par MM. HABER et WEBER, à Carlsruhe, en 1895.

Diamètre du piston ;	171 millimètres	
Course	0 ^m ,34	
Vitesse normale	238 tours	
Puissance nominale	4 chevaux	
Type	à tiroir	
Chaleur reçue.	4.735 calories	
Chaleur dépensée. {	transformée en travail	indiqué 777 calories
	emportée	effectif. 636 —
		par l'eau . . . . .	2.400 —
		par la décharge . . . . .	1.558 —
Rendement thermique	13,4 %	
Consommation à vide	1.310 litres	

Consommations en travail variable

Travail indiqué	Travail effectif	Consommation par heure
2,61 chevaux	1,19 chevaux	2.080 litres
3,41	2,15	2.470
3,97	3,06	3.100
4,84	3,96	3 710

61. — Résultats des essais faits au Cap Janet, par MM. STAPFER et PARVILLÉE, sur un moteur Niel alimenté de gaz mixte Fichet et Heurtey, le 22 janvier 1896.

Diamètre du cylindre	800 millimètres
Course du piston	0 ^m ,48
Nombre de tours par minute.	180
Diamètre des volants	1 ^m ,705
Diamètre intérieur du gazogène Taylor (Fichet et Heurtey)	0 ^m ,600
Surface de chauffe de la chaudière Field	2 mètres carrés
Capacité du gazomètre.	18 mètres cubes
Diamètre au centre des cordes du frein.	1 ^m ,730
Circonférence du frein	5 ^m ,4313
Différence de tension des brins	de 91 kil à 104
Travail effectif (176 à 180 tours).	de 19,35 ch. à 22,73
Pression du gaz à la sortie du gazogène	6 centimètres d'eau
Explosions par minute.	83 au plus
Durée de l'essai.	7 ^h ,30 ^m
Puissance moyenne.	22,01 chevaux

Nature du charbon brûlé	Coke
	à 10 de cendres et 4 d'humidité
Poids consommé	128 kilogrammes
Consommation par cheval-heure effectif	775 grammes

En déduisant les cendres et l'humidité, on trouverait 666 grammes de coke, par cheval-heure effectif.

62. — *Résultats des essais faits à Tarrasa (Espagne), par MM. PRATS et IZARD, le 29 mars 1896, sur trois moteurs Crossley alimentés de gaz Dowson.*

Diamètre du cylindre des moteurs	295 millimètres
Course du piston	0 ^m ,530
Nombre de tours par minute.	210
Durée de l'essai	4 heures
Travail électrique produit par deux moteurs.	32.195 watts
Consommation d'anthracite et de coke par heure	32 kilogrammes
Consommation par kilowatt-heure.	994 grammes

En tenant compte du rendement de la dynamo, des pertes de transmission par courroie et du rendement organique des moteurs, MM. Prats et Izard ont estimé la consommation par cheval-heure effectif à 593 grammes d'anthracite et de coke.

63. — *Procès-verbal des essais d'un moteur Niel, installé à l'usine des Eaux de Sablé, le 4 avril 1896, par M. PICHEREAU.*

Durée de l'essai	78 minutes
Diamètre du volant de frein.	1 ^m ,700
Diamètre de la corde	27 millimètres
Vitesse du moteur.	180 tours
Charge nette du frein.	116 ^k ,5
Travail effectif.	25,28 chevaux
Consommation horaire du moteur, à 15°	14.107 litres
Consommation du brûleur	200 —
Consommation totale.	14.307 —
— — par cheval-heure effectif	565 —
— — — brûleur déduit à 0°	533 —

Le pouvoir calorifique du gaz n'a pas été relevé.

64. — *Essai fait à Bâle, le 9 avril 1896, sur un moteur Otto alimenté de gaz pauvre, par M. E. MEYER.*

Puissance nominale	160 chev. effectifs
Nombre de cylindres	2
Diamètre des cylindres	520 millimètres
Course des pistons	0 ^m ,760
Volume par cylindrée	161,4 litres
Chambre de compression	41,9 litres
Vitesse de régime	140 tours
Durée de l'essai	10 heures
Nombre de révolutions	82.647
Vitesse moyenne en tours par minute	137,74
Pression moyenne. { Premier cylindre	3 ^k ,52
{ Deuxième cylindre.	3 ^k ,70
Moyenne des moyennes	3 ^k ,61
Travail indiqué total	178,3 chevaux
Eau consommée par heure { Premier cylindre	1.950 litres.
pour réfrigération . . { Deuxième cylindre	2.130 —
Température de cette eau : 9 ^o ,3	
Élévation de température { Premier cylindre	38 ^o ,9
de l'eau { Deuxième cylindre	35 ^o ,3
Chaleur emportée par l'eau par heure	151.100 calories
Eau de réfrigération consommée par chev.-h. indiqué	22,9 litres
Coke consommé . } au gazogène	1.024 kilogrammes
{ à la chaudière	112 —
Travail en eau montée	131,9 chevaux
Rapport du travail indiqué au travail en eau montée	0,74
Consommation de { dans le gazogène	0 ^k ,574
coke par cheval- { dans la chaudière	0 ^k ,063
heure indiqué . } totale	0 ^k ,637
Consommation de coke { dans le gazogène	0 ^k ,776
par cheval-heure en { dans la chaudière	0 ^k ,085
eau montée . . . } totale	0 ^k ,861
Consommation totale de coke par cheval-heure effectif	0 ^k ,740
Nature du coke	Coke de gaz (Charbon de la Sarre)
Pouvoir calorifique du coke par kilogramme	7.338 calories
Pouvoir calorifique du gaz par mètre cube	1.202 calories
Eau consommée par { par heure	1.042 litres
le gazogène . . . } par cheval-heure indiqué	5,85 litres
Quantité totale d'eau consommée par cheval-heure indiqué	28,75 litres

Cet essai a été fait à l'usine hydraulique de Bâle; le résultat obtenu est intéressant, attendu qu'on a développé par kilogramme de coke un travail de 313.000 kilogrammètres en eau montée; c'est un rendement net de 10 %.

La consommation de gaz par cheval-heure indiqué a été de 2.721 litres.

Dans cette remarquable installation, le moteur commande par dix câbles de coton (de 50 millimètres de diamètre) une pompe à trois cylindres, mesurant 260 millimètres de diamètre et ayant 0^m,70 de course; la vitesse de la pompe est de 60 tours par minute. On peut admettre que la pompe donne un rendement mécanique de 92 %; la transmission par câble absorbe d'ailleurs environ 4 %; enfin le moteur a un rendement organique de 84 %. On a donc en définitive $0,92 \times 0,96 \times 0,84 = 0,74$: c'est le rapport trouvé entre le travail en eau montée et le travail indiqué par le moteur.

Le bilan de la machine s'établit comme il suit :

Chaleur emportée par l'eau de réfrigération	25,9 %
— — par les gaz de la décharge et perdue	
par rayonnement	54,8
Chaleur transformés en travail (indiqué)	19,3
	<hr/> 100,0

65. — *Essais comparatifs faits à Berlin en 1896 (avril à juin) par M. PETRÉANO, sur les consommations d'un moteur Petréano de 4 chevaux en divers combustibles (1).*

COMBUSTIBLES	POUVOIR calorique	CONSOMMATION par cheval-heure indiqué	PRIX (en Allemagne)	
			par unité	par cheval- heure indiqué
Gaz d'éclairage.	5.000 par M ³ .	380 à 450 litres.	12 ^c ,5 par m ³	5 à 6 cent.
Alcool à 90° . .	6 000 par kilog.	320 à 400 gr.	25 cent.p.kil	10 —
à 80°	5.279 —	450 à 500 —	21 —	10 à 13 —
Benzol.	2.400 —	190 à 200 —	37,5 —	6,5 —
Benzine	1.200 —	240 à 260 —	25 —	6 à 7 —
Pétrole (D=0,8)	10.500 —	250 à 280 —	21 —	5 à 7 —
Pétrole brut. .	11.000 —	240 à 270 —	12,5 —	12,5 —

(1) Les chiffres ci-après sont reproduits d'après une communication faite par M. Petréano

66. — *Résultats des essais faits à l'usine des Tramways de Lausanne du 7 septembre au 6 décembre 1896 sous la direction de M. PALAZ.*

Moteurs Crossley.
 Gazogènes Taylor (Fichet et Heurtey).
 Charbon employé. Anzin ou Charleroi criblé à 15^{m/m}

	Consommation de combustible	Kilowatts-heures produits
Septembre.	23.181 ^k .	24.283 ^k , 2
Octobre	45.267	47.871 , 8
Novembre et Décembre.	49.348	59.212 , 9
Totaux.	117.746	131.367 ^k , 9

Moyenne 882^{cr}. par kilowatt-heure.
 Rendement de la dynamo 0,89
 Consommation par ch.-heure électrique. 649 grammes.
 — par ch.-heure effectif. . 577 —

Ce chiffre a été relevé en marche industrielle pendant trois mois, en tenant compte des périodes d'allumage et d'arrêt, et des consommations de nuit et de jour des gazogènes au repos.

à la Société allemande d'Agriculture, sous le titre « *Vortrag über spiritus Gasmotoren und Vorführung eines solchen* »; ce travail a été inséré dans le tome XII du *Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft*, 1897.

67. — Résultats des essais de concours faits à Teruueren (Bruxelles) en juillet 1897,
sur moteurs et locomobiles à pétrole.

	MOTEURS			LOCOMOBILES		
	Nagel et Hermann (Gnôme)	Capitaine	Société française de Vierzon	Swiderski	Société française de Vierzon	Hille
		4 chevaux	4 chevaux	8 chevaux	8 chevaux	10 chevaux
Puissance nominale	5 chevaux	160 m/m	180 m/m	240 m/m	250 m/m	220 m/m
Diamètre du cylindre	200 m/m	0 ^m , 170	0 ^m , 180	0 ^m , 240	0 ^m , 380	0 ^m , 400
Course du piston	0 ^m , 190	320	320	260	220	240
Nombre de tours par minute.	300	630 ^k .	800 ^k .	2 450 ^k .	4 000 ^k .	4 250
Poids du moteur	1.050 ^k .					
Consommation horaire (sur piston à vide).	1.430 gr.	740 gr.	1.590 gr.	1.670 gr.	2.180 gr.	1.140 gr.
Travail effectif	5 ^{ch} , 1	4 ^{ch} , 5	5 ^{ch} , 4	8 ^{ch} , 2	9 ^{ch} , 0	9 ^{ch} , 1
Vitesse relevée	288 tours	334 tours	354 tours	274 tours	219 tours	240 tours
Consommation par cheval-heure { sur piston à la lampe totale.	486 gr.	511 gr.	593 gr.	484 gr.	402 gr.	568 gr.
	130	130	250	—	220	65
	616	641	843	—	622	638
Prix du moteur.	2.500 fr.	2.275 fr.	2.500 fr.	5 000 fr.	5.400 fr.	7.000 fr.

68. — Résultats des essais faits le 17 février 1897, sur un moteur Diesel, par M. SCHRÖETER.

Diamètre du cylindre.	250 millimètres
Course du piston	0 ^m ,8985
Diamètre du compresseur d'air	70 millimètres
Course du compresseur d'air.	0 ^m ,200 —
Longueur du levier de frein.	1 ^m ,274 —
Constante $\frac{2\pi l}{60 \times 75} =$	0,0017788

	PLEINE CHARGE		DEMI-CHARGE	
Nombre de tours à la minute.	171,8	154,3	154,1	158,0
Travail moteur indiqué en chevaux.	27,85	24,77	17,71	17,72
Travail compresseur indiqué en ch ^r	1,29	1,17	1,14	1,20
Travail net	26,56	23,60	16,57	16,52
Charge du frein en kilogrammes.	65	65	35	35
Travail effectif en chevaux.	19,87	17,82	9,58	
Rendement organique.	0,748	0,785	0,578	0,596
Durée de l'essai en minutes	60	60	60	60
Consommation de pétrole par cheval-heure indiqué en grammes.	185	180	191	195
Consommation de pétrole par cheval-heure effectif.	247	238	278	296
Chaleur transformée en travail indiqué	33,7 %	34,7 %	38,9 %	37,9 %
Chaleur transformée en travail effectif	25,2	26,2	22,5	22,6
Chaleur emportée par l'eau.	39,0	40,3	45,1	43,3
Chaleur emportée par la décharge des gaz.	27,3	25,0	16,0	18,8
Température des gaz de la décharge	404°	378°	260°	260°

Voici encore quelques données relatives à ces importantes expériences, dont on a tant parlé :

Densité du pétrole à 24°	0,7895
Provenance	Amérique.
Pouvoir calorifique par kilogramme : 10.935 à	11.120 calories
(vapeur d'eau condensée).	

Le rendement thermique du moteur ressort donc, pour un pouvoir moyen de 11.015 calories, à :

$$\frac{270.000}{11.015 \times 0,238 \times 425} = 24,2 \%$$

M. Schroeter a annoncé un rendement meilleur en prenant pour pouvoir calorifique du pétrole, ce qu'il appelle son *pouvoir inférieur*, obtenu en retranchant les calories correspondantes à la condensation de l'eau de combustion. Mais cette manière de faire n'est pas en usage en France et nous ne l'emploierons pas, parce qu'elle fournit des résultats qui ne sont pas comparables à ceux que nous donnons pour les autres moteurs.

La température de l'eau de circulation a été en moyenne égale à 22°,27 à pleine charge et à 19°,87 à demi-charge. Il passait dans l'enveloppe à peu près 1.300 litres d'eau par heure à pleine charge.

69. — *Résultats des essais faits sur deux moteurs Charon, à Saint-Etienne, le 29 mars 1897, par M. RATEAU, ingénieur au Corps des Mines.*

MOTEUR DE 10 CHEVAUX

Bras de levier du frein.	0 ^m ,981
Charge totale.	29 ^k ,4
Nombre de tours par minute	258,5
Travail effectif	10 ^h ,86
Consommation par cheval-heure effectif en gaz réduit à 0° et 760 millimètres	472 litres.

MOTEUR DE 50 CHEVAUX

Bras de levier du frein.	2 ^m ,50
Charge totale.	96 kilogr.
Nombre de tours par minute	148
Travail effectif	49,8
Consommation par cheval-heure effectif en gaz réduit à 0° et 760 millimètres	444 litres.

Le pouvoir calorifique du gaz n'a pas été indiqué dans le procès-verbal des essais.

70. — *Expériences faites à l'usine électrique de la gare de Tergnier, les 14 et 15 mai 1897, sur un moteur Charon, à deux cylindres, par MM. RANCIAT et DESCAMPS.*

Diamètre des cylindres.	360 ^m / ₁₆
Course des pistons	0 ^m ,600

Puissance.	60 chevaux.
Température ambiante.	16°
Hauteur barométrique.	0 ^m ,770
Bras de levier du frein (équilibré).	1 ^m ,810
Pression du gaz au compteur.	38 à 40 ^m / ^m d'eau

ESSAI AU FREIN

	1 ^{er} essai.	2 ^e essai.	3 ^e essai.	4 ^e essai.
Durée de l'essai.	1 heure	1 heure	1 heure	1 heure
Charge effective du frein.	79 kil.	106 kil.	132 kil.	158 kil.
Nombre de tours par minute.	154	155	154	154
Consommation de gaz pendant l'essai en litres	24.180	24.410	25.940	28.920
Travail effectif en chevaux	30,8	41,53	51	61,65
Consommation par cheval-heure en litres	785	587,7	503	469

Les quatre essais se sont suivis sans interruption, c'est-à-dire sans décharger le moteur, de telle sorte que l'expérience en charge, commencée à 2 heures 13 minutes, a continué jusqu'à 6 heures 31 minutes. La température de l'eau de circulation a varié entre 75° et 90°, sauf pendant la deuxième demi-heure de la deuxième expérience, où elle a été maintenue à 60°, sans d'ailleurs que la consommation de gaz ait sensiblement augmenté.

La consommation d'eau de circulation a été relevée ; elle a donné les résultats suivants :

Expérience n° 1. — 740 litres à l'heure, soit 24 litres par cheval-heure.				
— n° 2. — 1110 — — — — 27 — —				
— n° 3. — 1200 — — — — 23 ¹ ,5 — —				
— n° 4. — 1500 — — — — 24 ¹ ,3 — —				

Des expériences ont été faites sur la dynamo à charge différente en faisant passer le courant dans une cuve d'électrolyse à eau acidulée entre deux lames de plomb. Deux expériences d'une heure ont été faites ainsi : l'une à environ 40 chevaux, l'autre à près de 60 chevaux. Les kilowatts étaient enregistrés par le compteur de l'Usine électrique, dont le coefficient de correction est : 8,35.

EXPÉRIENCE N° 1.

Compteur électrique		Compteur à gaz
A 9 h.,50 ^m	3.873 kw.	33.400 litres
10 h.,50	<u>3.900</u>	<u>58.580</u> —
Différence = $\frac{27}{27} \times 8,35 = 22 \text{ kw.,545}$		Différence = $\frac{25.580}{25.580}$

Le kilowatt est donc donné par $\frac{25.580}{22.545} = 1.135$ litres de gaz.

EXPÉRIENCE N° 2

Compteur électrique		Compteur à gaz
A 11 h.,6 ^m	3.906 kw.	65.000 litres
12 h.,6	<u>3.946</u>	<u>94.080</u> —
Différence = $\frac{40}{40} \times 8,35 \text{ kw.,400}$		Différence = $\frac{29.080}{29.080}$

Le kilowatt est donc obtenu, à la charge normale de 60 chevaux, avec

$$\frac{29,080}{33,400} = 865 \text{ litres.}$$

Il est extrêmement regrettable que, dans ce bel essai, le pouvoir calorifique du gaz n'ait pas été déterminé.

71. — *Résultats d'un essai fait à Bordeaux, le 9 juillet 1897, sur un moteur Charon, par MM. GÉRARD, JOUANDOT, BREITMAYER et ARTIGUE.*

Longueur du bras de levier du frein.	2 ^m ,005
Nombre de tours par minute.	146
Charge du frein.	163 ^k ,34
Puissance du moteur.	60 chevaux.
Nombre de cylindres.	2
Diamètre des cylindres.	360 ^m / _m
Courses du piston.	0 ^m ,600
Consommation de gaz par heure.	28 mètres cubes.
Travail effectif.	60 chevaux.
Consommation par cheval-heure effectif.	466 litres.

Le pouvoir calorifique du gaz n'est pas connu.

72. — *Procès-verbal des essais faits à Lisors (Eure), le 15 février 1898, sur un moteur Charon marchant au gaz Riché, par MM. LEMERLE, PATOUREAU, JACQUIN, RICÉ, etc.*

Puissance du moteur	12 chevaux
Diamètre du cylindre	290 millimètres
Course du piston	0 ^m ,460
Nombre de tours par minute	160
Teneur du gaz } en CO ²	18 %
} en CO	22 %
Pression au gazomètre	50 millimètres d'eau.

1° *Frein de Prony à bascule.*

Longueur du bras du levier.	2 ^m ,02
Tare du frein	5 ^k ,500

Durée des essais	Charges réelles du frein	Nombre de tours par min.	Travail effectif	Consommation par cheval-heure effectif
1 heure	30 ^k ,0	164,5	13 ^{ch} ,95	807 ^{lit} ,4
1 —	14,5	168	6,87	1.171,0
30 minutes	22,5	167	10,46	892,9

2° *Frein à cordes.*

Diamètre du volant.	1 ^m ,800
Diamètre de la corde.	0,030
30 minutes	15 ^k 170 8 ^{ch} ,25 1.90i litres.

73. — *Résultats des essais faits à Londres, le 25 Mai 1898, sur un moteur Crossley marchant au gaz Riché (1) par M. ROESSLER, ingénieur de la Incandescent gas Light C^o;*

Frein.	à cordes
Diamètre de la poulie = D	1 ^m ,400
Diamètre de la corde = e	0,020

(1) Nous empruntons ces chiffres à l'ouvrage de MM. Vigreux et Bardolle : *Le Gaz Riché*. Paris, Masson, 1898.

P et p. . . charge et décharge du frein;
 n nombre de tours par minute.

$$\mathcal{C} = \frac{2 \pi (D + e)}{2 \times 60 \times 75} (P - p) n.$$

Durée	P	p	n	Travail effectif	Consommation par cheval-heure effectif.
15 min.	31 ¹ ,500	5,500	222	5 ^{ab} ,72	990 litres
15 »	29,150	5,000	226	5,41	1.018 »
15 »	24,900	4,000	224	4,63	1.280 »
15 »	16,000	2,000	224	3,10	1.521 »
15 »	10,000	1,000	200	1,78	1.906 »
15 »	5,500	1,500	216	0,85	3.495 »
30 »	à vide	à vide	218	0	

74. — *Résultats des essais faits en marche industrielle, sur un gazogène Pierson, installé à l'imprimerie L. Danel à Loos (Nord), les 18, 19 et 20 Juin 1898 par M. A. WITZ.*

Ces essais avaient pour objet de déterminer la puissance et la consommation de ce gazogène dans les conditions normales et habituelles de son fonctionnement avec du charbon du Nord, coûtant beaucoup moins cher que de l'antracite anglais.

Charbon employé. Braisette Lagrange d'Anzin.
 Hauteur de la cuve du gazogène 1^m,300
 Diamètre. 0,500
 Surface de chauffe de la chaudière. 2 mètr. carrés.

L'appareil ne comporte ni surchauffeur de vapeur, ni réchauffeur d'air : on exige une épuration complète du gaz.

Première journée : 18 juin.

Durée du travail. 11 h., y compris 1 h. d'arrêt.
 Consommation de charbon. 186 kilogrammes
 — de coke. 41^k,5
 Production de gaz 896,4 M³ à 0° et 760 ^{mm}/_m
 Pouvoir calorifique du gaz. 1208 calories.

Arrêt, feux couverts :

Durée de l'arrêt.	37 heures
Consommation de charbon.	84 kilogrammes
— — par heure.	2*,8.

Deuxième journée : 20 juin.

Durée du travail.	11 h., y compris 1 h. d'arrêt.
Consommation de charbon.	204 kilogrammes
— de coke.	85*,5
Production de gaz	892,0 M ³ à 0° et 760 m/m
Pouvoir calorifique du gaz.	1288 calories.

Dans cette journée on donna moins de vapeur d'eau ; le gaz fut plus riche, mais on consomma un peu plus de charbon. L'épuration fut excellente dans les deux cas (1).

75. — *Extrait du procès-verbal des essais faits à Calais, les 28, 29 et 30 juillet 1898, sur un gazogène Riché (au bois et à la houille) par MM. LARSEN, NORDIN, ELMQUIST, ANDERSON, etc.*

La Société Générale des Industries économiques avait garanti que le gazogène Riché distillerait par 24 heures :

	1.400 kilogrammes de bois,
	700 — de houille,
et produirait :	
	200 — de charbon de bois sec,

en même temps qu'il alimenterait un moteur Charon de 50 chevaux.

L'essai avait pour objet de contrôler l'exécution de ces garanties.

En réalité, le gazogène a distillé par 24 heures :

	1.362 kilogrammes de bois,
	550 — de houille,
en produisant :	
	206,5 — de charbon de bois sec.

(1) Nous publierons plus tard des expériences plus complètes sur ces gazogènes.

Quant au moteur, il a fourni le travail ci-dessous.

Longueur du bras de levier du frein de Prony.	2 ^m ,040
Charge nette du frein	130 kilogrammes.
Nombre de tours par minute	149

$$\bar{C} = \frac{2 \times 3,1416 \times 149 \times 130}{60 \times 75} = 55^{\text{th}},25.$$

Ce gazogène est installé à la Société *La Scierie Française*; le bois^s distillé se composait de déchets provenant de la scierie, et de doses de bois flottés.

Il eut été intéressant de connaître la quantité et la qualité du gaz produit.

76. — *Résultats principaux des essais faits à la Société Cockerill à Seraing, les 19 et 20 Juillet 1898, sur un moteur Simplex alimenté par des gaz de hauts fourneaux, par M. A. WITZ.*

Ce moteur était alimenté par les hauts fourneaux de la Société Cockerill, sans qu'on se préoccupât de leur allure, qui était l'allure courante.

Le moteur avait les dimensions suivantes :

Diamètre du cylindre.	0 ^m ,800
Course du piston.	1 ^m ,000

Sa vitesse de régime était de 105 tours par minute.

Le travail était dépensé sur un frein à cordes.

Diamètre du frein, corde comprise	1 ^m ,546
Circonférence.	4 ^m ,857

L'essai a duré 24 heures durant lesquelles on a relevé les chiffres moyens ci-dessous :

Vitesse moyenne en tours par minute.	105,20
Charge moyenne nette du frein	1595 ^h ,45
Travail effectif moyen	181 ^h ,16
Nombre moyen d'admissions	47,00 par min.

$$\text{Proportion} = \frac{47}{52,6} = 89,3 \text{ p. } \%$$

Cinq essais de consommation ont donné les moyennes notées dans le tableau synoptique ci-joint.

Consommation à 0° et 760 mm par heure	Charge du frein	Vitesses en tours	Travail effectif	Pouvoir calorifique du gaz	Consommation par chev.-heure eff.
576 m ³	1619 ^k ,5	104,82	182 ^{ch} ,34	1001 cal.	3 ^m ,159
605	1618	105,90	184 ,94	978	3 ,271
611	1626	102,20	179 ,86	993	3 ,407
616	1574	105,40	179 ,06	937	3 ,440
618	1551	109,54	183 ,88	999	3 ,370
Moyennes : 605m³	1597^k,7	105,47	181^{ch},82	981 cal.	3 ,329

Les consommations d'eau ont été les suivantes par cheval-heure effectif.

Aux scrubbers 30 litres
 Au cylindre 72 —

La dépense de lubrifiant a été de 13 grammes d'huile et de 2,3 grammes de graisse solide par cheval-heure effectif.

La vitesse a été d'une constance remarquable.

J'ai conclu mon rapport par les mots ci-dessous :

« La Société Cockerill possède un moteur de 200 chevaux qui lui donne le cheval-heure effectif par 3,5 mètres cubes environ de gaz de ses hauts fourneaux, en consommant par heure et par cheval effectif près de 100 litres d'eau et moins de 18 grammes d'huile et de graisse ; sa marche est aussi régulière que celle d'une machine à vapeur et les poussières du gaz ne nuisent en rien à son fonctionnement continu.

CHAPITRE VII

MONOGRAPHIE DES PRINCIPAUX MOTEURS A GAZ

I

Moteurs du premier type (1) à (explosion, sans compression)

Nous ne maintenons ce paragraphe que pour faire mémoire de ces petits moteurs d'autrefois, simples et robustes, très ramassés, peu coûteux d'achat, mais ruineux par leur consommation, qui ont été supplantés entièrement par les moteurs à quatre temps, que l'on établit aujourd'hui à aussi bas prix, dans des conditions excellentes, et dont le rendement est devenu fort bon.

Le moteur sans compression n'a plus de raison d'être maintenant; on n'en construit pour ainsi dire plus.

II

Moteurs du deuxième type à deux temps (genre Clerk) (2)

Le moteur à deux temps, donnant une impulsion motrice par tour, a eu longtemps ses partisans; je ne sais s'il lui en reste encore beau-

(1) Nous avons décrit, dans le tome I^{er}, les moteurs Lenoir, Bénier, Forest, Economic, de Bishop, François et Laviornery; dans le tome II, le moteur Lentz.

(2) Voir tome I^{er}: moteurs Clerk, Stockport, Benz, Baldwin, Ravel, Midland et Dot, Trent. Tome II: moteurs Connelly, Campbell, Ravel, Day, Bénier.

Nous prendrons la suite de ces monographies en commençant par le numéro 13.

coup. Il faut reconnaître qu'on n'en invente pas de nouveaux et qu'il en disparaît au contraire quelques-uns chaque année. Le succès des moteurs à double effet est d'ailleurs de nature à détourner les constructeurs de cette solution, puisqu'on peut combiner ainsi l'économie indiscutée du cycle à quatre temps avec l'avantage d'obtenir une explosion à chaque tour.

Avant d'entreprendre la description des rares nouveaux moteurs parus depuis 1894, nous ferons une revue rapide de ceux qui ont déjà été signalés et qui se construisent encore.

Ils ne sont pas nombreux !

On ne parle guère des moteurs Clerk, Ravel et Campbell.

Les moteurs-gazogènes Bénier ont au contraire répondu aux espérances que nous fondions sur eux et ils ont justifié les pronostics que nous avons formulés ; d'après des renseignements officiels qui nous ont été fournis, il y a aujourd'hui près de 70 moteurs en service, d'une puissance totale de plus de 1.100 chevaux.

MM. Bénier ont trouvé, il faut le reconnaître, la meilleure solution du problème de la marche aux gaz pauvres pour les moteurs d'une puissance inférieure à 30 chevaux : jusque-là les gazogènes ordinaires présentent certaines difficultés d'emploi, occasionnées surtout par la faible masse du combustible renfermé dans la cuve ; les gazogènes à aspiration se prêtent au contraire fort bien à ces puissances réduites et il semble même que ce soient les meilleures conditions de leur emploi.

Voici quelques-unes des installations faites en France et à l'étranger par la Société des Moteurs-Gazogènes Bénier.

FIRMES.	CONDITIONS D'EMPLOI	PUISSANCE
J. Fournier à Lyon	Force et lumière	25 chev.
Ferrier à Tonneins	Tournage	6
Buschetto à Toulouse	Vermicellerie	22
Collège Stanislas à Paris	Éclairage électrique	50 + 25
Station d'Amplepuis	Électricité	15
Gillibert à Valence	Minoterie	15
Chavent à Lyon	Filature	15
Plessier à Landry	Retorderie	15
Spiess à Paris	Étampage	10
Magasins du Louvre	Éclairage électrique	40
Merlot à Nîmes	Minoterie	40

Séminaire d'Issy	Éclairage électrique. . .	15
Garnier à Doulevant	Filature de soie	10
Rodet à Dieulefit	Tissage.	10
Valence (Espagne).	Élévation d'eau	25
Odessa (Russie).	Éclairage électrique. . .	6
Bondréaux à Paris.	Éclairage électrique. . .	25
Courthial à Charmes	Filature de soie	15
Lecerf à Paris	Tissage.	10
Doublet à Paris.	Fonderie de caractères. .	10
Charton à Moutiérender	Minoterie.	10

Mes essais ont établi que le cheval-heure effectif s'obtient aisément par 750 grammes d'anthracite coûtant, à Paris, 55 francs la tonne; la dépense par heure ne dépasse donc guère la somme de 4 centimes,

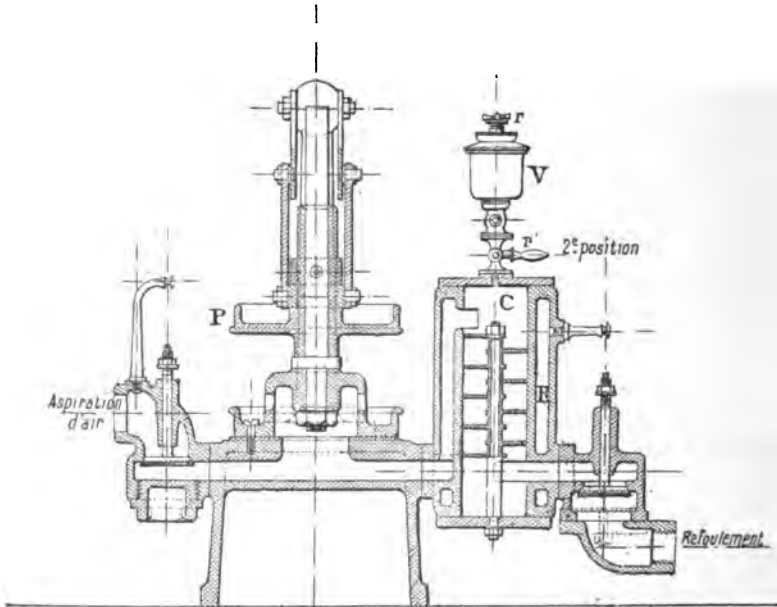


Fig. 47

alors que le meilleur des moteurs à gaz de ville consomme au moins 500 litres de ce gaz à 25 centimes le mètre cube, ce qui fait plus de 12 centimes à l'heure. Le moteur gazogène procure donc une économie sensible sur l'emploi du gaz de ville : c'est ce qui a fait son succès.

La mise en train des gros moteurs présentait certaines difficultés, que les ingénieurs de la Société ont écartées en créant un appareil de mise en marche à la gazoline représenté sur la figure 47. Il se compose d'une pompe à soufflet P; le refoulement est relié au moteur par un tuyau de caoutchouc, dont le raccord se visse sur un robinet fixé sur le fond de la pompe à gaz du moteur. Cette pompe aspire de l'air et le refoule dans un petit carburateur C, surmonté d'un récipient en verre V muni de deux robinets *r* et *r'*. Le carburateur C est entouré d'un réchauffeur R que l'on remplit d'eau chaude, pour éviter le grand abaissement de température produit par la vaporisation de la gazoline. Quand on veut opérer une mise en route, on remplit d'abord de gazoline le récipient V et l'on met le piston dans la position fond-de-course-avant. On ouvre ensuite le robinet placé sur le fond de la pompe à gaz et qui communique avec le refoulement de l'appareil de mise en marche. Il suffit alors d'ouvrir le robinet *r* et de pomper une vingtaine de coups pour un moteur de 20 chevaux : le robinet de la pompe du moteur étant fermé, il faut ouvrir le robinet de compression placé sous le cylindre moteur, interrompre le contact électrique et ramener le piston en arrière à la main ou par le vireur. Le piston étant arrivé aux $\frac{2}{3}$ de sa course arrière, on ferme le robinet de compression et l'on effectue l'allumage électrique : l'explosion pousse le piston en avant. Dès que le moteur a fait un tour, on ouvre de nouveau le robinet de la pompe à gaz et l'on met le robinet *r'* dans sa deuxième position : il passe un peu de gazoline à travers un trou pratiqué dans le robinet, qui suffit pour entretenir le mouvement. Aussitôt que le moteur a pris sa vitesse, on referme le robinet de la pompe. Toute cette manœuvre s'est faite le gazogène fermé : on l'ouvrira sans tarder dès que la mise en train sera opérée.

Il existe un appareil analogue, mais plus simple, marchant au gaz de ville : il est préférable de l'employer quand on a ce gaz à sa disposition.

La marche du moteur Bénier est fort régulière et remarquablement silencieuse; à cet égard, cette machine convient très bien pour des installations privées d'éclairage et pour les petites industries établies dans les grandes villes au milieu des habitations.

13. — *Moteur von Œchelhaeuser.*

Ce moteur est à deux temps, à haute compression, et il est caractérisé par l'emploi de deux pistons opposés marchant en sens contraire dans un seul cylindre. Le premier brevet allemand est daté du 8 juillet 1892, le dernier du 7 novembre 1896; la patente française a été prise le 16 novembre suivant. M. von Œchelhaeuser est directeur général de la Compagnie continentale allemande à Dessau et il s'est fait connaître depuis longtemps par ses travaux sur les moteurs à gaz; c'est lui qui, dès l'année 1887, créa une station d'électricité mue par des moteurs à gaz de grande puissance, prenant ainsi une initiative féconde dont les résultats ont été des plus brillants; c'est lui encore qui a, le premier en Allemagne, trouvé le moyen d'utiliser les gaz de hauts fourneaux pour la production de la force motrice. Une note parue le 12 septembre 1896, dans le *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung* signalait déjà que des essais avaient été effectués à Hörde en Westphalie, à la suite desquels on avait commandé à la *Berlin-Anhaltischer Maschinenbau Actien Gesellschaft* deux moteurs de 600 chevaux effectifs. Nous tenions à relever ces dates et ces chiffres pour tenter d'élucider la question des antériorités dans cette curieuse utilisation des gaz de hauts fourneaux. Ajoutons que M. von Œchelhaeuser a eu pour collaborateur M. Junkers, professeur au Polytechnikum d'Aix-la-Chapelle et bien connu par son calorimètre à combustion.

Le premier moteur von Œchelhaeuser est représenté sur la figure 48; il était destiné spécialement aux grandes puissances et il devait fonctionner à des pressions explosives très élevées, atteignant 60 kilogrammes dans la pensée de l'inventeur; on éprouva à cet égard quelques déceptions. Le principe de cette machine était d'ailleurs basé aussi sur une expulsion complète des produits de la combustion et l'on prit, à cet égard, des dispositions qui devaient assurer ce résultat et conduire aux heureuses conséquences que l'on en espérait.

Le cylindre moteur A de cette machine renferme deux pistons B et C, conjugués par les trois manivelles à 180°, D, E et E' d'un arbre à vilebrequin de très grande longueur; les manivelles E déterminent

(1) Cf. Tome 2, page 352.

donc un mouvement contraire du piston postérieur par rapport au piston antérieur, relié à la manivelle D. Mais les tiges qui relient

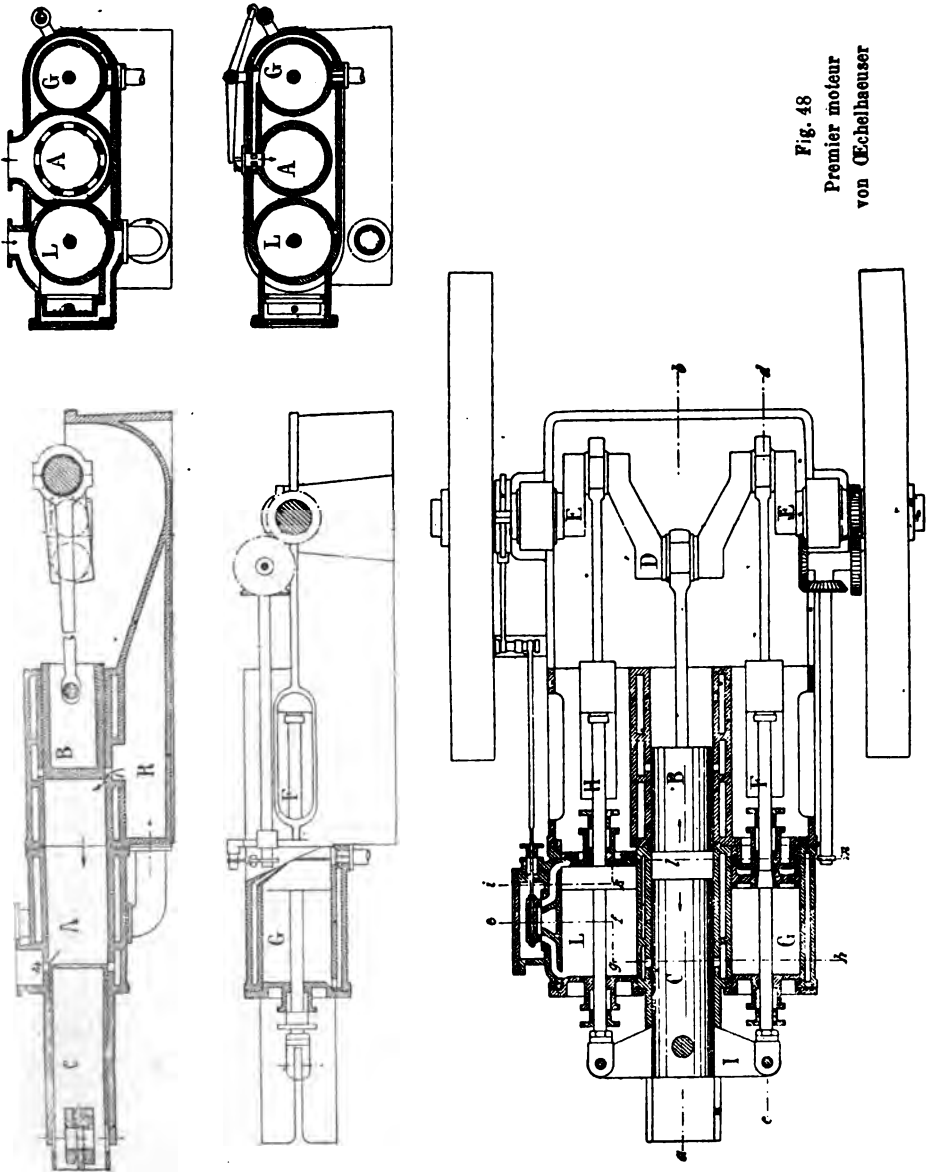


Fig. 48
Premier moteur
von Oechelhaeuser

l'arbre à la tête I du piston D portent l'une et l'autre un piston à double effet, appelant et comprimant de l'air dans le cylindre L et du gaz dans le cylindre G. L'air est refoulé dans le réservoir R ménagé dans le bâti de la machine; le gaz est servi directement au cylindre A par la soupape *v*, visible sur la coupe inférieure de notre dessin.

Le plan fait voir les deux pistons B et C au moment où l'explosion se produit entre eux; la coupe longitudinale supérieure montre au contraire les deux pistons dans leur plus grand écartement, alors que l'un et l'autre ont démasqué les ouvertures 1 et 2. La décharge se fait par ces ouvertures 2, disposées en couronne sur tout le pourtour du cylindre; les ouvertures 1 ouvrent en même temps le chemin à l'air comprimé, qui prend le cylindre en diagonale et le parcourt dans toute sa longueur, refoulant devant lui les gaz brûlés et les expulsant complètement. Cette expulsion s'opère avec une grande rapidité et elle doit être parfaite, sans qu'il en coûte une grande dépense d'énergie. Au retour, les pistons emprisonnent de l'air pur entre eux et il le compriment rapidement; la soupape *v* s'ouvre au moment voulu et le gaz combustible pénètre à son tour dans le cylindre. J'estime que le mélange du comburant et du combustible ne peut pas se faire suffisamment bien dans ces conditions et je crains qu'il n'en résulte des combustions imparfaites.

Il est à observer que le dispositif que nous venons de décrire a l'avantage de produire une détente très rapide des gaz de l'explosion ce qui est un élément excellent de marche : d'autre part, on a évité les pertes de gaz qui sont à craindre dans tous les moteurs à deux temps avec balayage des produits. Ces dispositifs sont donc très louables à cet égard; ils ont d'ailleurs l'avantage d'une grande simplicité.

Les résultats obtenus avec cette machine furent excellents; une machine de 80 chevaux consomma, dit-on, moins de 500 litres de gaz par cheval-heure effectif, dès 1893, alors que l'on était peu habitué encore à un aussi beau rendement. On aurait encore obtenu mieux, si la compression eut pu être établie à 60 kilogrammes, ainsi qu'on l'avait projeté d'abord; il est vrai qu'en cette matière il est plus aisé de promettre que de tenir.

Mais un plus beau succès était réservé à M. Oechelhaeuser dans la voie nouvelle de l'emploi des gaz de hauts fourneaux : il fallut toute-

fois modifier légèrement la machine primitive. En effet, la pauvreté relative de ces gaz imposait de modifier complètement la composition du mélange tonnant tout en augmentant sa compression; il en résultait que le volume du cylindre à gaz augmentait notablement et que le travail de compression croissait, ce qui mettait le vilebrequin de l'arbre de couche dans des conditions mécaniques défec- tueuses. On résolut donc d'effectuer le mélange dans le cylindre moteur lui-même et de l'y comprimer : cela permettait de suppri- mer les cylindres auxiliaires L et G. L'air comprimé nécessaire pour balayer le cylindre devait être emprunté à la canalisation d'air com- primé qui se trouve dans tout établissement métallurgique pourvu d'un haut fourneau; quant au gaz du haut fourneau, il était seulement aspiré par une petite pompe de secours disposée en tandem derrière le cylindre moteur et dans le prolongement de son axe; cette pompe sera d'ailleurs inutile dans la plupart des installations. Une autre modification a été apportée dans la forme du cylindre moteur. Au lieu d'y introduire le gaz combustible par une soupape, on l'y fait pénétrer par une seconde couronne d'ouvertures pratiquées dans la paroi circulaire, et débouchant sur un canal annulaire dans lequel le gaz est admis par une soupape commandée par le régulateur. Le gaz ne pénètre dans le cylindre qu'un instant après qu'un premier balayage a été opéré par l'air comprimé; il ne peut donc pas se produire de perte de ce chef.

Les inventeurs ont même prévu un dispositif permettant de mêler un peu d'air au gaz dans la canalisation d'accès au cylindre; la diffu- sion du combustible dans le comburant sera ainsi rendue plus com- plète et la combustion mieux assurée.

En somme, cette nouvelle machine est une adaptation de la première à l'utilisation des gaz de haut fourneau. C'est sur ce type qu'a été construite la machine double de 600 chevaux commandée pour les usines de Hørde, et qui a été mise en marche au mois de janvier 1898, avec un entier succès, nous a-t-il été dit par un ingénieur qui s'in- téressait vivement à ces expériences.

Chaque machine a 480 millimètres de diamètre de piston, 0^m,800 de course et elle fait 175 révolutions à la minute; on a relevé aux essais une consommation maximum par cheval-heure effectif de 4 mètres cubes d'un gaz dont le pouvoir n'était que de 960 calories :

ce serait un résultat remarquable. Ce groupe de moteurs conduit une dynamo Schuckert à courant triphasé.

Nous regrettons de ne pouvoir donner plus de détails sur cette installation sur laquelle il n'a été fait encore aucune communication officielle, à notre connaissance.

Un moteur de 250 chevaux est installé à Magdebourg dans les *Krupp Gruson Werke*, et il fonctionne avec du gaz de four à coke. Pour réduire la consommation d'huile de graissage, on a pris des précautions spéciales pour laver le gaz; de plus les soupapes de décharge reposent sur des sièges refroidis par une circulation d'eau, et leurs tiges sont elles-mêmes guidées dans un long manchon à courant d'eau. Dans les mêmes ateliers, un autre moteur de 125 chevaux est alimenté de gaz pauvre fourni par un gazogène Fichet et Heurtey, de Paris. Nous sommes heureux de signaler ce succès en Allemagne d'un gazogène français.

14. — *Moteur Parker.*

Le fonctionnement à deux temps est obtenu dans ce moteur par l'adjonction d'un cylindre auxiliaire, de plus faible diamètre, placé à l'arrière du cylindre moteur et sur le même axe : ce petit cylindre est pourvu d'un piston qui participe aux mouvements du piston moteur, auquel il est réuni par une tige creuse. Le fond commun aux deux cylindres porte un distributeur à robinet, qui sert à la fois à admettre le mélange tonnant du petit cylindre dans le grand et à évacuer les gaz brûlés. Sur le fond extrême du petit cylindre est placée une soupape commandée ; le petit piston porte d'ailleurs une soupape automatique de retenue. Le dessin schématique de la figure 49 permet de se rendre compte de la disposition générale des éléments que nous venons d'indiquer.

Voici comment fonctionne ce moteur. Quand les pistons se déplacent de l'arrière à l'avant, il y a aspiration d'air et de gaz par la soupape S dans le petit cylindre ; à la course arrière, ce mélange soulève la soupape automatique S' et il passe dans l'espace annulaire qui entoure la tige commune des pistons. Mais le volume qu'il est ainsi appelé à occuper étant quatre fois moindre, il y a compression à environ 4 kilogrammes. Le robinet R est à ce moment fermé du côté de

l'échappement, mais il met en communication l'espace annulaire du petit cylindre et l'arrière du piston moteur ; le mélange passe donc dans le grand cylindre où il est enflammé par une étincelle électrique ; la course de retour du grand piston expulse enfin les produits de l'explosion. Comme ces opérations sont effectuées simultanément par les deux pistons, la marche est à deux temps et il y a deux impulsions par tour.

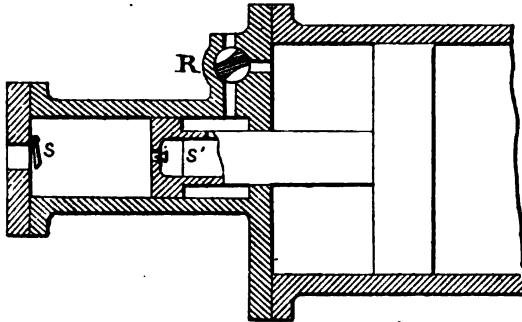


Fig. 49. — Moteur Parkor.

Le dispositif que nous avons décrit est ingénieux, mais on peut craindre que la haute température atteinte par les parois ne nuise à la conservation des soupapes dont le jeu et l'étanchéité assurent le bon fonctionnement du moteur.

15. — Moteur Southall (deux temps).

C'est un moteur de faible puissance, dont la distribution est réalisée au moyen de soupapes automatiques, disposées de manière à permettre de marcher dans les deux sens (fig. 50). Voici comment il fonctionne : l'explosion du mélange tonnant lance le piston en avant et les gaz brûlés se détendent jusqu'à ce que le piston découvre un orifice d'échappement ménagé dans la paroi supérieure du cylindre, vers le milieu de la course. Un clapet oscillant automatique, logé dans la boîte d'échappement et fortement chargé, livre issue aux gaz, mais retombe presque aussitôt, et le piston, continuant d'avancer, fait un certain vide derrière lui. Ce vide est suffisant pour que la soupape automatique d'admission, placée sur la culasse, quitte son siège et

laisse passer un mélange d'air et de gaz, qui envahit le fond du cylindre. Dans sa course de retour, le piston commencera aussitôt la compression du mélange ; il se peut que la pression devienne suffisante pour que la soupape de décharge s'entr'ouvre de nouveau, mais elle ne laissera échapper que les gaz brûlés qui se trouvent contre le piston. La compression s'achèvera avec la course de retour du piston ; puis l'allumage se fera de nouveau et ainsi de suite.

La marche à deux temps est donc réalisée par les moyens les plus simples. Si le cycle adopté n'est pas entièrement neuf, il faut reconnaître toutefois que la dépression produite dans le cylindre par l'échappement des gaz, durant la marche-avant du piston, est très ingénieusement utilisée pour provoquer l'appel du mélange tonnant à travers la soupape automatique d'admission.

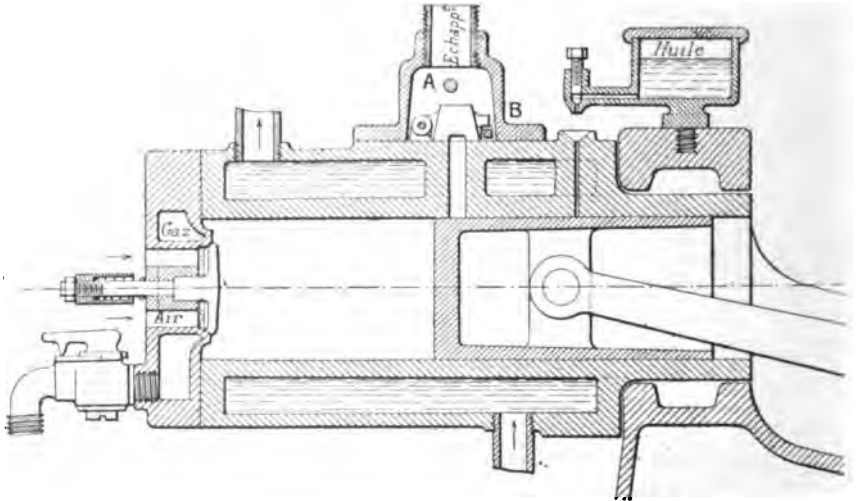


Fig. 50. — Moteur Southall.

Le régulateur intervient dans le fonctionnement en agissant sur la valve de décharge ; une tringle, traversant la boîte dans laquelle elle est placée, limite sa levée, de manière à conserver plus ou moins de gaz brûlés dans le cylindre et à diminuer l'appel produit par l'échappement. L'admission de gaz et d'air est modifiée par le fait même, et elle peut même être totalement supprimée.

Il est évident qu'un tel moteur, construit pour développer 50 kilogrammètres au plus, n'a pas la prétention de consommer aussi peu

que les moteurs ordinaires ; mais celui qui se servira de cette remarquable petite machine, ne regardera pas à quelques litres de plus ou de moins par heure. Ses constructeurs, MM. Hardy et Padmore, de Worcester, ont établi deux types de 56 et de 62 millimètres de diamètre et de 125 millimètres de course, faisant 400 révolutions par minute, et ne pesant que 100 kilogrammes, alors même que le volant, assez lourd, ait 480 millimètres de diamètre. Ces petites machines, d'une puissance égale à celle de l'homme, pourront rendre de grands services dans la petite industrie, aux ouvriers en chambre et aux amateurs. Elles pourraient aussi trouver leur place sur des voitures automobiles.

16. — Moteur Dufour.

La figure 51 représente ce moteur ; mais le dessin ne montre pas un réservoir d'air comprimé qui lui est annexé et qui communique avec les tuyaux A' à l'arrière et M à l'avant du cylindre. Cette machine est destinée à marcher à l'air carburé par l'essence de pétrole.

Le cylindre unique du moteur est compresseur d'air par la face arrière de son piston et moteur par sa face antérieure.

Considérons d'abord l'arrière du cylindre, fermé par le presse-étoupes E. L'air aspiré du dehors entre par la valve *c* et le tuyau A et il est refoulé au réservoir à travers la soupape *c'* par le tuyau A' : *s* est une soupape régulatrice de la pression du réservoir.

Le cylindre porte en son milieu une couronne circulaire de lumières recouvertes par le tiroir annulaire LL' établi en deux parties, de manière à pouvoir rester étanche ; c'est par ces lumières que s'échappent les gaz brûlés à la fin de la course motrice.

A l'avant du cylindre, nous voyons le siège O de la soupape K, glissant sur le tube W d'arrivée de l'air carburé ; ce tube est vissé sur la plaque Q, reliée au siège O par trois tiges R à épaulements. Deux évidements *p* et *p'*, pratiqués dans la tige creuse de la soupape livrent passage aux vapeurs de pétrole ; cette tige porte une chicane *y*, destinée à brasser le mélange du comburant et du combustible. Le tuyau M amène l'air, pris au réservoir d'air comprimé, alimenté par la face arrière du piston. L'air carburé arrive ainsi dans la chambre d'explosion du cylindre.

En J se trouve le tube d'allumage, vissé dans l'écrou H ; celui-ci porte une rainure dans laquelle est guidé l'obturateur I.

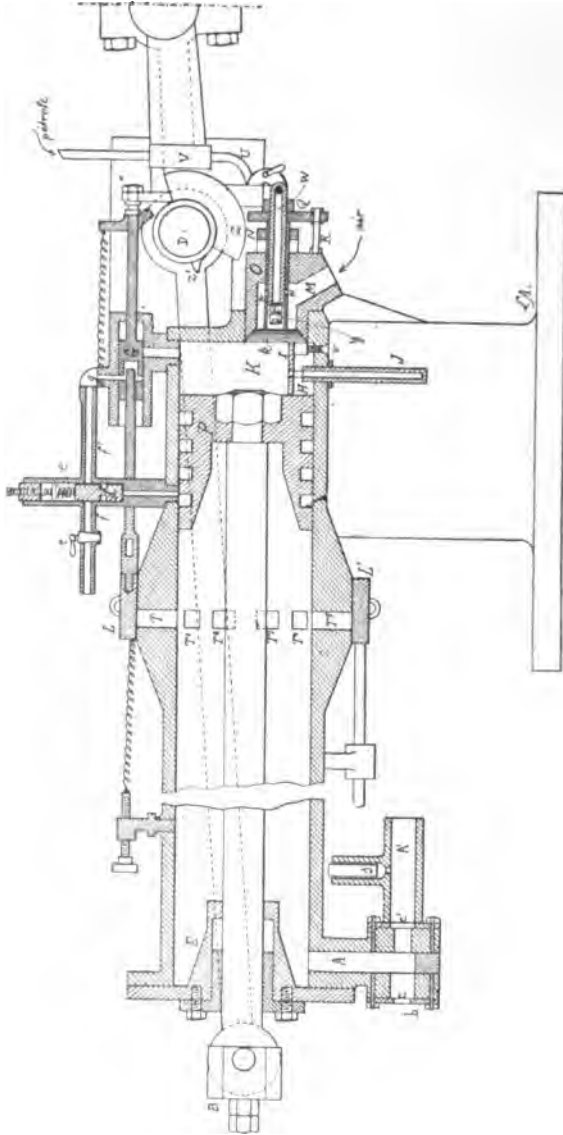


Fig. 51. — Moteur Dufour (L. A)

Au-dessus du cylindre est installé un régulateur à boules, agissant

par l'intermédiaire de tiges, sur un levier qui vient se placer entre O et N et empêche la soupape K de se lever.

En *e*, *f* et *f'*, on voit une pompe destinée à injecter de l'eau dans le cylindre lui-même pour assurer sa réfrigération.

L'arbre moteur D reçoit la poulie motrice ; il est coudé et porte deux excentriques qui commandent le tiroir annulaire L et la pompe à eau.

Il est aisé maintenant de comprendre que, dans sa marche de l'avant à l'arrière, le piston comprime de l'air dans le réservoir ; cet air revient du réservoir à l'avant et entre par M. Il rencontre l'essence de carburation et pénètre dans le cylindre K. En se soulevant, cette soupape déplace l'obturateur I du tube d'allumage J. Le cylindre se charge pendant que le piston revient de l'arrière à l'avant ; les orifices T étant fermés, il se produit de la compression. L'inflammation a lieu à fond de course et elle refoule le piston de l'avant à l'arrière. Les gaz brûlés sont évacués par les lumières T, découvertes à temps voulu par le tiroir annulaire L.

L'emploi d'un tiroir annulaire constitue une solution médiocre du problème de la marche à deux temps.

Il faut remarquer d'ailleurs que les dispositions des divers moteurs à deux temps que nous avons décrits ci-dessus ne sont pas toutes également neuves et originales.

III

Moteurs à quatre temps (genre OTTO (1))

Le plupart des moteurs que l'on construit aujourd'hui sont de ce type. On peut y distinguer deux genres ; dans le premier, la distribu-

(1) Voir tome Ier : Moteurs Otto, Crossley, Lenoir, Simplex, Kœrting (Boulet), Adam, Sombart, Martini, Durand, Daimler, Diederichs, Ragot, Gotendorff, Forest, Delahaye, Niel, Salomon, Atkinson, Charon, Lalbin, Poussant et Roger.

Tome II : Moteurs Otto, Crossley, Simplex, Niel, Charon, Compagnie parisienne du gaz, Letombe, Stockpoit (le triomphe), Ragot, Lévasseur, Capitaine, Fielding et Platt, Richardson et Norris (Robcy), Cadiot, Brouhot, Forward, Marjot, Crouan et Wertensbruch.

tion est effectuée par un arbre à cames, à demi-vitesse parallèle à l'axe du cylindre; dans les moteurs du second genre qui sont beaucoup moins nombreux, les soupapes sont attaquées par des tringles longitudinales, courant le long du bâti et du cylindre, actionnées par des manivelles ou par des excentriques montées sur un arbre à demi-vitesse, parallèle à l'arbre de couche, généralement placé près de lui. Ces deux genres sont équivalents au point de vue théorique.

Avant de faire la description des moteurs nouveaux, nous passerons rapidement en revue les moteurs plus anciens, déjà décrits dans nos volumes précédents, dont nous aurons à signaler quelques transformations, sinon des progrès remarquables.

Le moteur Otto célébrera bientôt le vingt-cinquième anniversaire de son premier brevet, j'allais dire de son premier succès. Je ne m'attarderai pas à compter le nombre des machines vendues, mais il serait intéressant de relever le nombre de celles qui, installées en 1876, marchent encore et rendent encore des services : ce nombre est considérable. C'est que le premier type, à tiroir et glissière, était d'une stabilité remarquable; malheureusement cet avantage était acheté au prix d'une consommation assez élevée. Pour la réduire, il a fallu augmenter la compression et, pour cela, on dut sacrifier le tiroir et le remplacer par des soupapes; il fallut enfin augmenter la vitesse, et l'on fut obligé de renoncer à la glissière; la suppression du tiroir entraînait aussi une modification radicale de l'allumage et l'on adopta le tube en porcelaine.

Le moteur Otto a donc changé de forme; les figures 52 et 53 le représentent tel qu'il est aujourd'hui.

La consommation s'est abaissée à celle que revendiquent les autres moteurs à quatre temps, ou tout au moins à la consommation qu'ils tiennent réellement en marche industrielle : cela devait arriver du jour où le moteur Otto comprimerait autant qu'eux et tournerait aussi vite qu'eux. On serait arrivé plus tôt à ce résultat, si l'on ne s'était obstiné à soutenir la théorie des tranches et des combustions lentes : mais ce sont là de vieux souvenirs.

Les dispositifs des soupapes du moteur Otto actuel sont fort bien étudiés et ces organes sont facilement accessibles et amovibles. L'arbre de distribution porte trois cames d'admission, de mélange et d'échappement; le régulateur agit sur la came d'admission. Les en-

grenages sont à dents inclinées, fraisées dans la masse; ils sont silencieux; leur construction est très soignée.

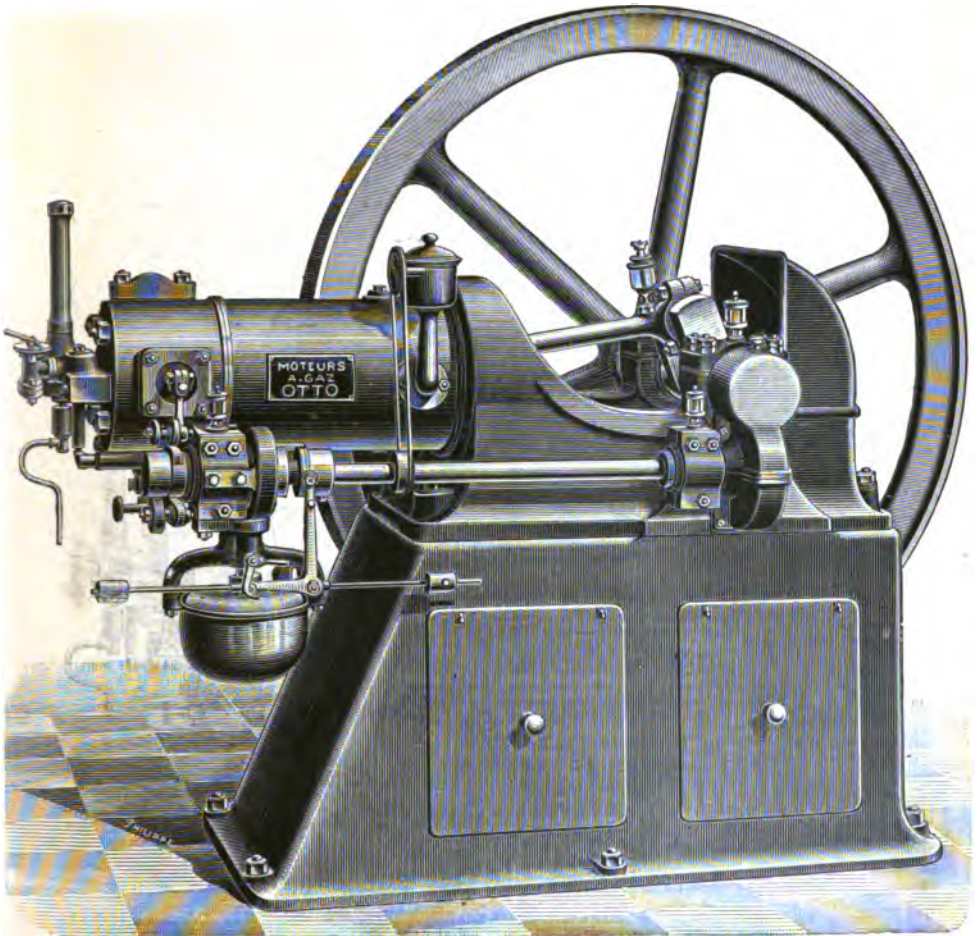


Fig. 52. — Moteur Otto.

Les moteurs destinés à mouvoir des dynamos ont une came spéciale, dite électrique, qui supprime les passages à vide et admet du gaz à chaque cycle d'opérations, sans que toutefois le mélange puisse devenir incombustible (1), en dosant automatiquement la charge.

(1) Des dispositions analogues ont été essayées à plusieurs reprises par divers constructeurs de moteurs à quatre temps et elles ont donné généralement de bons résultats au point de vue de

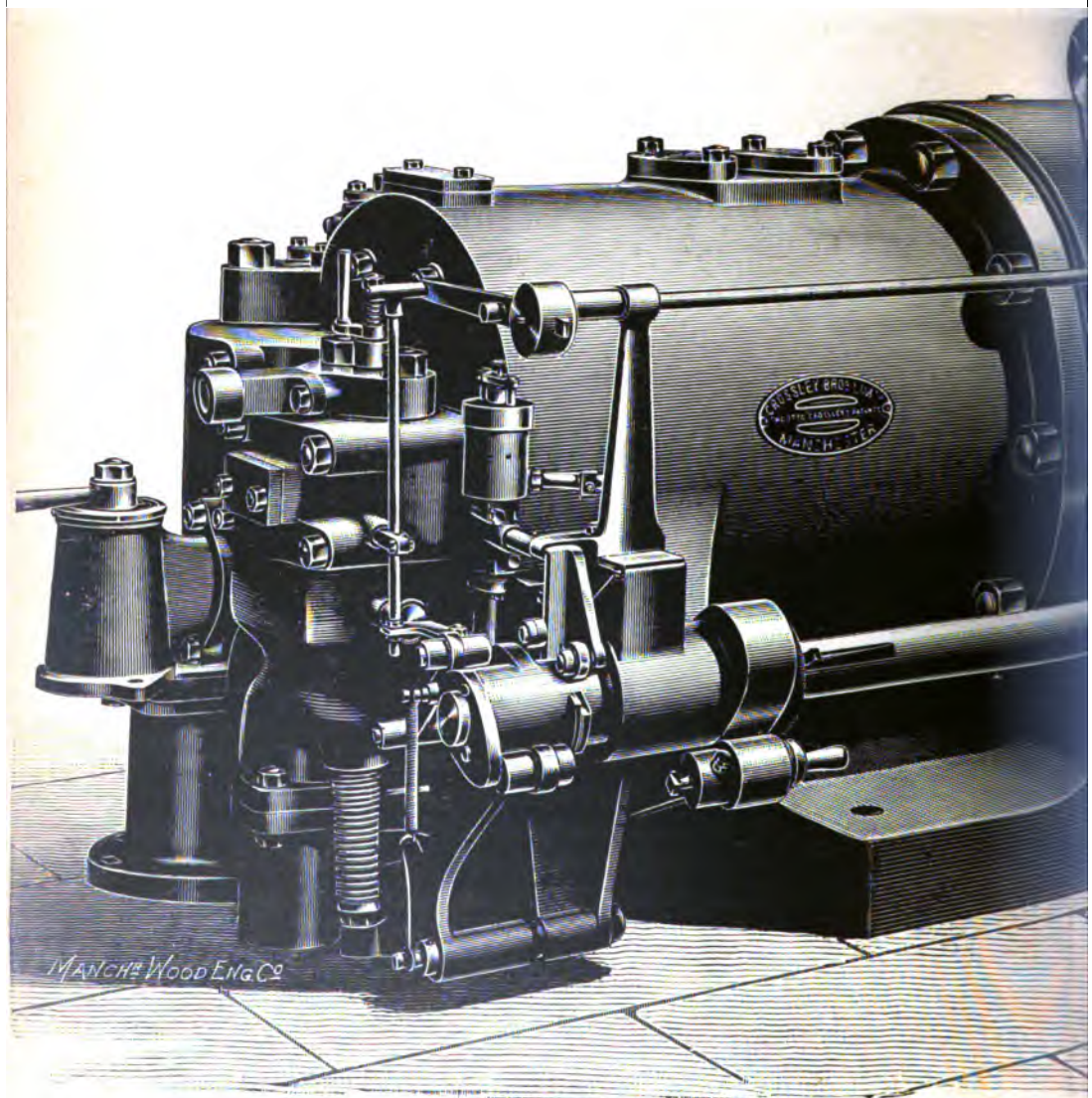
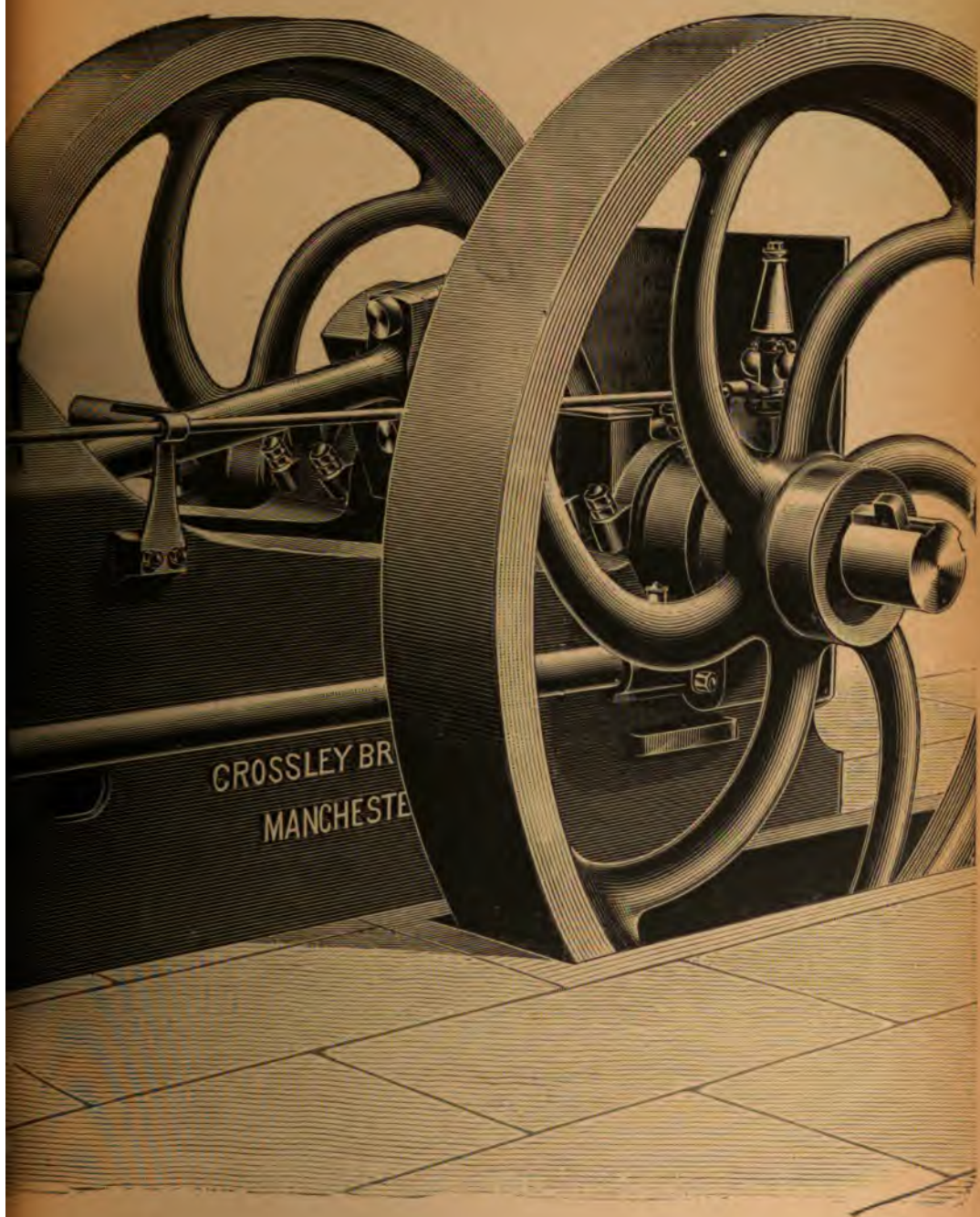


Fig. 59. — Moteur Cross



CROSSLEY BR
MANCHESTER

Cylindrique de 100 chevaux.

Bref: le moteur Otto actuel n'est inférieur à aucun autre et il n'en diffère plus que par quelques détails.

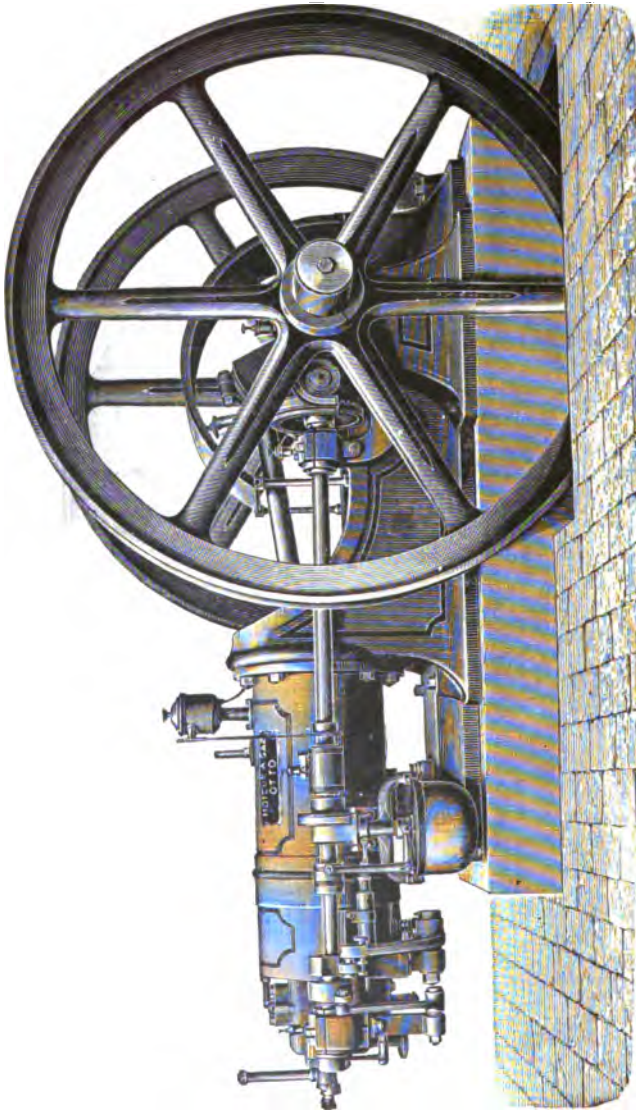


Fig. 68. — Moteur Otto

la vitesse. Toutefois cette manière de faire entraîne toujours un léger accroissement de consommation. Aussi des ingénieurs bien avisés ont-ils préféré chercher le même résultat en tournant à plus grande vitesse et en employant des volants de grande masse.

On adjoint fréquemment au moteur Otto, un régulateur assurant une pression constante du gaz, qui a non seulement pour effet d'atté-

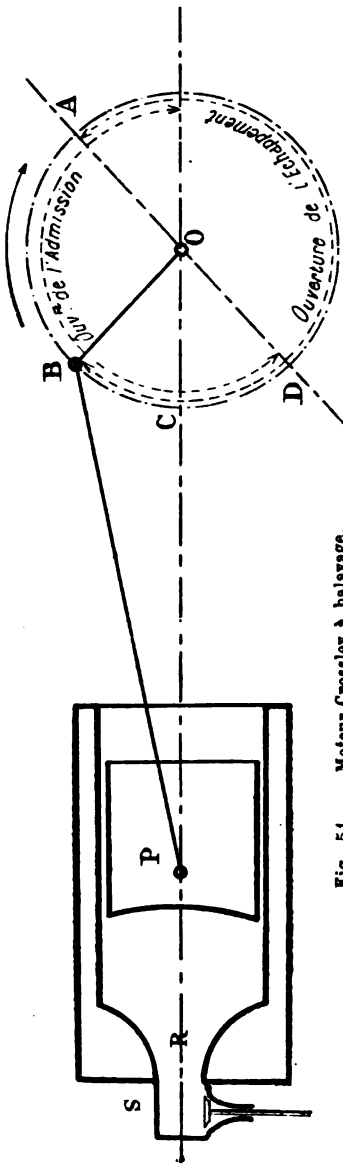


Fig. 54. — Moteur Crossley à balayage.

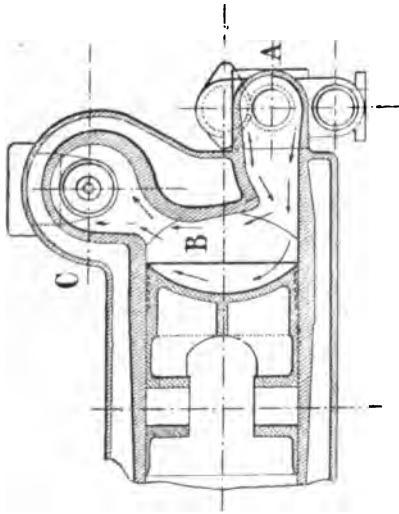


Fig. 55. — Coupe horizontale du cylindre à balayage.

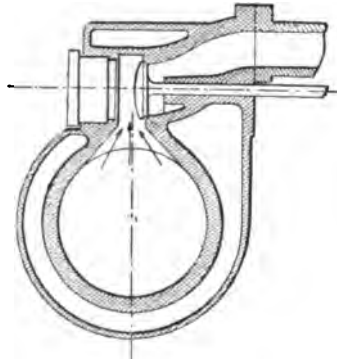


Fig. 56. — Coupe par la décharge.

nuer les oscillations dans les conduites branchées sur la même canalisation, mais qui procure, dit-on, une économie sensible. Ce régulateur se compose d'une cloche baignant dans de l'eau glycinée, et portant une soupape qui règle le passage du gaz ; on surcharge la cloche, suivant la pression qu'on veut conserver ; ce réglage peut se faire en marche. Au cas où l'on mettrait le moteur en route sans ouvrir le robinet précédant le régulateur, il se produirait un vide dans la cloche, sans que le liquide puisse être aspiré au moteur, car une rondelle de cuir viendrait obturer le passage par lequel le liquide serait appelé.

Secondés par M. Atkinson, dont les inventions ont grandement contribué aux progrès des moteurs à gaz, MM. Crossley frères ont créé un nouveau type de moteur, caractérisé par un procédé original de balayage des produits de la combustion : ce genre de moteurs a reçu le nom de *Scavenging Engine*. Jusqu'ici on assurait l'expulsion complète des gaz brûlés hors du cylindre à l'aide de pompes, de pistons auxiliaires, de chasses d'air, et d'autres appareils, tous compliqués et coûteux ; M. Atkinson réalise son but par un dispositif d'une simplicité remarquable en adaptant au moteur un très long tuyau d'échappement présentant une vingtaine de mètres de développement.

La disposition de ce genre de moteurs est indiquée sur les figures 54, 55 et 56.

Le bouton de manivelle est en A lorsque la soupape d'échappement s'ouvre ; cette soupape restera ouverte jusqu'à ce que le bouton soit venu en B, soit pendant $3/4$ de révolution : dans le moteur Otto ordinaire, elle se serait fermée en ce même point C, donc 45° plus tôt. La soupape d'admission aurait été levée en C dans les anciens moteurs ; ici elle se lève plus tôt, pour la position D. Les deux soupapes d'admission et de décharge sont donc ouvertes en même temps, pendant un quart de tour. Ce sont les seules modifications apportées à la distribution.

Le fonctionnement du moteur est facile à comprendre. Quand la décharge s'ouvre en A, il règne dans le cylindre une pression d'au moins 2 kilogrammes : les gaz prennent donc le chemin de l'atmosphère avec une grande vitesse et une longue colonne gazeuse de pro-

duits de la combustion se meut dans le long tuyau d'échappement. L'inertie de cette colonne provoque derrière elle dans le cylindre une raréfaction du gaz qui aboutit même à un certain degré de vide. A ce moment, la soupape d'admission livre passage à une charge d'air frais, qui balaie le cylindre A et en chasse tous les gaz brûlés.

A la fin de la course du piston, le cylindre est donc rempli d'air pur : ce résultat obtenu, la soupape du gaz s'ouvre et pendant la course d'aspiration, il se forme un mélange tonnant plus riche ; c'est ce que cherchait M. Atkinson. Le cylindre a une forme spéciale, qui favorise le déplacement des gaz brûlés par l'air pur : la culasse présente à cet effet des surfaces arrondies savamment étudiées pour que l'évacuation des produits de la combustion soit complète. Les coupes des figures 55 et 56 nous dispensent de tout commentaire à cet égard. On voit que la soupape d'admission d'air est placée en A, hors de l'axe du cylindre ; l'échappement est en C ; B est la chambre de compression.

Les avantages théoriques de ce dispositif paraissent indiscutables. Et d'abord, la pression explosive devient plus considérable, par suite de la plus grande richesse du mélange, qui n'est plus dilué dans une aussi grande masse de gaz inertes ; d'autre part, l'afflux de l'air froid réfrigère mieux le cylindre, lequel tolère par suite plus aisément le surmenage auquel les moteurs sont trop souvent soumis ; il n'y a plus de ratés d'allumage, et, quand on marche avec du gaz pauvre, de composition et de richesse incessamment variables, les diagrammes sont plus réguliers et plus beaux. Comme conséquence de tous ces faits, la marche des moteurs doit être améliorée et leur puissance est augmentée, dans une proportion qui n'est point négligeable.

La consommation par cheval-heure effectif est-elle réellement réduite ? M. Atkinson l'a affirmé dans une conférence faite à la Société des Ingénieurs Civils de Manchester et, à l'appui de son dire, il a fourni les documents qui suivent, empruntés à l'essai qu'il a fait d'un moteur de 40 chevaux.

Nombre de tours par minute.	173,63
Travail effectif.	39 ^{»,} 91
Consommation par H. P. effectif.	466',8
Rendement organique	0,86

M. Atkinson attribue au gaz d'Openshaw un pouvoir de 5.650 calories ; le rendement thermique serait donc de 24 %, ce qui est fort beau ; le travail indiqué correspondrait à plus de 28 %. M. Dugald Clerk a relevé, de son côté, sur un moteur de 4 chevaux une consommation de 495 litres non moins remarquable : toutefois, ce savant ingénieur paraissait moins satisfait des résultats obtenus que ne l'était M. Atkinson et il semble en effet qu'on soit revenu un peu sur les appréciations trop enthousiastes de la première heure.

On a reproché à ces moteurs d'être bruyants ; le reproche doit être fondé, et ce défaut provient, sans doute, de ce que les amortisseurs d'échappement et les assourdisseurs habituels ne peuvent être placés qu'à l'extrémité du long tuyau de décharge. Toutefois, j'ai lieu de croire que la concurrence a un peu exagéré le reproche.

On a prétendu aussi que, pour une marche à demi-charge, les résultats seraient moins satisfaisants qu'en pleine charge ; il rentrerait, de la longue colonne d'échappement, des gaz brûlés dans le cylindre ; ainsi donc, non seulement le balayage ne serait plus effectif, mais encore les appareils qui le produisent nuiraient à la distribution. On aurait évité ces inconvénients en faisant échapper les gaz à travers une caisse munie d'un clapet de retenue, disposé de telle sorte que la vitesse du courant et le refroidissement des gaz produisent le vide dans cette caisse ; ce vide aspirerait les gaz brûlés hors du cylindre aussitôt que la soupape de décharge s'ouvrirait ; le clapet empêcherait d'ailleurs les retours.

Quoi qu'il en soit de tout cela, nous estimons que le balayage peut donner de bons résultats et que, si le dispositif Atkinson-Crossley ne constitue pas un progrès indiscuté des moteurs, il doit être considéré tout au moins comme une très intéressante méthode d'amélioration du cycle, dans certaines conditions qu'une expérience plus complète devra déterminer.

La maison Crossley développe d'ailleurs de plus en plus sa remarquable construction et elle aborde résolument les grandes puissances. La figure 58 montre une machine à fort volant destinée à l'éclairage électrique ; l'arbre est soutenu en son bout par un palier supplémentaire représenté au premier plan de notre dessin. La figure 59 permet d'apprécier les larges et fortes proportions d'un moteur de 100 chevaux : le dispositif des organes de distribution ne diffère

pas sensiblement de celui des autres moteurs. Enfin, nous donnons sur la figure 57 la vue d'un petit moteur vertical domestique,

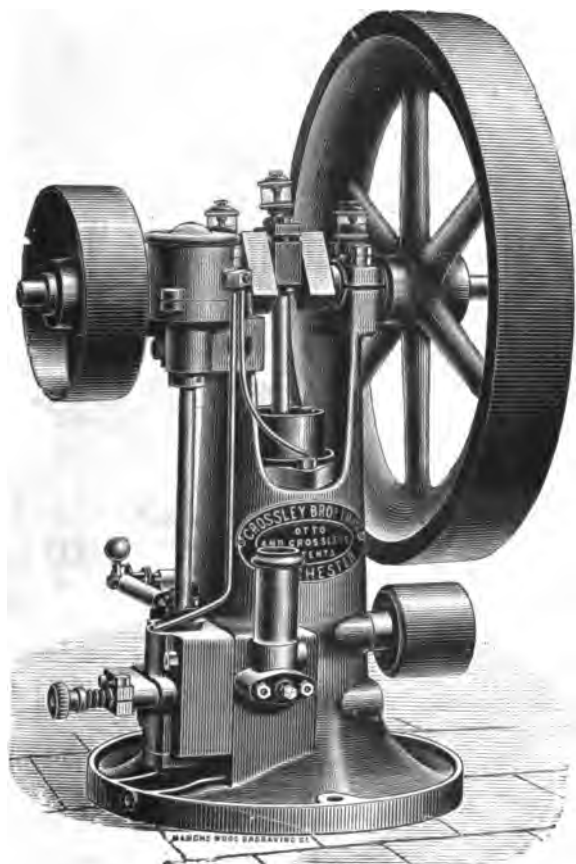


Fig. 57. — Moteur domestique Crossley.

de faible puissance, dont les formes simples et rustiques conviennent bien à l'emploi auquel cette machine est destinée.

La figure 60 est celle d'un dernier modèle tout récent.

La maison Crossley a adopté récemment un nouveau type de régulateur actionné directement par le grand pignon; l'engrenage claveté autrefois sur l'arbre de distribution, lequel était lui-même mis en mouvement par un engrenage, était soumis à des influences pertur-

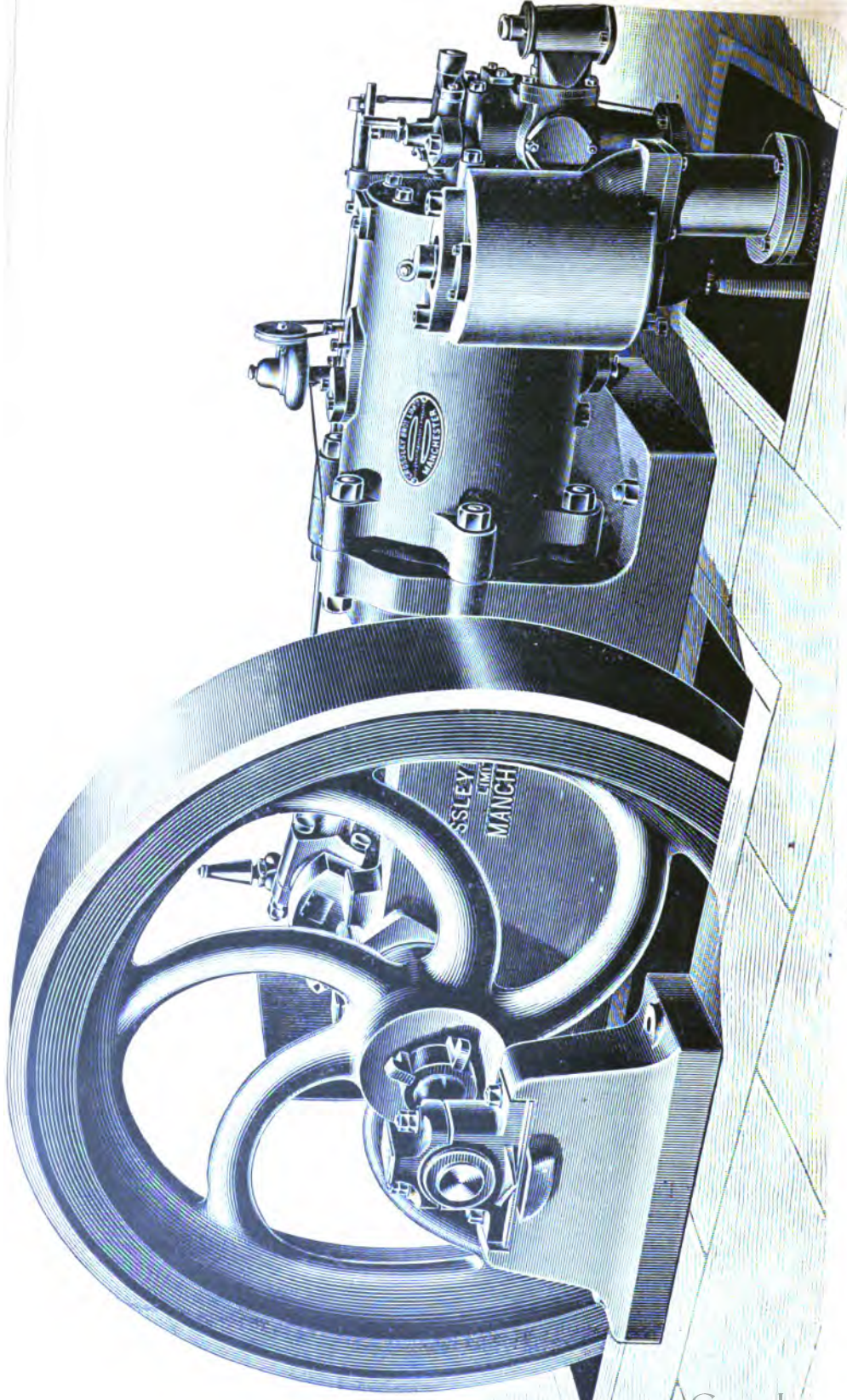


Fig. 58. — Moteur Crossley pour éclairage électrique.

batrices dues à cette double transmission et son fonctionnement en souffrait; le nouveau dispositif donne d'excellents résultats.

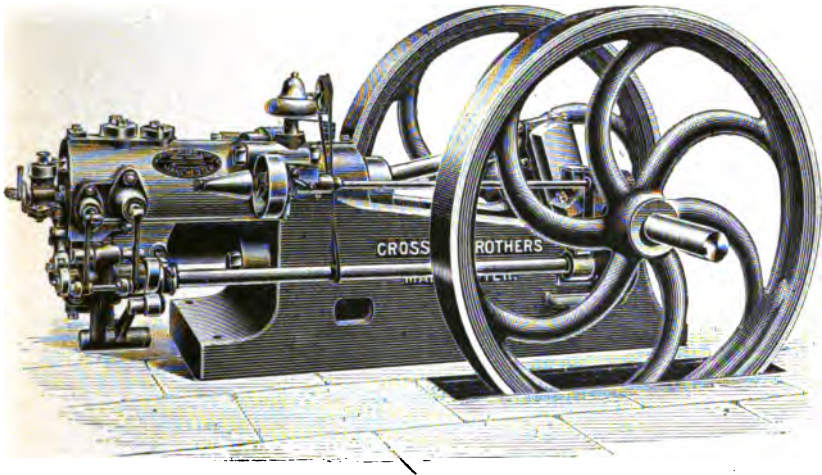


Fig. 60

On garantit maintenant pour les moteurs Crossley, à partir de 30 chevaux, une consommation de 500 litres par cheval-heure effectif et cette garantie est tenue rigoureusement.

MM. Pierson nous signalent les applications suivantes des moteurs Crossley, en France, en ces dernières années, spécialement pour l'éclairage électrique (1).

Imprimerie Marseillaise, Marseille.	25 chevaux
MM. Thiéry aîné et Sigrand, —	25 —
Lévy frères.	14 + 14 = 28
Guillemaud aîné, Seclin (Nord)	8 chevaux
Hôtel Ferraille, Roubaix.	22 —
Peignage Isaac Holden, Croix.	14 —
Acéries de la Marine, Paris	14
Perrin frères, Grenoble	14 + 6 = 20

(1) Un album, qui est une merveille de typographie et de photogravure, commente par l'illustration les listes d'adresses par lesquelles les constructeurs se recommandent d'ordinaire à leur clientèle; c'est un éloquent plaidoyer en faveur de ceux qui l'ont publié.

Bouchayer et Viallet, Grenoble	14 chevaux
Bernard Lévy, Lyon	18 —
Nicolas à Lyon	6 —
Collège de la Trinité à Lyon	18 + 18 = 36
Baille-Lemaire, Villeneuve-Saint-Georges	16 + 6 = 22

Mais la maison Crossley vient d'exécuter à l'étranger quelques commandes plus importantes encore, qui montrent que nous ne sommes, en France, ni les plus entreprenants, ni les mieux avisés dans l'utilisation des moteurs à gaz riche ou pauvre. Relevons les suivantes :

Nombre de moteurs	Puissance en chevaux	ÉTABLISSEMENTS
3	414	Marché de Birmingham.
2	276	Station centrale de Chioggia (Espagne).
2	144	— de Tarasa (—).
1	138	— de Calahorra (—).
2	240	— de Cacérés (—).
2	276	Société coopérative de Londres.
1	120	Hôpital de Brompton, Londres.
1	215	Ecole de Rugby.
2	190	Hôpital royal d'Aberdeen (Écosse).
3	285	Librairie Riland à Manchester.
3	285	Magasin Arnott à Dublin.
2	144	Théâtre de Prixton.
1	72	Magasin Martin à Saint-Pétersbourg.
1	48	Banque River-Plate à Rio-de-Janeiro.
2	70	Compagnie du gaz Colombo à Ceylan.
1	38	New Town (Nouvelle-Galles).
3	276	Station centrale de Turin.
2	130	Tramways de Lausanne.

La Compagnie parisienne du gaz, qui a compris l'intérêt qu'elle a à développer l'emploi des moteurs, continue de construire le moteur Lenoir, décrit dans nos deux premiers volumes, et elle vend ses machines dans des conditions qui sont un appât pour les acheteurs; des primes sont accordées pendant les premières années de marche, sur le prix du gaz consommé, et ces réductions sont escomptées en faveur du client, qui entre ainsi en possession d'un excellent moteur par l'économie immédiate réalisée sur sa dépense de gaz. La figure 61

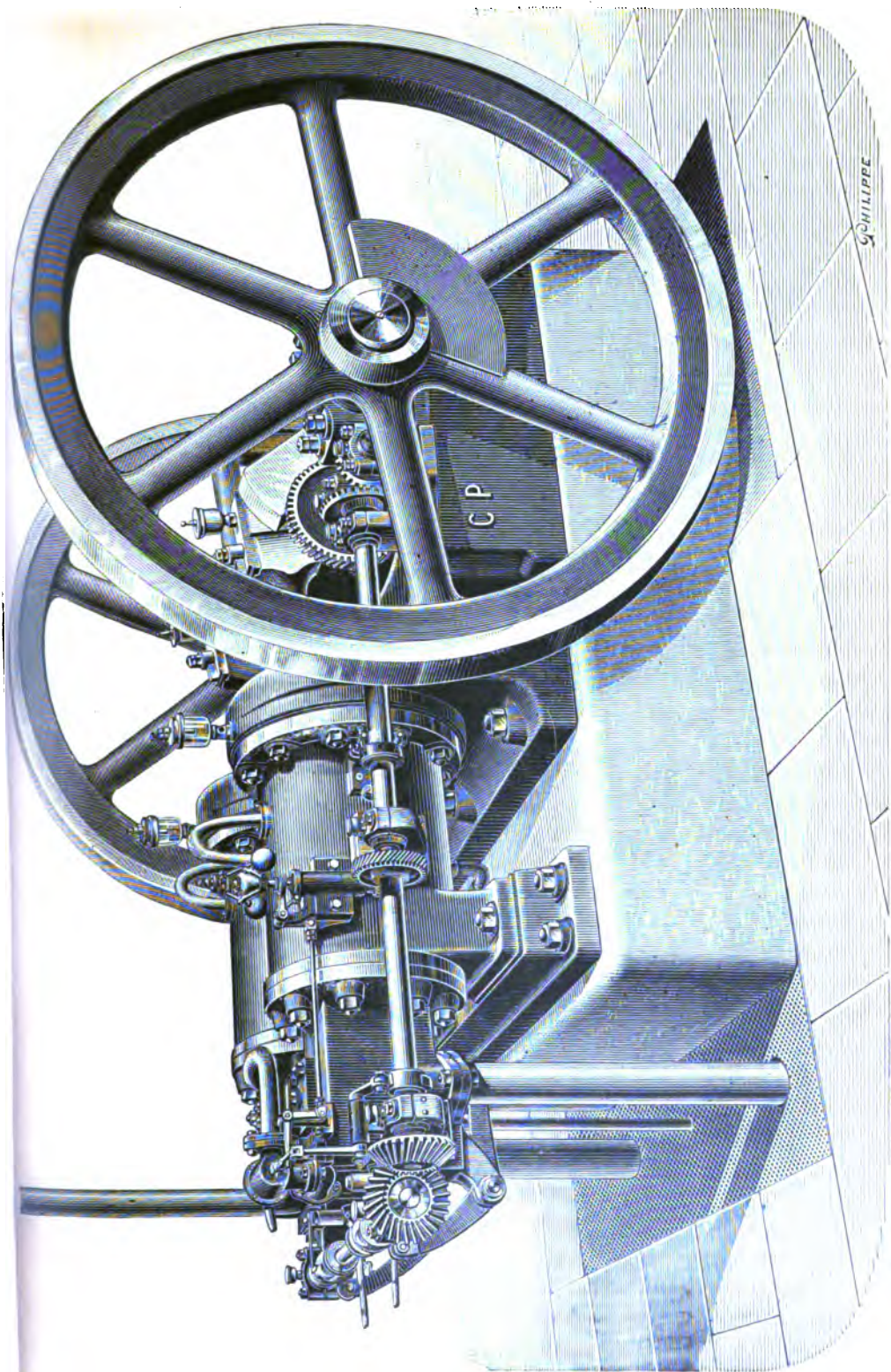


Fig. 61. — Moteur de la Compagnie parisienne du gaz.

représente un nouveau modèle à deux cylindres dans lequel la distribution est effectuée par un arbre transversal, parallèle à l'arbre de couche, actionnant les soupapes d'admission et de décharge: ce dispositif est très heureux.

Le moteur Lenoir est aussi construit avec grand succès par MM. Deneffe et C^{ie}, de Liège.

Un des derniers succès de la maison Matter avait été son beau moteur à bâti Corliss et arbre à manivelle, qui lui avait valu tous les suffrages et la plus haute récompense à l'exposition de Rouen. Nous avons voulu donner ici le dessin de cette machine et nous saisissons cette occasion de rendre hommage à ces hardis constructeurs qui avaient si vaillamment lutté pour faire triompher les moteurs à gaz; la fortune a malheureusement trahi leurs espérances et celles de leurs amis.

Nous comptons bien que M. Delamare-Deboutteville relèvera le drapeau et qu'il continuera la lutte pour le progrès des moteurs à grande puissance.

Le grand succès qu'il vient de remporter dans l'application du moteur Simplex à l'utilisation des gaz de hauts fourneaux ouvre aux moteurs à gaz une voie féconde qui peut mener fort loin. Nos expériences des derniers jours de juillet ont démontré en effet que la Société Cockerill de Seraing possède aujourd'hui un moteur monocylindrique de 200 chevaux effectifs, donnant le cheval-heure effectif par moins de 3500 litres de gaz de hauts fourneaux: ce n'est plus une espérance, ce n'est point une promesse, c'est un fait dûment constaté et indiscutable. La simplicité des moyens employés n'étonne pas moins que la beauté du résultat obtenu. Les gaz de hauts fourneaux deviennent donc un sous-produit de la fabrication de la fonte, dont la mise en valeur aura de grandes conséquences pour la métallurgie du fer, attendu que la production quotidienne de 100 tonnes de fonte fournit une disponibilité de près de 200 chevaux pendant 24 heures. L'éminent directeur de la Société Cockerill, M. A. Greiner, saura tirer le parti qu'il faut de cette application inespérée des moteurs à gaz, dans un domaine que la machine à vapeur croyait détenir pour toujours. C'est à son obligeance que nous devons les deux photographies reproduites ci-contre du moteur Simplex, construit par

les ateliers de Seraing spécialement pour l'utilisation des gaz de hauts fourneaux.

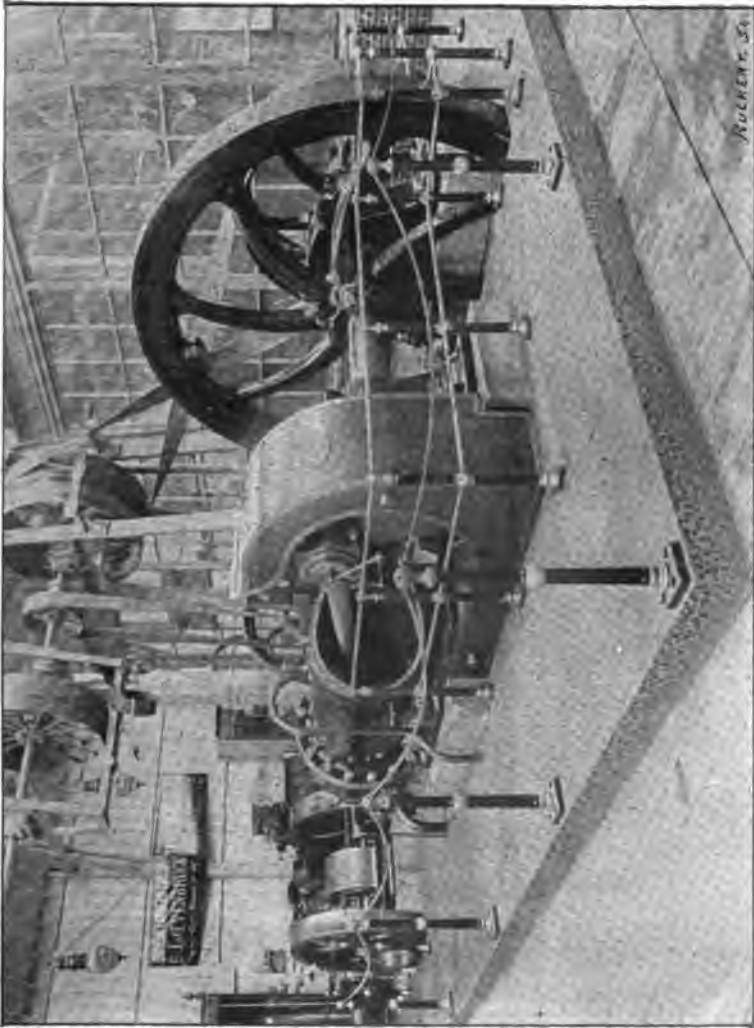


Fig. 62. — Moteur Simplex de l'Exposition de Rouen.

La Compagnie des Moteurs Niel continue, sous l'habile direction de M. Wehrin, d'être parmi nos premières maisons françaises de construction de moteurs à gaz et à pétrole. Notre tome II signalait

déjà son évolution vers les soupapes, mais elle ne les appliquait alors qu'aux puissants moteurs ; la figure 63 représente un nouveau type de petit moteur à soupapes et ce dessin est d'une netteté suffisante pour nous dispenser d'explications. Le régulateur classique à lame de M. Niel est remplacé par un régulateur d'inertie à pendule, dont on peut modifier la vitesse de régime en comprimant ou en détendant un ressort, par la simple rotation d'un écrou. L'allumage s'effectue par tubes de porcelaine : pour éviter les effets de la dilatation sur ce tube, deux tiges en acier fixées à la bride du clapet d'allumage supportent une bride de butée dans laquelle passe la vis qui maintient le tube par l'intermédiaire d'un bouchon en bronze. La boîte seule s'échauffe et les tiges restent froides ; la cheminée se dilate, mais elle coulisse sur le tube en porcelaine.

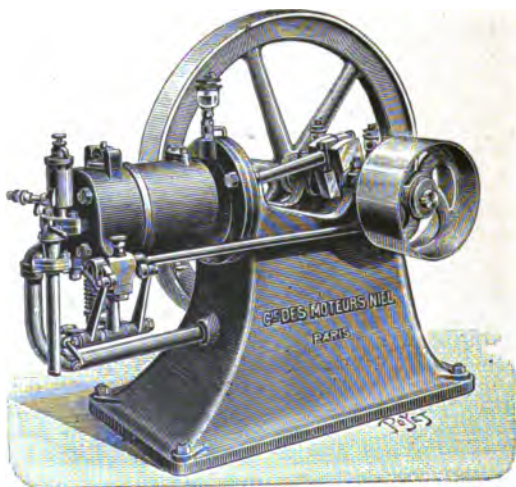


Fig. 63. — Moteur de la Compagnie Niel.

L'appareil *self starting*, qui présentait quelques défauts, a été grandement amélioré et il donne des mises en routes faciles ; deux corps de pompe, débitant l'un du gaz, l'autre de l'air dans les proportions convenables, provoquent le démarrage. On place le piston du moteur dans la position qu'il occupe au moment de l'allumage et l'on maintient le clapet d'allumage contre son siège supérieur par une cale mobile, qu'on fait tomber aussitôt que le mélange a été introduit dans le cylindre à la pression voulue. On ouvre d'abord le

robinet de purge, mais on le referme dès que l'explosion a eu lieu, en ouvrant alors le robinet gradué d'admission du gaz.

La Compagnie des moteurs Niel a fait de belles installations ; citons entr'autres :

Casino de Royan	160 chevaux
Station électrique de Valence (Espagne).	200 —
Station électrique de Spa (1)	240 —
Station de Denain	100 —

Des moteurs Niel sont montés à l'Ecole des Arts et Métiers du Caire, à la Compagnie du gaz de Beyrouth, à la Faculté des Sciences de Santiago du Chili, à l'*Indépendance Belge*, à Bruxelles, au cercle de Tiflis, à San Lucar de Barrameda, etc., ce qui témoigne du bon renom de ces machines à l'étranger.

Le moteur Charon revendique toujours pour lui le record des meilleurs rendements : nous avons donné ci-dessus des résultats d'essais brillants, qui sont de nature à maintenir sa haute réputation.

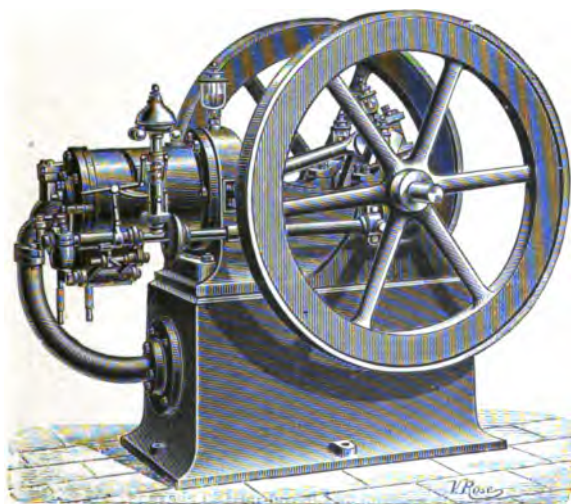


Fig. 64. — Moteur Charon, nouveau type.

(1) Dans cette importante station, les moteurs sont accouplés directement avec des alternateurs triphasés de la Compagnie internationale d'électricité.

La Société générale des Industries économiques, concessionnaire de l'exploitation, a créé de nouveaux types de moteurs, parmi lesquels nous signalerons celui qui est représenté sur la figure 64 ; la glissière est supprimée et la réserve de mélange tonnant est remise dans le bâti.

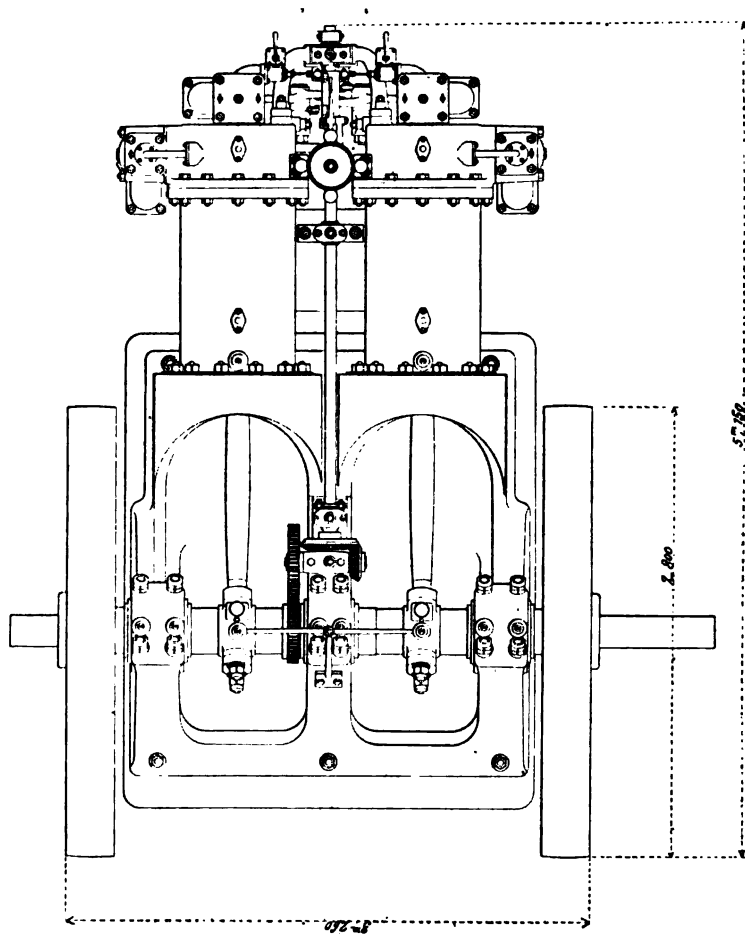


Fig. 65. — Moteur Charon de 160 chevaux.

Les figures 65, 66 et 67 font voir les dispositifs d'un moteur de grande puissance, pouvant développer 160 chevaux par deux cylindres de 500 millimètres de diamètre, et 0^m,840 de course, fort bien

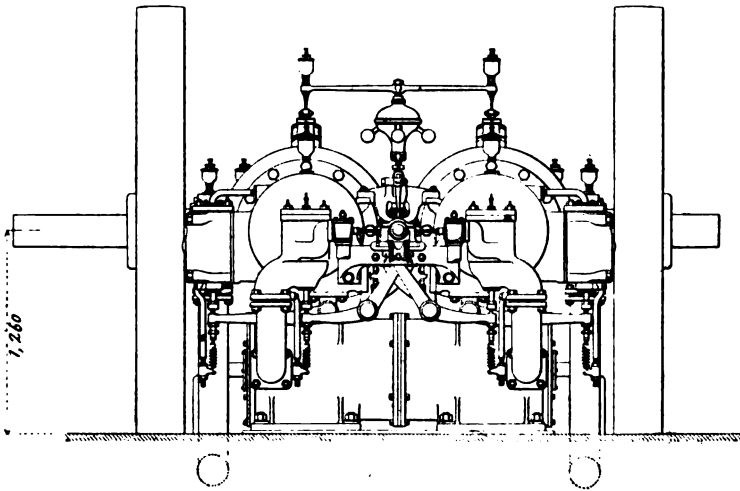


Fig. 66

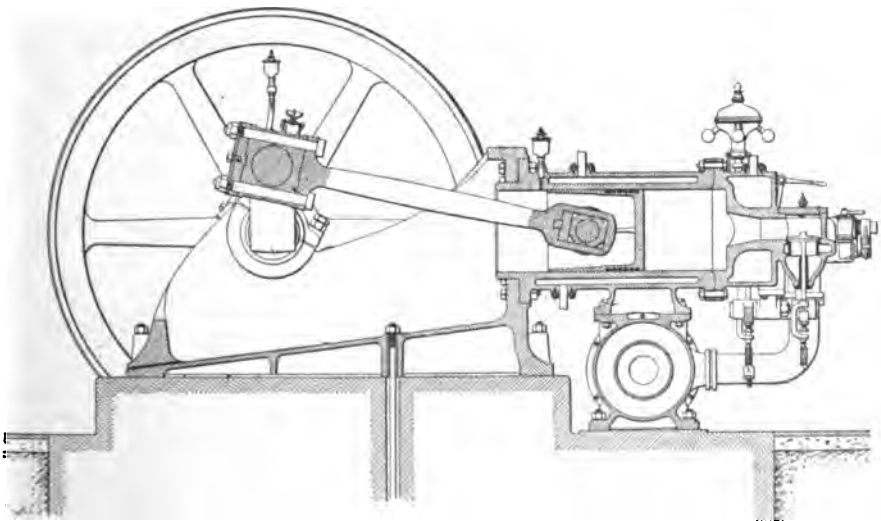


Fig. 67

étudié dans ses détails, dans lequel la glissière a dû être sacrifiée en vue de diminuer l'encombrement et le prix de la machine. Les trois paliers qui supportent l'arbre de couche exigent une construction parfaite, grâce à laquelle ils donnent les meilleurs résultats. L'accouplement des deux cylindres, avec un arbre de distribution unique, est très bien étudié.

Parmi les dernières installations faites par la Société des Industries économiques, nous rappellerons les suivantes :

Bibliothèque nationale à Paris	4	moteurs de 50 chevaux.		
Gare de Tergnier	2	—	60	—
Épicerie Potin à Paris	1	—	60	—
Dock de la Joliette à Marseille	2	—	16	—
Nouvelles Galeries de Bordeaux	} 2	—	50	—
		1	—	16
Journal <i>La Croix</i> à Toulouse	1	—	25	—
Restaurant Noël (Peters) à Paris	1	—	25	—
Café Jean à Lille	2	—	30	—
Théâtre de Saint-Etienne	} 1	—	50	—
		1	—	10
Théâtre de Bordeaux	2	—	60	—
Gaz d'Angers	1	—	12	—
Jardin de Paris	2	—	45	—

Le moteur Charon est actuellement construit par la maison Maguin, de Charmes, dans l'Aisne.

Le Stockport de MM. Andrew et C^o, introduit en France par M. Ludt sous le nom de *Le Triomphe*, s'est un peu modifié dans ses formes et il présente certaines améliorations de détail qu'il importe de signaler, car elles sont heureuses. Ainsi, pour remédier aux inconvénients de la régularisation par admission du tout ou rien, on a adopté un dispositif qui ne supprime la formation du mélange explosif que dans le cas où la régularisation par suppression partielle serait insuffisante pour rétablir la vitesse de régime. A cet effet, l'arrivée du gaz est commandée par un papillon, placé sous la dépendance du régulateur de telle manière que, si l'excès de vitesse n'est pas suffisant pour provoquer l'échappement du déclat régulateur, celui-ci agit néanmoins sur ce papillon, sans que toutefois la teneur du mélange puisse devenir trop faible, au point de produire un raté d'allumage. Le méca-

nisme d'allumage permet un remplacement rapide du tube à incan-

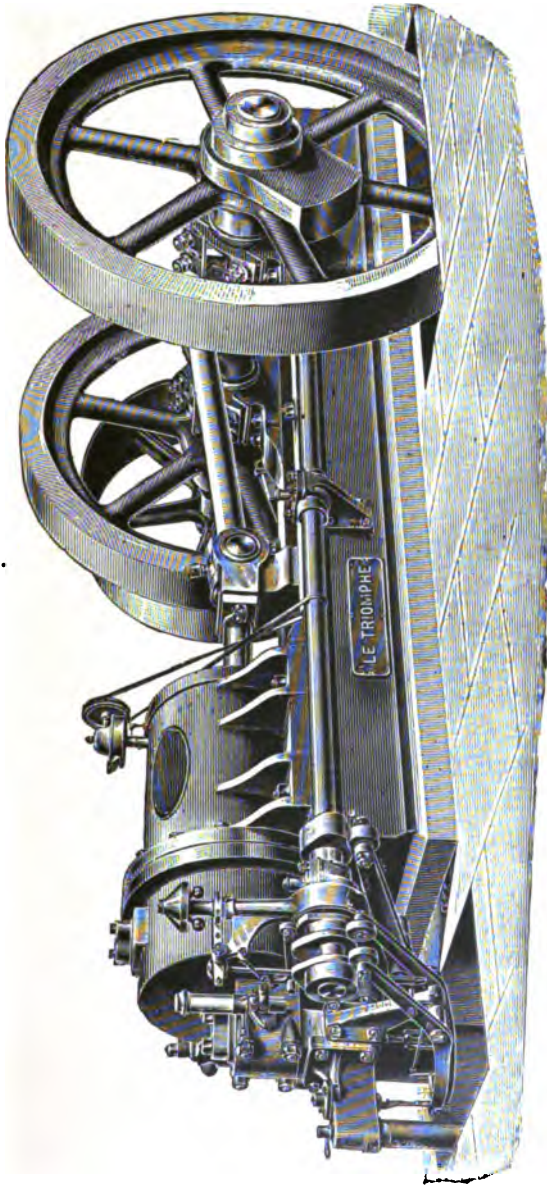


Fig. 68. — Moteur Stockport de 130 chevaux.

descence ; la soupape d'allumage est actionnée, comme les autres,

par un levier manœuvré au moyen d'une came montée sur l'arbre latéral de distribution.

La figure 68 représente un moteur de 130 chevaux effectifs, auquel ont été appliquées les dispositions décrites ci-dessus ; la bielle est reliée au piston par l'intermédiaire d'une glissière ; le service de la distribution est effectué par l'arbre latéral, qui porte toutes les comes. Les pièces mobiles sont soigneusement équilibrées.

Nous avons déjà décrit dans notre tome II le grand moteur mis en service chez M. Spicer à Godalming : il y fonctionne régulièrement, mais on n'a pu nous donner des renseignements officiels sur sa consommation.

Par contre, M. Bellamy nous a fait connaître les résultats d'essais effectués sur un moteur de 75 chevaux, monté chez M. Robb, à Portadown, et desservi par un gazogène Dowson.

Ces expériences ont duré cinq journées de onze heures, pendant lesquelles la machine a développé 4.026 chevaux-heures indiqués ; la consommation a été de 1.625 kilogrammes de charbon dans la cuve du gazogène. La chaudière de vaporisation et de surchauffe ayant été chauffée avec des charbons de moindre qualité, auxquels on mêlait des escarbilles de foyers, voire même des déchets de la fabrication des farines, on n'a pas pu estimer la valeur de ce combustible. La dépense par cheval-heure indiqué ressort donc à 404 grammes ; cela ferait, chaudière comprise, environ 500 grammes par cheval-heure indiqué et 590 grammes par cheval-heure effectif. C'est un résultat excellent, qui peut être rapproché des meilleurs que l'on ait obtenus.

MM. Fielding et Platt, de Gloucester, ont développé leur construction de moteurs, abandonnant ce qui, dans leur premier modèle, était critiquable, perfectionnant ce qui était bon : cette maison occupe aujourd'hui un rang très honorable dans la construction anglaise des moteurs à gaz. Elle a établi un type de cent chevaux, représenté par la figure 69 (1) ; l'échelle de ce dessin est suffisante pour permettre de se rendre compte des dispositions adoptées. Renonçant à leur soupape unique d'admission et de décharge, MM. Fielding et Platt ont persévéré dans leur idée de placer la soupape d'échappement à l'ar-

(1) Le diamètre du cylindre de ce moteur est de 510 millimètres, sa course de 0^m,674 ; il fait 164 tours.

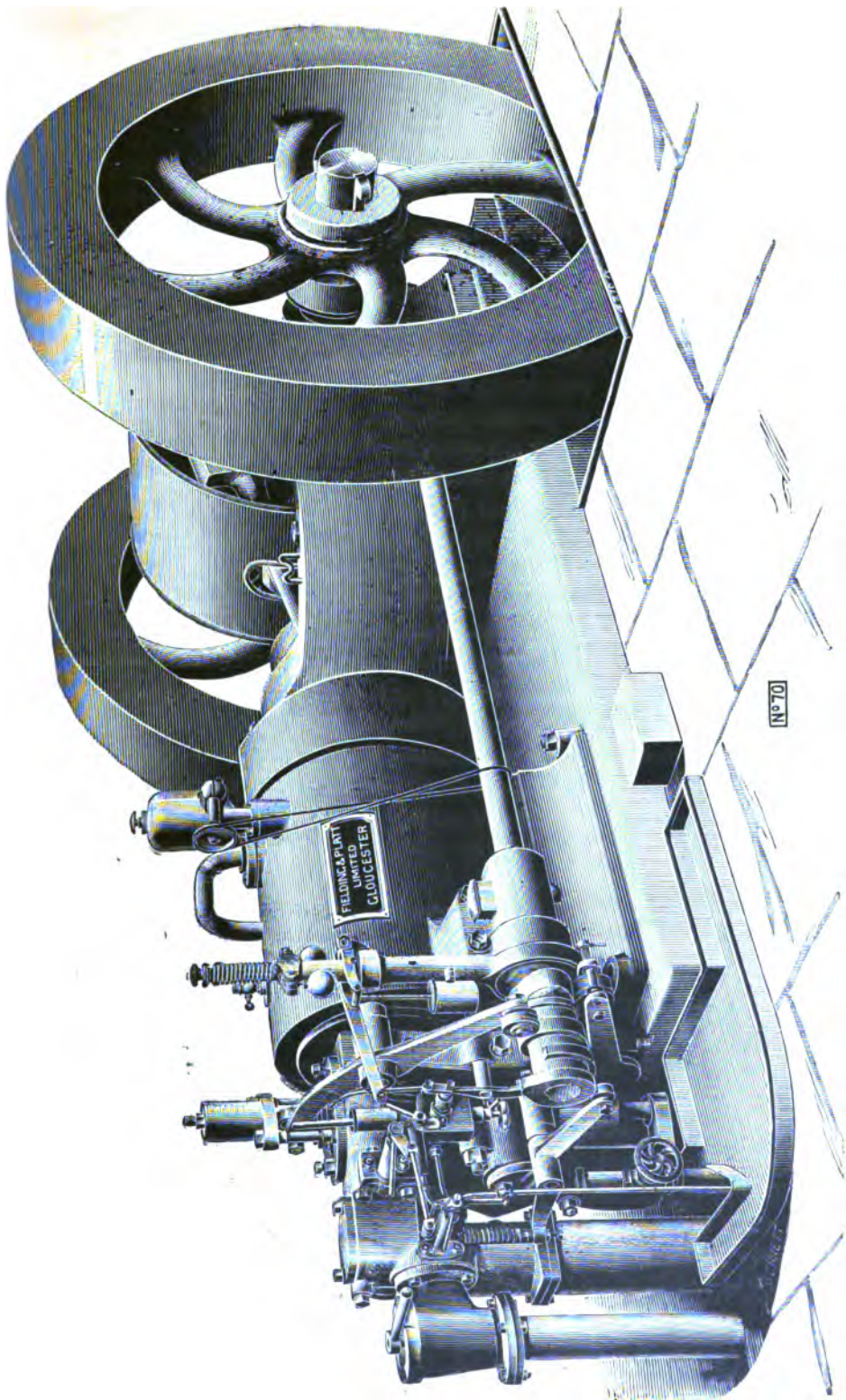


Fig. 69. — Moteur Fielding de 100 chevaux.

rière du cylindre, et non pas sur le côté, comme on le fait toujours ; la soupape d'admission a son axe dans le prolongement de celui de la soupape de décharge ; elles sont attaquées l'une et l'autre par des leviers, mus par cames. Ce dispositif, qui présente quelques avantages au point de vue mécanique, est discutable au point de vue thermique, parce qu'il a pour effet d'élever beaucoup la température de la culasse renfermant ces deux soupapes : on est obligé de la réfrigérer activement par un courant d'eau rapide traversant l'enveloppe. Dans les puissants moteurs, on a même été amené à diriger un jet d'eau pulvérisée sur la soupape de décharge, pour empêcher un échauffement excessif et les détériorations qui en sont la conséquence. Le régulateur agit sur l'admission du gaz, qu'il supprime lorsque le moteur tend à s'emballer ; toutefois dans les moteurs destinés à l'éclairage électrique, le principe du *tout ou rien* a été sacrifié et la régulation s'effectue par une variation du dosage du mélange tonnant, des précautions étant prises afin qu'il reste toujours assez riche pour pouvoir être enflammé ; ce dernier résultat est obtenu en faisant agir le régulateur à la fois sur l'entrée du gaz et de l'air, et en faisant varier la quantité de mélange admis.

Le graissage à l'huile est uniformisé grâce à un système ingénieux qui maintient constant le niveau du liquide dans son réservoir.

Ces moteurs sont munis du remarquable appareil de mise en marche inventé par M. John Fielding ; nous le décrirons plus loin.

M. Letombe a modifié et réellement perfectionné son moteur. On se rappelle que cette machine était, lors de la publication de notre second volume, à double effet et à longue détente avec compression variable, à l'instar du moteur Charon ; elle est encore à double effet et à longue détente, mais avec *surcompression* variable. Ce mot demande à être expliqué. Le défaut de l'idée, pourtant si remarquable de Charon, est d'acheter la prolongation de la détente au prix d'une diminution de la compression : on risque de perdre quelquefois par le second effet ce que le premier a fait gagner. En réalité, cette manière de procéder est tout de même encore très avantageuse, puisque le moteur Charon paraît bien être resté le plus économique de tous : toutefois M. Letombe a pensé qu'on pouvait mieux faire et il l'a tenté. Voici comment il procède dans son moteur actuel : il a abandonné entiè-

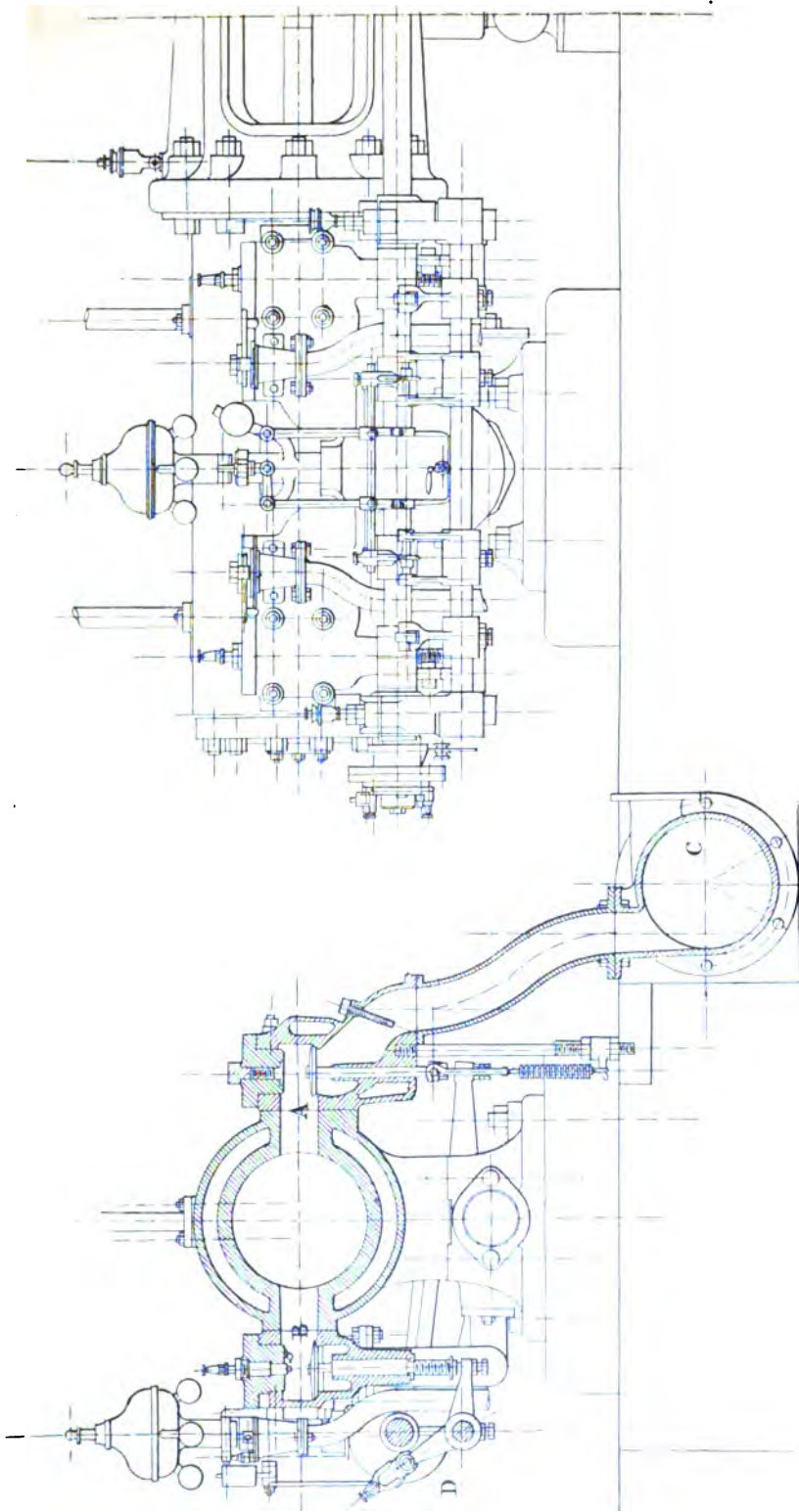
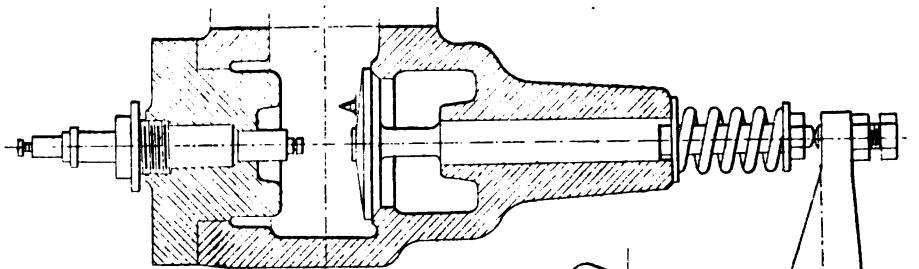


Fig. 70. — Vue de côté et coupe transversale du moteur Letombe.

Coupe mn.



Coupe op.

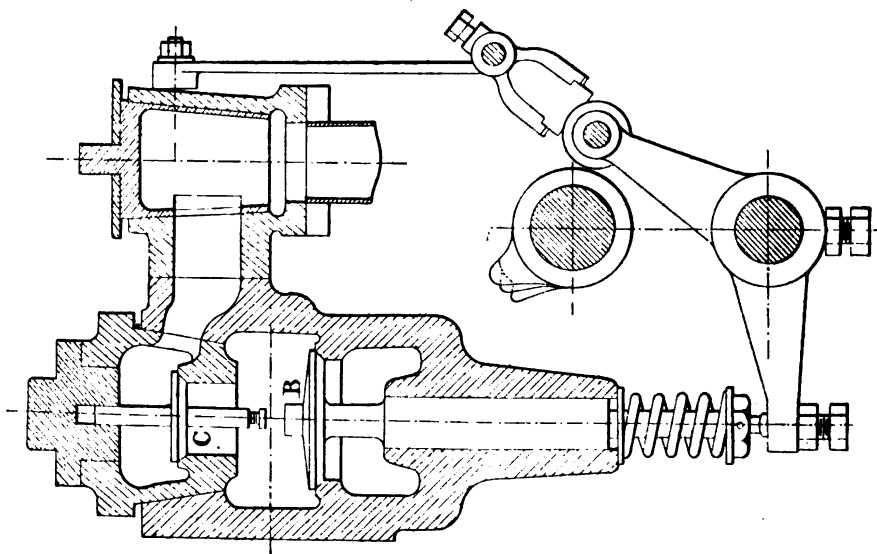
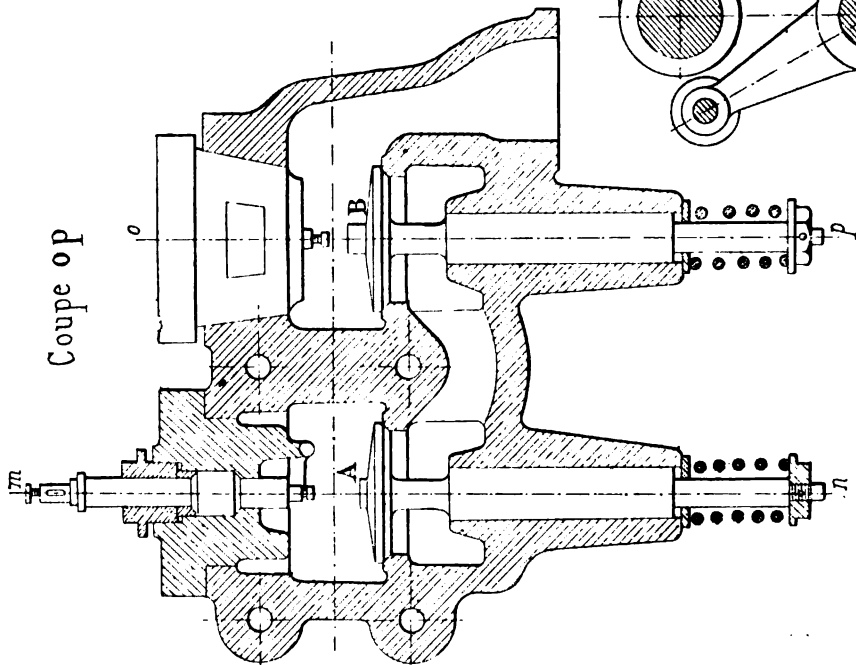


Fig. 71. — Soupapes Lelombe.

rement le remisage du mélange tonnant dans une antichambre (1); c'est la charge admise par cylindrée qui est devenue elle-même variable, et qui permet par suite de parfaire la détente. Mais il pourrait arriver que pour certaines charges plus faibles la richesse du mélange ne fût plus suffisante pour donner une combustion assez rapide et assez complète et le rendement thermique pourrait baisser de ce chef; on conjure ce résultat en pratiquant alors de la surcompression, qui améliore les conditions de la combustion et relève le rendement. En somme, au lieu de diminuer la compression quand la charge vient à être réduite, on augmente au contraire cette compression à ce moment, pour maintenir la valeur du rendement.

Ce résultat est obtenu par une combinaison de trois soupapes, représentées en détail sur la figure 71, et bien visibles sur le côté B antérieur du cylindre dans notre figure 70. Les deux soupapes successives A et B opèrent l'admission du mélange et elles fonctionnent à peu près comme les tiroirs doubles des détentes Meyer, Farcot et autres dans les machines à vapeur: l'une d'elles A commence l'admission et l'autre B la finit. La première peut s'ouvrir en avance par une attaque douce; la soupape B qui est traversée en sens inverse par le courant gazeux, se ferme d'autant mieux que la dépression est plus grande dans le cylindre. Le gaz entre par deux soupapes C, mais sous la dépendance de B, qui se soulève plus ou moins par l'action du régulateur; lorsque le soulèvement est minimum, il ne passe plus que de l'air. La tige de la soupape A porte un renflement qui ne lui permet de retomber sur son siège qu'après que la dépression dans le cylindre a cessé.

La charge de gaz diminue donc progressivement au fur et à mesure que le travail résistant diminue et que le moteur tend à prendre de la vitesse, et cette diminution graduelle va même jusqu'à la suppression complète du gaz combustible. Ces conditions seraient médiocres, car elles pourraient donner des ratés, si l'inventeur n'avait réussi à faire de la surcompression, en augmentant le volume des admissions de mélange en raison inverse de la diminution de richesse du mélange; l'allumage reste donc possible et l'on prétend qu'il ne se produit pas de combustion manquée. Les diagrammes successifs sont de la forme représentée sur la figure 73; la ligne supérieure *gh* est commune à

(1) Voir tome II, page 206.

toutes les courbes et les diagrammes *abgha*, *cdghc*, *efghe* montrent bien comment s'opère la réduction de surface et par suite de travail; la diminution s'effectue par-dessous.

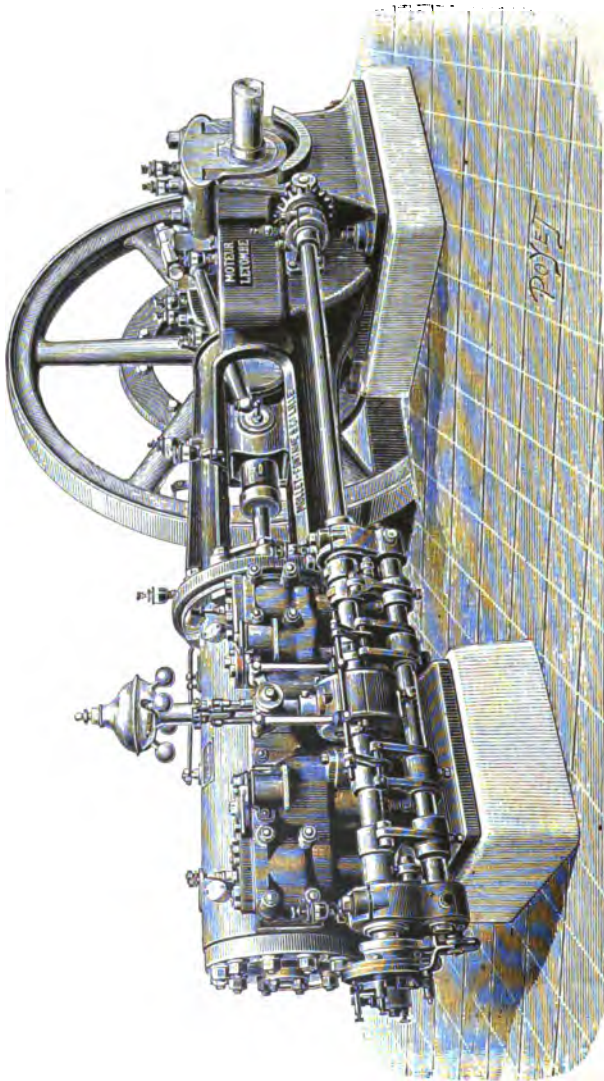


Fig. 72. — Moteur Letombe.

Les dispositions indiquées ci-dessus permettent de comprendre

que les soupapes, et surtout la soupape B, n'ont besoin d'être retenues que par de légers ressorts et que par suite elles pourront être actionnées par de minces galets. Ces galets sont conduits par un mouvement de parallélogramme. Le mouvement de tous les organes d'admission se fait aisément et sans grand effort, bien que l'aspect de ces dispositifs semble un peu enchevêtré et compliqué, et ils sont soumis sans peine à l'action du régulateur.

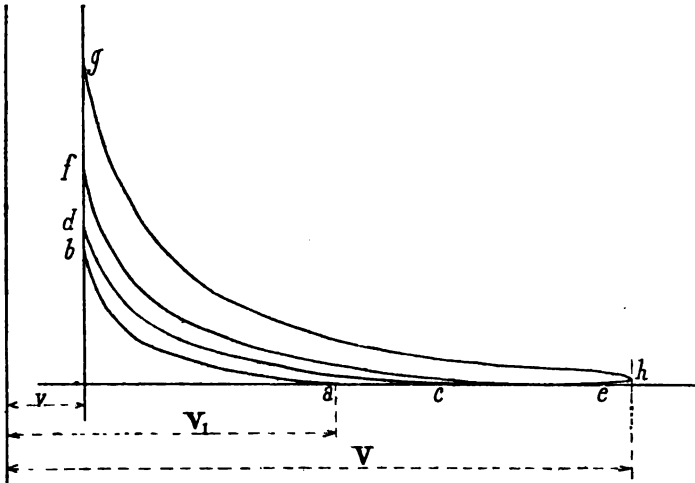


Fig. 73

M. Letombe persévère dans l'application du double effet, ce qui semble prouver que cette disposition, condamnée par l'expérience de tant d'autres, lui réussit bien. Il est évident que ce succès est dû à la température relativement basse des gaz de la décharge, conséquence du prolongement de la détente, et à la parfaite exécution du presse-étoupes de l'avant, à joints métalliques : ce dernier organe présentait jusqu'ici un obstacle insurmontable à l'emploi du double effet et bien des constructeurs ont prédit un échec à M. Letombe, quand ils l'ont vu revenir à un ancien dispositif dont la pratique avait révélé les graves inconvénients ; ils sont obligés de reconnaître aujourd'hui leur erreur. L'amélioration dans la qualité des huiles de graissage a d'autre part aussi contribué à faciliter le retour au double effet.

La figure 72 fait voir le moteur Letombe dans son ensemble.

L'allumage est électrique ; un distributeur d'étincelles, alimenté

par une seule bobine de Ruhmkorff, dérive le courant induit dans l'une ou l'autre bougie d'allumage. Le moment de l'allumage se règle avec précision par un décalage du distributeur d'étincelles, qui permet toujours de donner l'avance convenable au régime de la machine. Cet allumage électrique permet de réaliser avec une extrême facilité la mise en route des machines. A l'arrêt, il faut avoir soin de soulever les soupapes de décharge par un levier disposé *ad hoc* jusqu'à ce que le moteur soit sur le point d'atteindre le repos ; lorsque le piston arrive sur une course d'explosion arrière, on laisse retomber les soupapes et le piston, pris entre deux matelas d'air, se balance un moment avant de se fixer au milieu de sa course, c'est-à-dire dans la position la plus convenable pour le démarrage. Veut-on alors remettre en marche, il faudra envoyer à l'aide d'une petite pompe un mélange d'air et de gaz sur les deux faces du piston, puis on comprimera du mélange à l'arrière ; l'étincelle jaillissant à cet instant fera partir le piston avec une vitesse suffisante pour assurer les explosions ultérieures, sans qu'il soit nécessaire de diminuer la compression et en s'abstenant même souvent de débrayer les transmissions.

Le double effet permet de réduire beaucoup les dimensions des machines ; ainsi un moteur de 50 chevaux effectifs n'a que 336 millimètres de diamètre et 0^m,540 de course. Le moteur est un peu long parce qu'il a fallu nécessairement employer une crosse de piston et une glissière, mais les dimensions d'encombrement sont néanmoins assez restreintes.

Il serait intéressant de connaître exactement les divers rendements obtenus.

On a construit quelques machines en tandem, réalisant ainsi une impulsion motrice par coup de piston, comme dans les machines à vapeur, et conduisant par suite à une remarquable régularité : c'est une qualité essentielle du moteur Letombe, dont le mérite est d'ailleurs indiscutable ; il a été reconnu à l'Exposition de Bruxelles par un grand prix, la plus haute récompense qui ait été mise à la disposition du jury.

Cette machine, construite autrefois par la maison Mollet-Fontaine de Lille, est maintenant exploitée par une Société au capital de 300.000 francs, dont le siège est aussi à Lille.

40. — *Moteur Tangye.*

La maison Tangye (Cornwalls Works à Birmingham) s'était essayée au début sur un ingénieux moteur Pinkney à deux temps qu'elle a

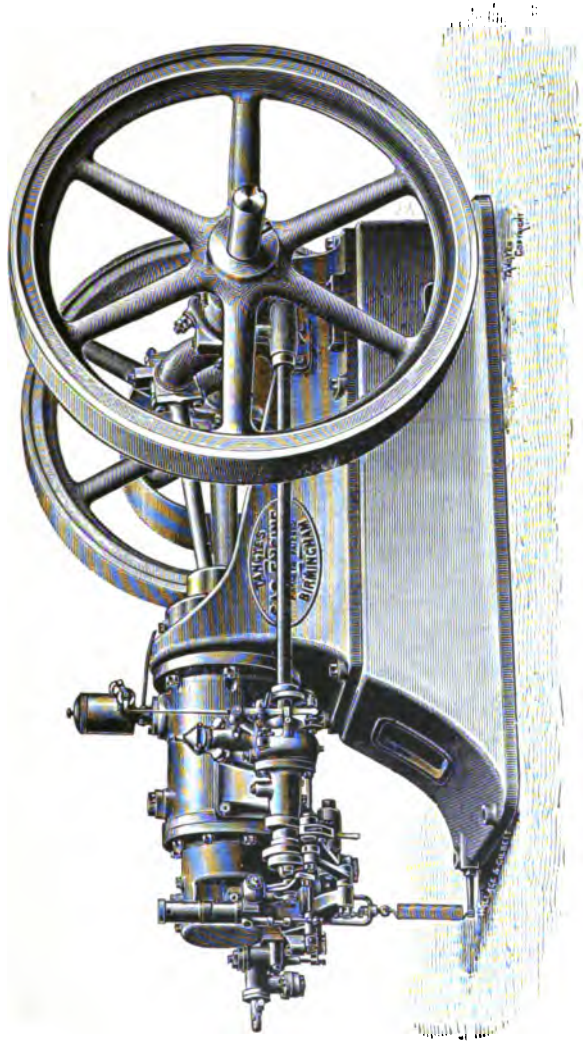


Fig. 74. — Moteur Tangye.

abandonné en mai 1891, pour construire, comme le fait tout le monde, des moteurs à quatre temps, du type Otto, à soupapes : elle a dépassé

aujourd'hui son 3000^e moteur, d'une puissance comprise entre 1 et 150 chevaux à un cylindre et 300 chevaux effectifs à deux cylindres. Ce beau succès est le meilleur éloge que nous puissions faire du moteur Tangye.

M. Pinkney, conseil de la maison Tangye, s'est proposé par-dessus tout, d'éviter les chocs et les explosions prématurées, et il a cherché à obtenir cet important résultat par une étude minutieuse des organes d'allumage et de la chambre d'explosion. Il s'agit d'assurer l'allumage à point précis, d'une façon certaine, en excluant la possibilité des ratés; d'autre part, il importe d'empêcher que les parois de la culasse ne prennent une température trop élevée, dont la conséquence fatale serait une explosion intempestive résultant de la compression elle-même. Les formes de la culasse doivent être dessinées de façon à empêcher tout dépôt adhérent de cambouis, dont l'ignition provoque trop souvent des allumages que l'on croit spontanés. Il faut aussi veiller à ce que la circulation de l'eau de réfrigération autour de l'échappement soit régulière et efficace; les échecs retentissants éprouvés par quelques constructeurs de moteurs de grande puissance étaient dus fréquemment à un échauffement excessif des culasses et des soupapes de décharge des cylindres. Les essais que j'ai été appelé à faire sur les moteurs Tangye de l'Hôtel de ville de Roubaix m'ont démontré que ces divers résultats étaient parfaitement acquis; un moteur de 292 millimètres de diamètre et 0^m,457 de course, faisant 170 tours, a pu développer continûment 24 chevaux effectifs pendant douze heures sans échauffement sensible, et il a même fourni 31 chevaux au cours de cette intéressante expérience.

La disposition mécanique du moteur Tangye ne présente à vrai dire aucun agencement réellement nouveau: un arbre de distribution, placé à un niveau inférieur de l'axe du cylindre, porte des cames qui commandent les diverses soupapes, à la façon ordinaire.

La mise en train est effectuée par l'appareil self-starting de Pinkney déjà décrit (1). Cet appareil fonctionne bien.

MM. Tangye ont établi un grand nombre de modèles, depuis 1 jusqu'à 130 chevaux effectifs par cylindre; ce dernier type fonctionne dans les ateliers de la *Great Western Railway Co.*, à Swindon, et chez

(1) Voir tome II, page 313.

MM. Kynoch à Birmingham. Ils ont aussi fourni la puissance motrice aux *River Wear Nol Docks* (Sunderland), qui élèvent 10.000 mètres cubes d'eau en deux heures. Un essai fait à l'École technique de Birmingham a démontré qu'un moteur de 62 chevaux effectifs consommait 535 litres de gaz de ville par cheval-heure effectif: on n'a pas dit quel était le pouvoir du gaz employé.

MM. Wilford représente **MM.** Tangye pour le Nord de la France et **M.** Roux pour le reste du pays.

41. — Moteur Acmé.

Ce moteur est déjà ancien, puisque sa première apparition remonte à l'année 1886. Il aurait déjà été décrit dans nos volumes précédents, si ce n'était un protée, qui change incessamment de forme.

Les inventeurs, **MM.** Mac Ghee et Peter Burt débutèrent par un moteur à deux temps vertical, qui présentait une particularité fort curieuse, à savoir qu'il n'avait, comme organe de distribution, qu'une soupape unique d'aspiration du mélange d'air et de gaz. Les autres fonctions de la distribution étaient remplies par le piston moteur lui-même, qui découvrait en temps voulu les orifices d'échappement. Ce moteur fut essayé à l'Exposition de Glasgow par **M.** Rowden et on déclara une consommation, merveilleuse pour l'époque, de 523 litres par cheval-heure effectif, allumage compris : il est permis de supposer, en l'absence de toute analyse, que le gaz employé était exceptionnellement riche.

M. Robinson ne mentionne pas ce moteur dans son traité ; **M.** Richard ne décrit que le type dont nous venons de parler. **M.** Bryan Donkin consacre aussi quelques lignes à cette machine, qui a été présentée à l'Exposition du Cristal Palace de 1892 et à celle d'Erfurt en 1894. Nous l'avons vue à l'exposition d'Anvers de cette même année, mais c'était alors un moteur à quatre temps, horizontal. On y retrouvait l'application d'un piston distributeur ; **M.** Donkin, qui décrit ce nouveau type dans la seconde édition de son excellent *Text-Book of gas, oil and air engines* (1) fait remarquer que le principe de l'invention a été conservé dans cette nouvelle forme de machine.

(1) Voir page 122.

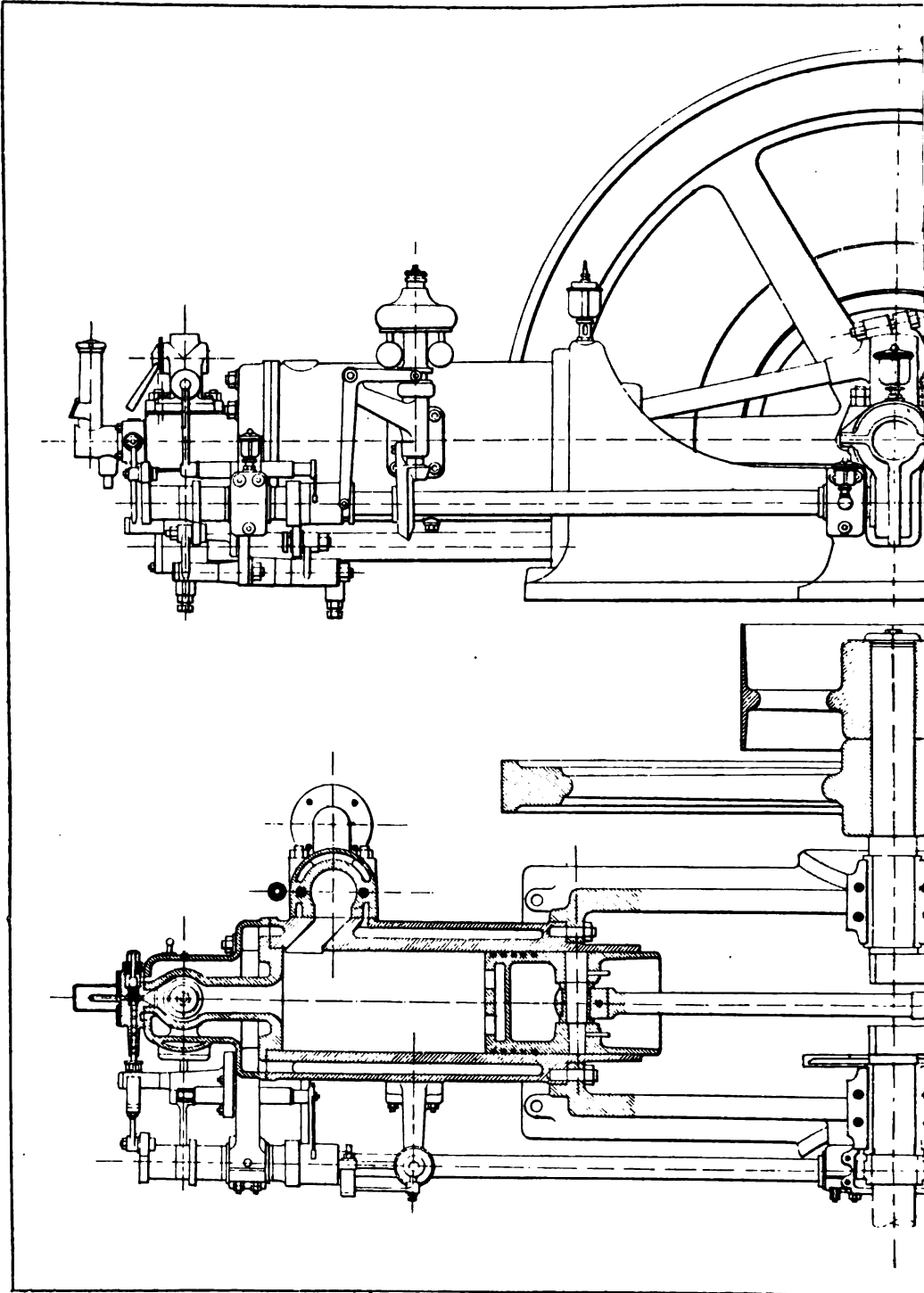
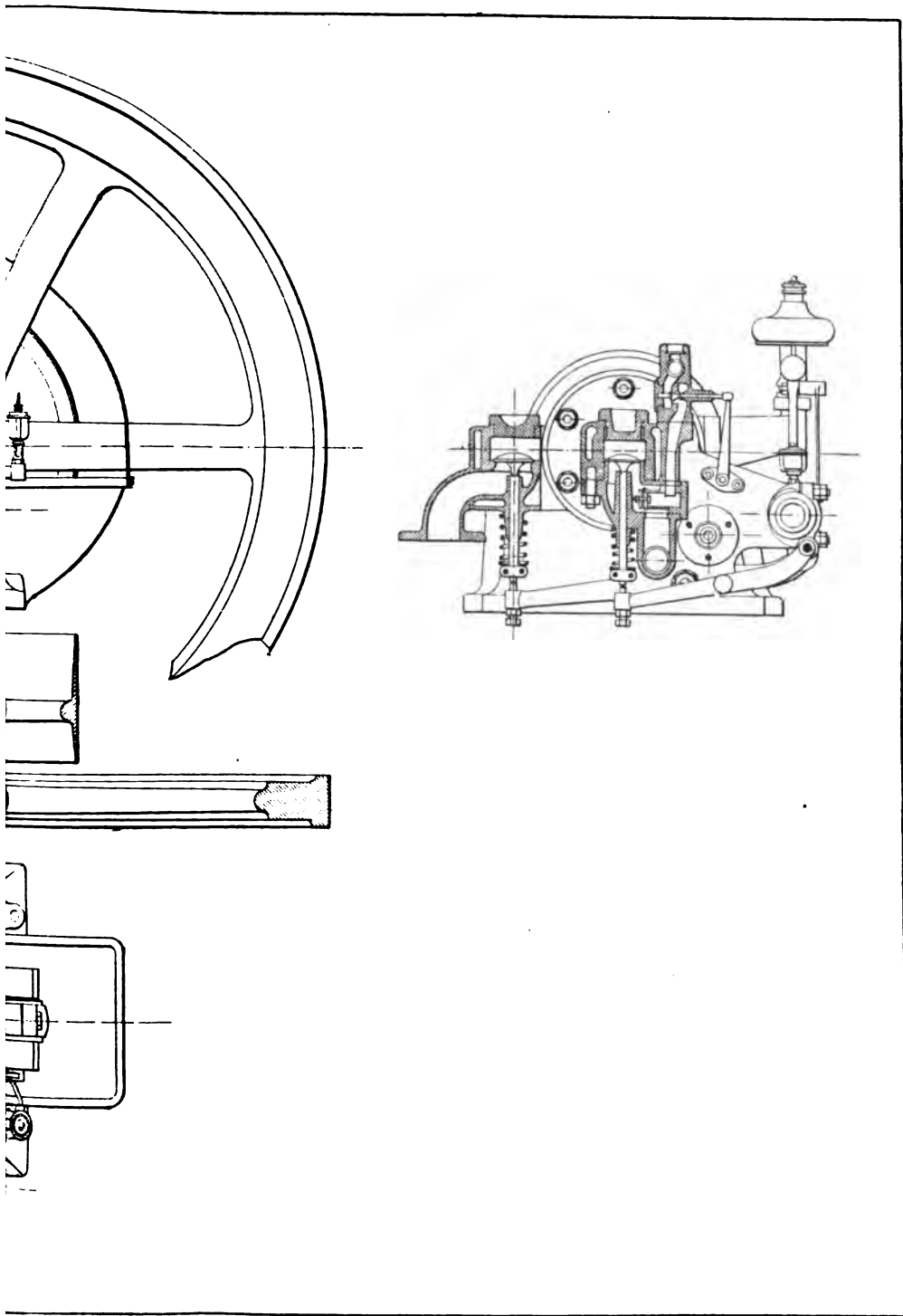


Fig.



- Moteur Werdau.

En effet, les inventeurs revendiquent encore la suppression des tiroirs et des soupapes d'allumage et de décharge. L'admission du gaz seulement se fait par une soupape, sous la dépendance du régulateur; un piston de distribution remplit les autres fonctions. Ce piston est disposé contre le fond du cylindre, transversalement à l'axe, et il reçoit son mouvement d'un arbre longitudinal, par l'intermédiaire d'un plateau et d'une bielle. Ce piston laisse entrer le mélange, l'emprisonne derrière le piston dans la phase de compression, met le cylindre en communication avec la tête d'allumage et ouvre la décharge. Ce dispositif ne se rencontre que dans ce moteur et il constitue son originalité.

La consommation d'un moteur de six chevaux est de 525 litres par cheval-heure indiqué quand on marche au gaz de Glasgow : cela doit correspondre à près de 600 litres par cheval-heure effectif.

Ce moteur est construit par MM. Peter Burt et C^o, Mountblue Works, à Glasgow; je ne connais pas de représentant de cette maison en France, et la machine est pour ainsi dire inconnue chez nous.

42. — Moteur Werdau.

La Société par actions *Motoren-fabrik Werdau*, dont le siège et les ateliers sont à Werdau, en Saxe, a construit d'abord des moteurs Otto à tiroir et allumage par transport de flamme, qu'elle a bientôt transformés, pour pouvoir augmenter la compression et diminuer la consommation; sa machine actuelle à soupapes est intéressante par sa robuste simplicité et nous sommes heureux d'en pouvoir donner une vue et un dessin détaillé que nous devons à l'obligeance des constructeurs (fig. 75 et 76). C'est un type de la construction allemande actuelle des moteurs genre Otto.



Fig. 76. — Moteur Werdau.

La distribution est effectuée par des cames installées à la façon habituelle sur un arbre longitudinal à demi-vitesse. Le couvercle du cylindre renferme les soupapes d'admission du gaz et du mélange, qui sont disposés de manière à ce que le combustible se diffuse le mieux possible dans le comburant.

La soupape d'échappement est installée sur le côté du cylindre. Des leviers agissant par-dessous le cylindre soulèvent les soupapes de décharge et de mélange. Le tube à incandescence est mis en communication avec la culasse, sur le fond de laquelle il est installé, par un obturateur, qui s'ouvre d'abord pendant la période d'aspiration, et se trouve ainsi purgé des gaz de la combustion qui nuisent à l'inflammation et produisent souvent des allumages tardifs ; il se trouve refermé pendant la phase de compression et se rouvre au moment précis de l'allumage.

Le régulateur déplace la came qui commande la soupape d'admission du gaz ; la régulation s'opère par admission du tout ou rien, ou bien, pour les applications électriques, par une modification de la teneur du mélange en gaz, ainsi que le fait la maison de Deutz ; des précautions sont prises évidemment pour éviter les ratés par insuffisance de richesse.

La culasse renfermant les soupapes est refroidie par une circulation d'eau communiquant avec celle du cylindre.

Les soupapes sont munies de ressorts de rappel particulièrement étudiés en vue de supprimer tout choc sur leur siège et par suite de réduire le bruit du moteur. Les engrenages hélicoïdaux de l'arbre de distribution sont taillés avec soin dans le même but. Tous les organes sont enfin simplifiés le plus possible, de telle sorte que tout mécanicien puisse conduire, entretenir et au besoin réparer la machine.

Quand ces moteurs sont destinés à marcher à l'air carburé par l'essence de pétrole ou la benzine, l'allumage est électrique et effectué par une magnéto.

La Société de Werdau a établi de nombreux types, dont la puissance atteint même 125 chevaux : elle annonce des consommations de gaz de 600 à 800 litres ou de 500 grammes de benzine par cheval-heure effectif. Notons qu'en Allemagne ce produit vaut moins de 17 francs les 100 kilogrammes.

Il existe aussi un moteur Werdau au pétrole construit sur le type que nous venons de décrire.

43. — Moteur Hille.

Les ateliers de Dresde (Dresdener Gasmotoren Fabrik) construisent avec un certain succès un moteur à quatre temps, qui présente certaines dispositions d'organes méritant d'être décrites, alors même qu'elles ne sont pas toutes également judicieuses.

Les types de ce moteur sont très variés; un modèle est à distribution par soupapes avec allumage par incandescence (D. W.), un autre (C) est à tiroir de distribution et d'allumage, un autre (CV) à distribution par soupape et allumage par tiroir; il existe enfin un type vertical à distribution par soupape.

Dans le premier type, les soupapes d'admission et de décharge sont logées l'une au-dessus de l'autre, leurs axes étant en prolongement dans une même boîte A coulée avec le fond du cylindre : cet agencement, fort simple en apparence, nous paraît peu avantageux à d'autres égards, car il expose à des allumages prématurés.

La soupape d'admission occupe la position supérieure; elle est attaquée par un levier coudé B, dont l'axe de rotation est au-dessus du cylindre, et qui est commandé par une tringle C parallèle à l'axe;

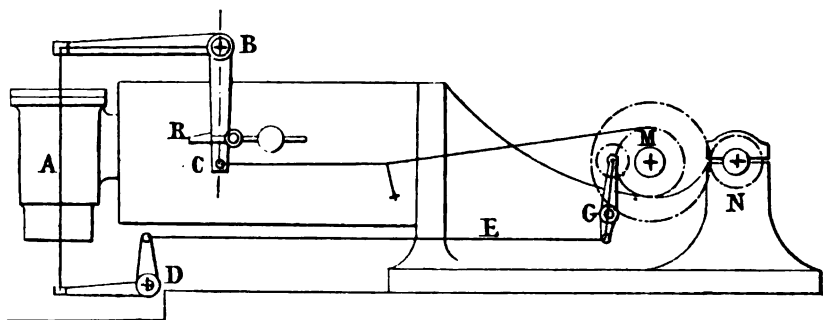


Fig. 77

la soupape de décharge est soulevée par un levier coudé D placé sous le cylindre, et qui reçoit son mouvement par une seconde tringle E parallèle à l'axe traversant le bâti dans sa longueur. Ces deux tringles sont animées d'un mouvement alternatif emprunté à un arbre à cames M, faisant office d'arbre de distribution; cet arbre est parallèle à l'arbre de couche N et il est entraîné par une paire d'engrenages

droits, dans le rapport de 1 à 2, comme il le faut pour un moteur à quatre temps. La figure 77 éclairera la description que nous venons de faire.

Le levier coudé d'admission est commandé par l'intermédiaire d'un régulateur R, qui fait ouvrir la soupape en marche normale et la laisse fermée, lorsque l'allure s'accélère. Quand la soupape d'admission n'est point soulevée, celle d'échappement s'ouvre néanmoins et les gaz brûlés expulsés sont rappelés dans le cylindre.

Le régulateur employé est à inertie; il se compose en principe d'un balancier à contrepoids armé d'un couteau, butant contre l'extrémité du levier d'admission ou le manquant, suivant que la vitesse est normale ou accélérée. Voici la disposition sommaire des organes de prise de contact : la tringle motrice se termine par un étrier, tandis que le bras vertical du levier coudé porte une chape dans laquelle pivote une sorte de loquet en coin; à la vitesse de régime, un couteau fixé sur l'étrier heurte ce loquet et entraîne le levier. Or, l'étrier porte un galet qui passe sous le loquet à chaque oscillation et lui donne une impulsion verticale. A la vitesse pour laquelle le moteur est réglé, le loquet et son contrepoids ont le temps de retomber et de retrouver le contact du couteau. Mais, à une vitesse supérieure, le lancé est plus énergique et la période de va-et-vient s'abrège; dans ce cas, le loquet est saisi par une pointe disposée à cet effet, il oscille et ne rencontre pas le couteau. Cet appareil est un peu compliqué, mais il fonctionne bien, ainsi que nous avons pu nous en assurer à l'Exposition de Bruxelles.

Dans le moteur que nous venons de décrire l'allumage est effectué par un tube à incandescence; mais, pour le type C, la soupape d'admission est supprimée et la fonction d'admission et d'allumage est remplie par un tiroir placé sur le côté de la chambre d'explosion et mù par la tringle qui ouvrait le tiroir dans le précédent modèle. L'allumage exige un bec veilleur.

Mais il existe encore un autre modèle dans lequel l'allumage seul est opéré par le tiroir; la soupape d'admission est alors actionnée par le bas comme celle de décharge.

Le prospectus qu'on distribuait à l'Exposition de Bruxelles déclarait que « les moteurs Hille sont les meilleurs du monde, les moins coûteux et les plus économiques »: on ne pourrait souhaiter davantage!

Le même document déclarait que « la consommation de gaz est d'environ 600 litres par cheval-heure mesuré au compteur et non pas réduite à une hauteur barométrique de 760 millimètres et à une température de 0 degré Celsius »; nous aurions préféré apprendre quel était le pouvoir calorifique du gaz consommé : on aurait d'ailleurs pu nous dire s'il s'agissait de cheval effectif ou indiqué. Par contre, on faisait savoir que 3000 moteurs Hille fonctionnaient en Allemagne. C'était, il faut le reconnaître, une excellente recommandation.

44. — *Moteur Pygmée.*

Ce moteur est du type vertical à pilon ; il est construit pour marcher soit au gaz, soit à l'essence de pétrole, par l'adjonction d'un carburateur. L'arbre moteur, pourvu de manivelles à plateaux équilibrés, est creux et il tourne dans un bain d'huile ; les coussinets sont coupés de manière à ce qu'une de leurs moitiés forme du côté de l'huile une fermeture étanche.

L'admission se fait par une soupape automatique, logée à la partie supérieure du cylindre ; mais le mélange d'air et de gaz est dirigé de bas en haut et tangentiellement à la paroi, afin qu'il ne se mêle pas aux gaz brûlés évacués par la soupape de décharge située sur le côté du cylindre, tout contre la culasse. Cette soupape est commandée par la came de l'arbre de distribution à demi-vitesse ; mais sa levée est effectuée par l'intermédiaire d'un appareil ingénieux placé sous la dépendance du régulateur. En cas d'emballement du moteur, la soupape ne se ferme plus et l'admission du mélange cesse d'avoir lieu. Ce mode d'action est ancien déjà, mais il est réalisé d'une façon assez nouvelle.

La came donne un mouvement alternatif de montée et de descente à une tige intermédiaire, munie d'un galet, qui se meut dans l'axe de la soupape de décharge, mais ne fait pas corps avec elle. Quand la soupape ne doit plus se fermer, le régulateur vient enclencher cette tige et il la maintient momentanément dans sa position supérieure : la soupape ne peut donc plus retomber. Le régulateur, qui est monté sur l'arbre même de distribution, et logé dans le volant, agit de la manière qui suit : il repousse une tringle parallèlement à l'arbre ; cette tringle porte un loquet, qui vient alors effectuer l'enclenchement.

Les moteurs Pygmée sont généralement à deux cylindres conjugués, à phases croisées, de façon à avoir une impulsion par tour; le régulateur agit alors successivement sur les deux soupapes de décharge dont les tiges sont parallèles et voisines. Des ressorts à boudin sollicitent les soupapes à retomber sur leurs sièges et les tiges intermédiaires à garder le contact des cames.

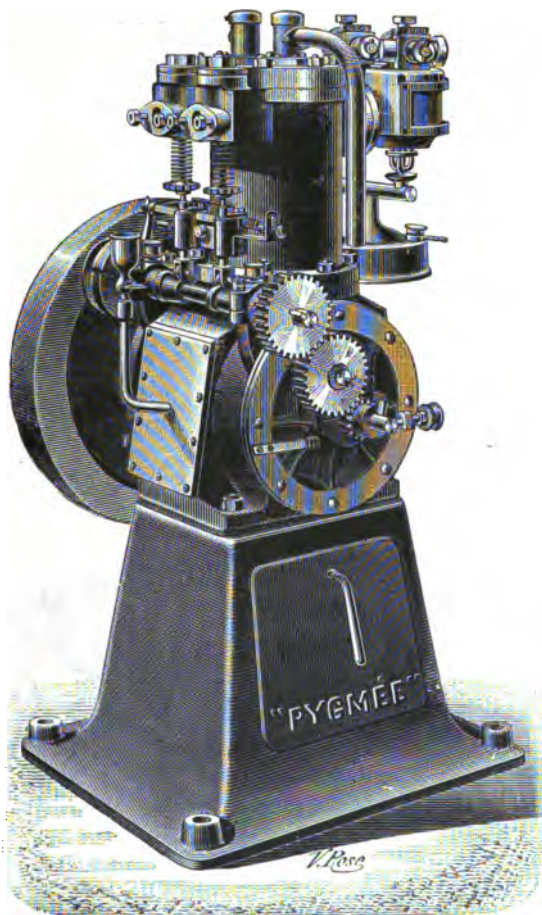


Fig. 78. — Moteur Pygmée.

Le brevet de ce moteur a été pris au nom de la Société Veuve Fessard et fils; M. Lefebvre en est seul concessionnaire. Il l'a appliqué

avec succès aux voitures automobiles ainsi que nous le dirons plus loin.

Le moteur tient son nom de ses dimensions très réduites; il est en effet fort ramassé et fort compact.

45. — *Moteur Pellorce.*

Ce moteur, qui se distingue par la simplicité de son agencement, est muni d'une soupape automatique d'admission K, placée sur la culasse; la soupape de décharge S est commandée, par l'intermé-

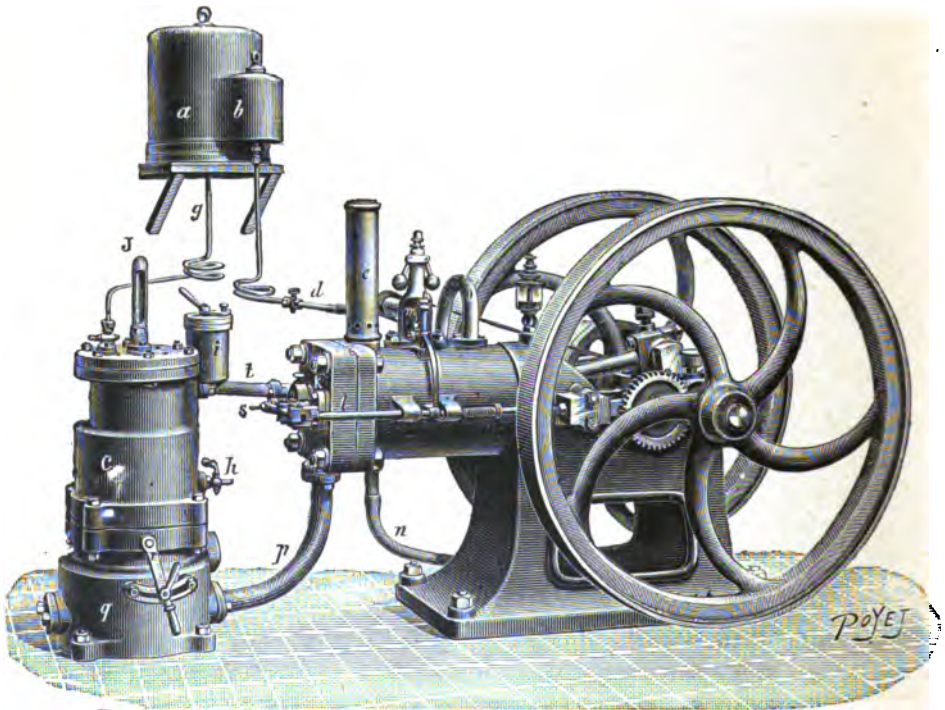


Fig. 79. — Moteur Pellorce.

diaire d'un levier, par une came calée sur un arbre de distribution à demi-vitesse, parallèle à l'arbre de couche. Le régulateur agit en supprimant l'ouverture de cette soupape de décharge; un ressort de compensation permet de modifier à volonté la vitesse de régime

L'allumage se fait par incandescence : le tube est logé dans la cheminée *e*.

Notre figure fait voir un moteur alimenté d'air carburé, par l'appareil à gazoline, placé derrière lui. L'essence, contenue dans le réservoir *a*, s'écoule par le conduit *g* dans le carburateur *c*, chauffé par les gaz de l'échappement, amenés par le tube *p* dans la boîte *q*; le registre *r* permet de faire passer ces gaz en totalité ou en partie dans l'appareil. L'air est admis par *i* et l'alimentation du cylindre se fait par le tuyau *t*.

46. — *Moteur Lair-Delay.*

Le mécanisme de distribution constitue la particularité la plus intéressante de cette machine. Les deux soupapes d'admission et de décharge sont disposées dans une boîte, qui porte encore le tube d'allumage; cette boîte reçoit du gaz d'une part, de l'air d'autre part, et elle est reliée au cylindre par un canal dans lequel passent tour à tour le mélange tonnant et les gaz brûlés. La soupape d'admission est semi-automobile; si l'air y accède librement par une tubulure toujours ouverte, le gaz ne vient se mêler à l'air qu'en traversant une soupape dont l'ouverture est subordonnée à l'action d'un régulateur à boules. La soupape d'échappement est aussi commandée. On voit donc que la régulation se fait par la suppression du gaz, l'air continuant à être admis par la tubulure toujours ouverte.

La disposition de ce moteur est verticale; l'arbre de distribution, faisant un tour pour deux, porte la came qui actionne par un levier la soupape d'échappement. Le régulateur centrifuge à boules est monté sur ce même arbre; sa douille est d'une pièce avec la came, à laquelle est dévolue la fonction d'ouvrir la soupape à gaz.

Ce moteur, très robuste et peu coûteux, trouvera de nombreuses applications rurales.

47. — *Moteur Hamilton.*

Ce moteur, qui est construit par M. Wells, à Sandiacre, a été décrit dans l'excellent ouvrage de M. Bryan Donkin (1), auquel nous empruntons les détails qui suivent.

(1) Bryan Donkin, *Gaz, oil and air Engines*, page 479.

C'est un moteur à balayage, dont la conception est originale et nouvelle. Le piston moteur A est guidé dans un coulisseau cylindrique par un piston B ayant un diamètre égal à 1,65 fois celui du piston moteur A; ce piston B joue le rôle de compresseur d'air. Dans la course d'arrière à l'avant, il aspire de l'air; il refoule cet air durant la course de retour en phase d'expulsion, à travers la chambre d'explosion, dont il entraîne les gaz brûlés dans la conduite de décharge. Le balayage est complet; le travail dépensé de ce chef est faible, attendu que dans un moteur de 134 chevaux, il ne dépassait pas un cheval et demi, soit près de 1 %.

Le moteur dont nous parlons était à deux cylindres disposés en tandem.

48. — Moteur Robson.

La maison Scott Brothers, de Halifax, a adopté le dispositif de M. Robson, qui est caractérisé par l'emploi de deux pistons moteurs dans un même cylindre. L'explosion a lieu entre les deux pistons, qu'elle éloigne l'un de l'autre; elle crée donc sur l'arbre, auquel les deux pistons sont reliés par des bielles, un couple de rotation, tendant à atténuer l'impulsion et équilibrant en tout cas de la manière la plus efficace l'inertie des masses mises en mouvement. La course étant partagée en deux, on obtient, à égalité de vitesse linéaire, un nombre double de révolutions; on réalise donc ainsi sans danger de très grandes vitesses de rotation : on fait faire 220 tours à un moteur de 16 chevaux.

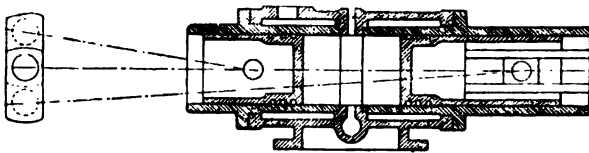


Fig. 80

La figure 80 montre la disposition des organes de ce moteur. On voit que l'arbre de couche porte deux manivelles calées à 180°; l'une d'elles est reliée directement au piston d'avant, l'autre est accouplée avec le deuxième piston d'arrière par une paire de bielles latérales en retour. Observons que ces bielles ne travaillent qu'à la traction

pendant l'expulsion motrice, ce qui leur évite les dangereuses vibrations auxquelles leur grande longueur les exposerait.

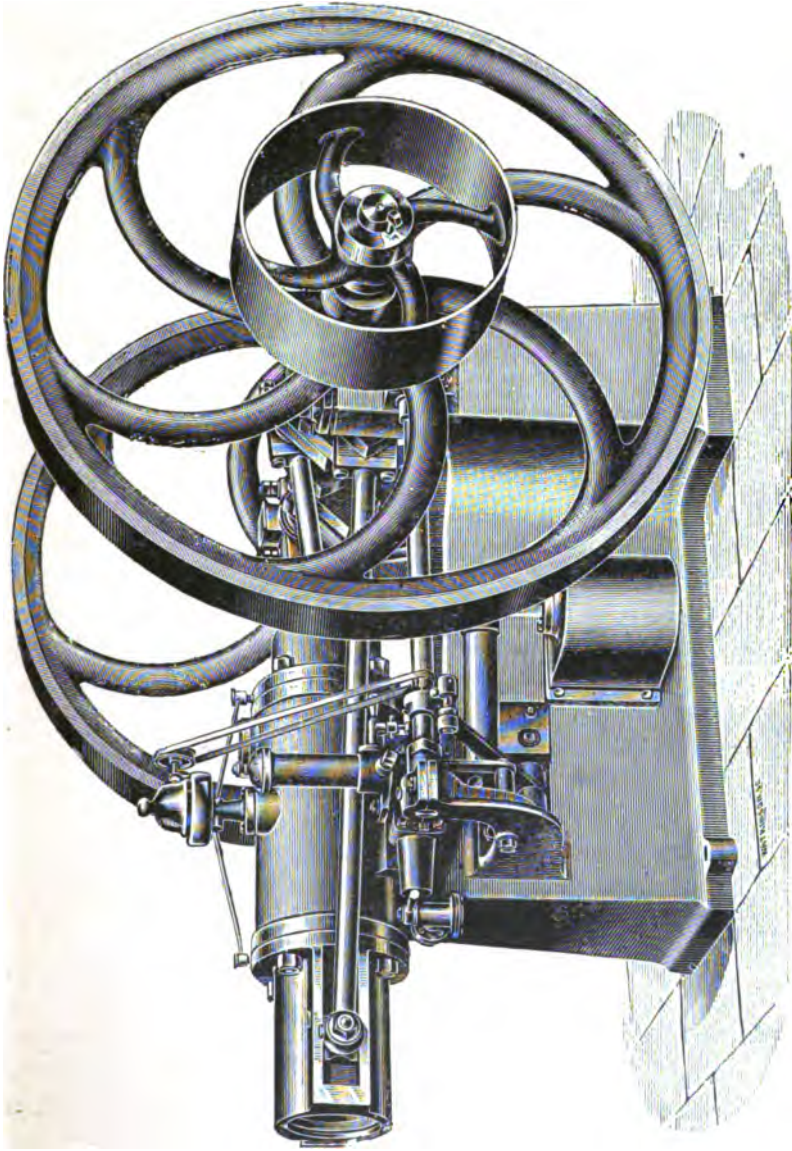


Fig. 81. — Moteur Robson.

Ce dispositif permet, en modifiant le calage des deux manivelles, d'éviter la coïncidence des poids morts; toutefois, nous pensons que cela serait peu avantageux.

L'air et le gaz sont appelés dans l'intervalle compris entre les deux pistons au moment où ils s'éloignent l'un de l'autre et la compression a lieu, quand ils marchent l'un vers l'autre : une seule boîte de distribution, visible sur la figure 81, montrant le moteur en perspective, dessert les deux pistons moteurs. La soupape de décharge est placée en face de l'admission, de l'autre côté du cylindre. Les soupapes sont commandées par une double came calée sur l'arbre latéral à demi-vitesse, lequel reçoit le mouvement de l'arbre de couche par un jeu de roues hélicoïdales; celles-ci tournent dans un bain d'huile, renfermé dans une boîte à couvercle facilement démontable.

L'allumage est effectué par un tube à incandescence en métal; c'est un alliage de composition tenue secrète par M. Robson; on assure qu'il dure près de dix mois. Il n'y a pas de soupape d'allumage; on règle le moment de l'explosion en déplaçant le brûleur Bunsen qui maintient le tube au rouge. Pour de gros moteurs, ce moyen peut donner des ennuis.

Il serait intéressant de connaître la consommation et le rendement organique de ce moteur : nous n'avons aucune donnée à cet égard.

Le poids de la machine est réduit; un moteur de 20 chevaux, ne pèse que 12.500 kilogrammes, doubles volants y compris.

49. — *Moteur Midland.*

Ce moteur, qui était jadis à deux temps (1), s'est transformé comme les autres en un moteur à quatre temps aussitôt qu'il l'a pu : il s'est créé une assez nombreuse clientèle en France.

Les soupapes de distribution, logées sur le fond et au-dessous du cylindre, sont commandées directement par des tringles d'excentriques et de manivelles; il en résulte un aspect général très simple et fort dégagé, ainsi qu'on peut en juger par la figure 82.

La figure 83 donne les diverses coupes du moteur et de son cylindre.

(1) Cf : Tome I^{er}, page 259.

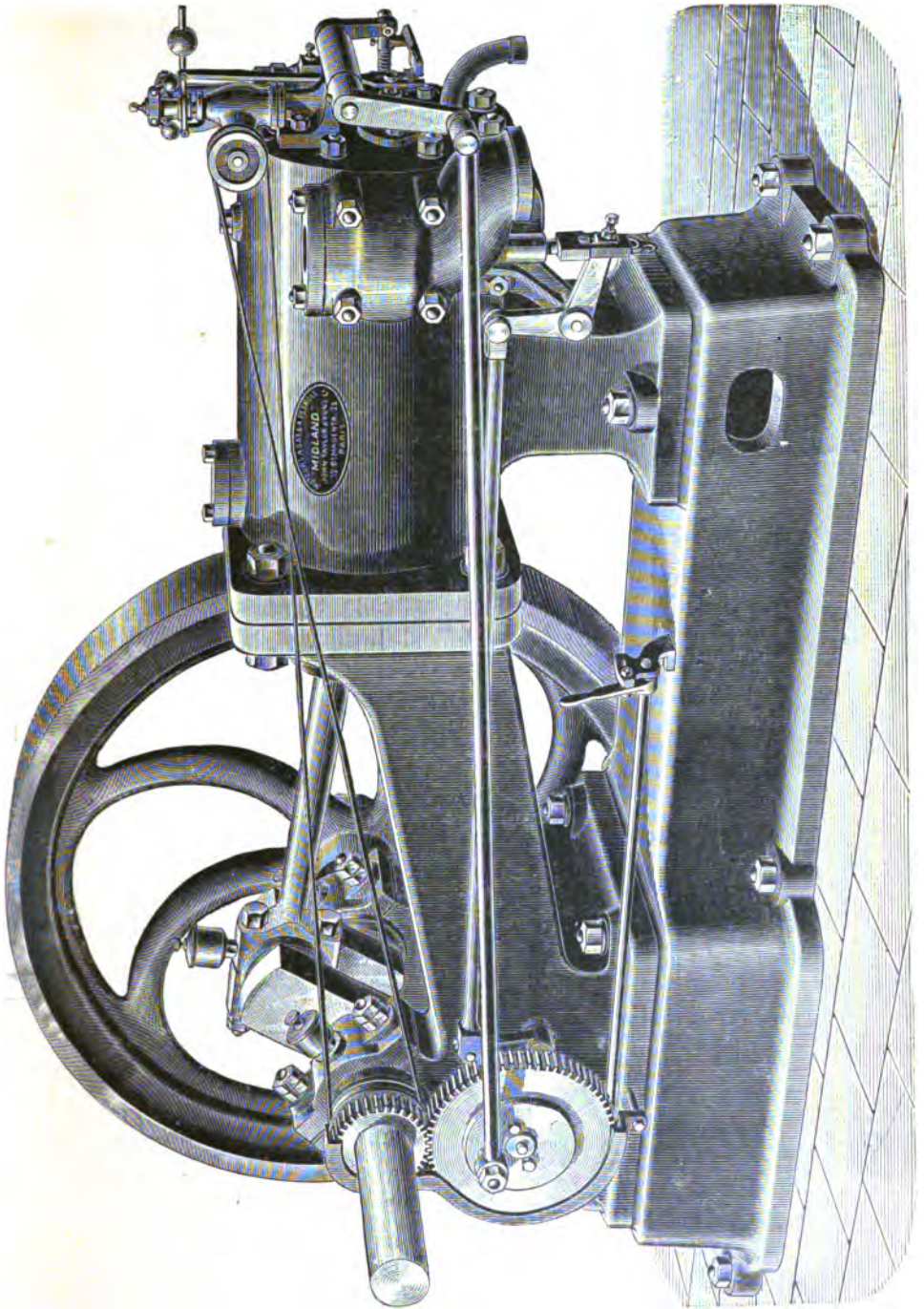


Fig. 82. — Moteur Midland.

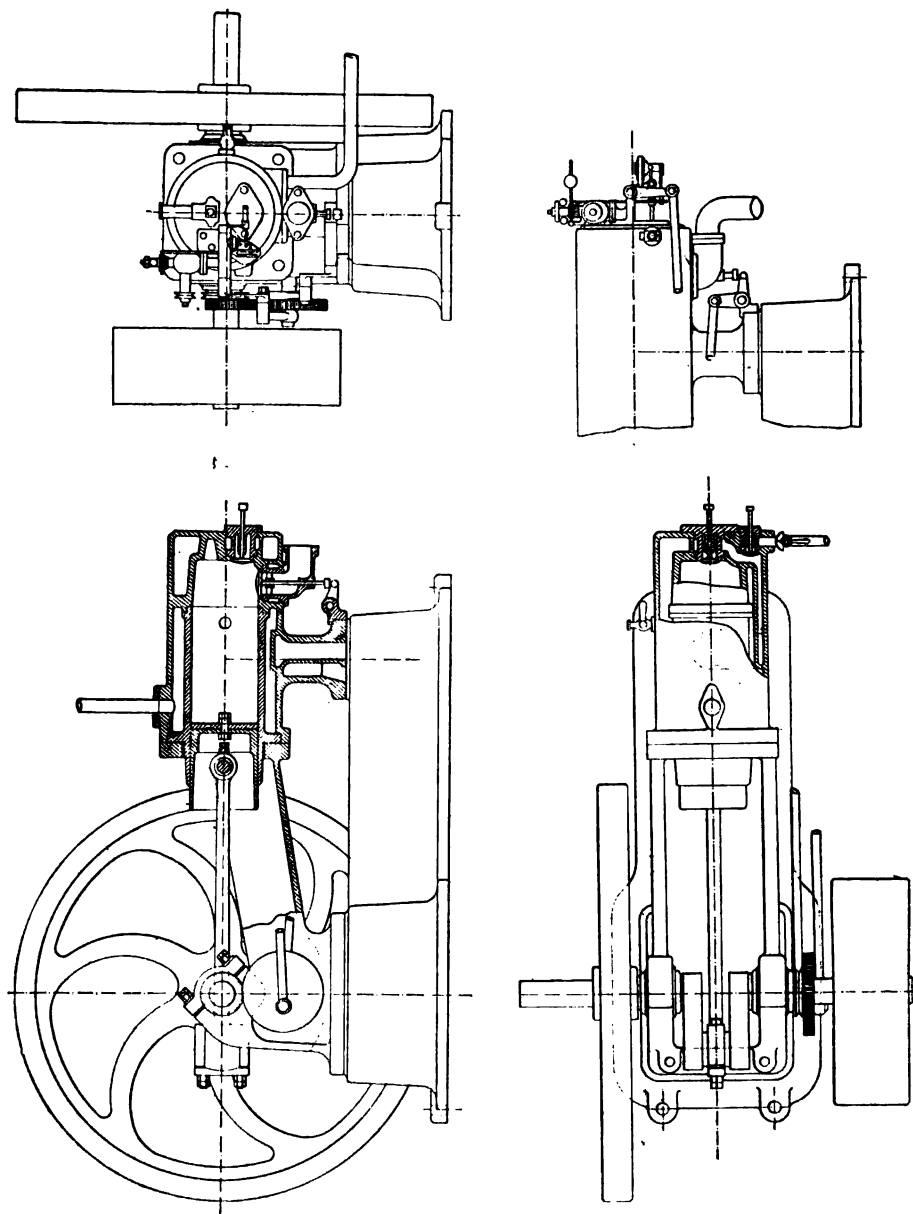


Fig. 83. — Coupes du moteur Midland.

Il existe un grand nombre de types de moteurs Midland ; ainsi la figure 84 fait voir un moteur dans lequel les constructeurs ont eu recours à un arbre à cames.

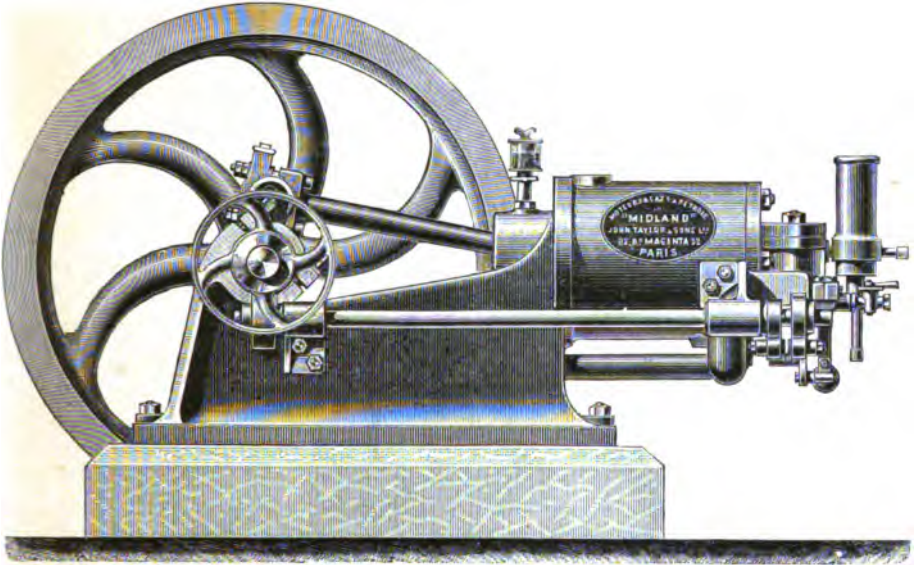


Fig. 84. — Moteur Midland.

Ces machines fonctionnent très régulièrement.

50. — Moteur Kappel.

Ce moteur avait déjà réalisé une perfection relative lors de l'Exposition d'Anvers de 1894, où l'on vit paraître quatre machines horizontales, dont une fonctionnait à la gazoline; elles avaient été construites à Chemnitz, en Saxe.

Ce type de machine ne présente pas de particularités bien spéciales : signalons toutefois que la soupape de décharge se trouve sur la culasse ; elle est commandée par un levier recevant son mouvement par l'intermédiaire d'un arbre de distribution parallèle à l'arbre de couche. La soupape d'admission est actionnée par un levier mû par une bielle parallèle à l'axe du cylindre ; cette même bielle commande les soupapes d'admission de gaz et d'air.

La régulation s'effectue par un balancier d'inertie, agissant sur la

soupape d'admission du gaz ; un ressort à lame, pouvant être tendu à volonté, permet de régler par une simple vis la vitesse de régime que l'on veut établir.

Ces moteurs, dont la puissance ne dépasse pas 12 chevaux, sont tous à marche rapide, car ils effectuent de 140 à 170 révolutions par minute. Ils sont assez répandus en Allemagne, mais ne paraissent pas encore être venus sur le marché français. Le moteur à pétrole Kappel est au contraire construit à Caen.

51. — *Moteur Phénix.*

Ce moteur, construit par la Société du Phénix de Gand, est un moteur Otto à soupapes, ne présentant rien de bien particulier, ce qui n'empêche pas les rédacteurs du prospectus d'affirmer que « les perfectionnements apportés à ce moteur le rendront supérieur à tous les autres » ; nous le croyons volontiers, puisqu'ils le disent.

Le tube allumeur est en métal spécial inoxydable, « conservant longtemps sa surface nette à l'intérieur comme à l'extérieur ». Il peut rester douze mois en service.

La Société entreprend la construction de moteurs à gaz de toute puissance jusqu'à 400 chevaux effectifs : toutefois le catalogue ne porte encore que des moteurs de 70 chevaux.

52. — *Moteur National.*

Ce moteur est construit par la *National Gas Engine Co*, dont les ateliers sont à Ashton under Lyne, en Angleterre.

Un moteur de 30 chevaux était en service à l'Exposition de Bruxelles.

Cette machine est du type Otto à soupapes, tel qu'il se construit aujourd'hui, simple, solide, ramassé, équilibré, à grande vitesse, avec allumage par incandescence.

Elle ne présente rien de nouveau, et ne se distingue pas des moteurs similaires, dont le modèle paraît bien aujourd'hui tombé dans le domaine public, et qui se recommandent surtout par leur bas prix et leur plus ou moins bonne construction.

Ces machines sont destinées spécialement à la commande des dyna-

mos; la Société de construction a, d'ailleurs, choisi une marque de fabrication symbolique, représentant le gaz et l'électricité se donnant une cordiale poignée de mains.

53. — *Moteur Furnival (Express)*.

Ce moteur, construit par MM. Furnival et C^o, fabricants d'articles d'imprimerie, à Reddish, près de Glasgow, a été exposé à Bruxelles, en 1897.

Il ne présente que des particularités de détail et de forme; dans son ensemble, il ne diffère guère du type général des moteurs anglais, dans lesquels un arbre latéral, commandé par un engrenage hélicoïdal, est muni de cames qui actionnent les quatre soupapes d'air, de gaz, d'allumage et de d'échappement.

Au moment de la mise en marche, l'allumage est retardé, de façon à rendre impossible un démarrage en sens inverse.

Le cylindre est fait en deux parties; la chemise intérieure est coulée en fonte dure. On peut la tirer du cylindre au cas où un réglage deviendrait nécessaire.

54. — *Moteur Andrew et Bellamy*.

Dans le but de rendre moins coûteuse la construction des moteurs, plusieurs ingénieurs ont cherché à supprimer l'arbre de distribution et à le remplacer par une commande directe à l'aide d'une tige d'excentrique; nous en avons déjà vu quelques exemples. Mais comme les soupapes ne doivent s'ouvrir qu'une fois tous les deux tours, il a fallu imaginer des dispositifs à action alternante.

Le dispositif adopté par MM. Andrew et Bellamy est un des plus intéressants et nous croyons qu'il mérite une description spéciale. L'excentrique commande un levier ABC, mobile sur l'axe à pivot B et terminé par une fourche portant une roue à créneaux D, disposée en dessous de la tige *t* de la soupape qu'il faut soulever chaque deux tours. L'axe de la roue porte un rochet E dont le nombre de dents égale le nombre de creux de la roue D; à chaque descente du levier, un cliquet fixe fait tourner le rochet et, par suite, la roue d'une dent, de telle sorte qu'à la montée la roue présente à la tige *t* alternative-

ment une dent ou un creux; la dent la soulève, tandis que le creux la laisse en place.

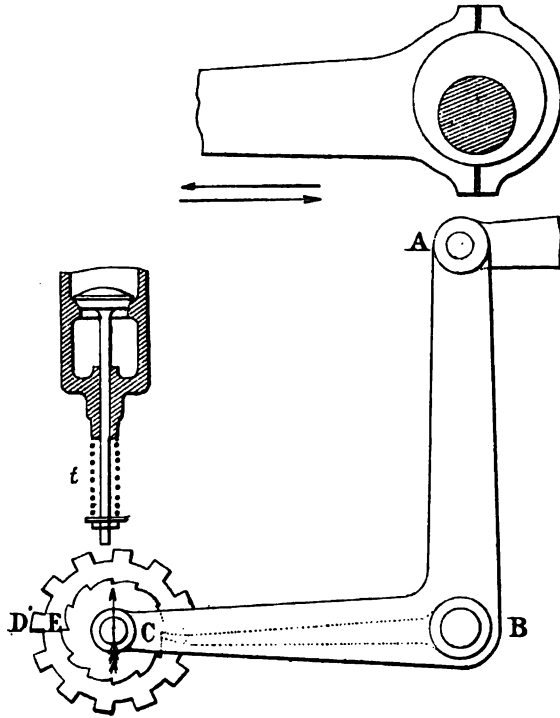


Fig. 85

55. — *Moteur Gardner.*

C'est encore un moteur sans arbre de distribution, dans lequel deux excentriques commandent l'un l'admission et l'autre la décharge; l'arbre qui les porte est parallèle à l'arbre de couche et il fait un tour pour deux de la machine.

L'excentrique d'admission attaque, par une tringle longitudinale, un levier à deux branches, dont l'une ouvre la soupape de mélange et de prise d'air tous les deux tours, tandis que l'autre n'agit sur la soupape de gaz que sous la dépendance d'un régulateur d'inertie.

Ce dispositif est d'une remarquable simplicité et il fonctionne très sûrement et sans bruit.

Voici comment fonctionne ce régulateur : le levier dont nous venons de parler porte une sorte de balancier horizontal, agissant par l'avant sur la tige de la soupape de gaz, et muni à l'arrière d'un taquet. Celui-ci rencontre dans son mouvement un plan incliné fixe, qui fait pivoter le balancier sur son axe ; mais un ressort tend constamment à le ramener dans sa position horizontale. Quand le taquet perd le contact du plan incliné, le ressort rabat le balancier, mais pas assez vite en marche normale pour que l'avant manque la tige de la soupape. Si au contraire la machine s'emballe, le balancier n'a plus le temps d'exécuter son mouvement et il retombe sur la tige qu'il n'actionne plus.

Ce dispositif est ingénieux et il fonctionne bien.

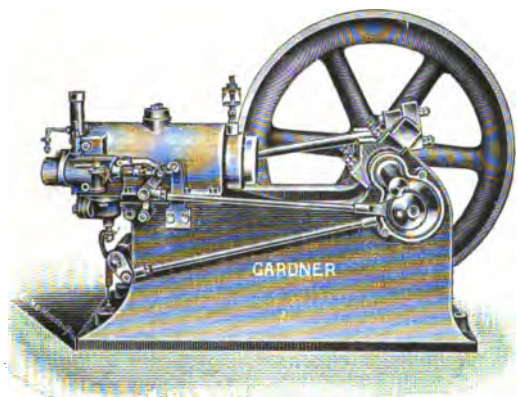


Fig. 86. — Moteur Gardner.

Il s'applique sans difficulté à l'emploi du pétrole lampant ; l'huile arrive en charge dans une pompe, actionnée sous la dépendance du régulateur par le même balancier qui ouvre le robinet de gaz dans le moteur à gaz ; le carbure est refoulé dans le carburateur chauffé par une lampe. C'est encore un moteur simple et de construction peu coûteuse.

M. Nouvelet, de Lille, est concessionnaire en France et sur le continent du moteur Gardner ; le moteur est construit par MM. Gardner and Sons à Manchester.

56. — *Moteur Borsig.*

Ce moteur a été exposé à Berlin, en 1896 : il se faisait remarquer par la suppression de l'arbre de distribution à demi-vitesse et par son remplacement par une combinaison de leviers à sonnette, passant sous le cylindre et dégageant le moteur, qui possède une grande apparence de rusticité et de simplicité. Le mouvement de ces leviers est pris sur le milieu de la bielle : un levier coudé le transmet à une manivelle pivotante, qui oscille à peu près comme elle le ferait sous l'action d'un excentrique. Une tringle commande de là la soupape d'échappement. Ce dispositif est assez simple, mais il comporte de trop nombreuses articulations.

Les deux soupapes sont établies parallèlement dans la culasse du cylindre ; leurs tiges sont verticales. La soupape d'admission se lève automatiquement ; celle d'échappement est commandée par l'intermédiaire d'un pendule d'inertie, qui la laisse fermée lorsque la vitesse tend à augmenter.

Mais cette soupape ne doit se lever que tous les deux tours ; voyons comment elle échappe à la commande durant la phase de compression. La soupape d'aspiration automatique porte un bras latéral sur lequel repose le pendule d'inertie, qui se trouve ainsi élevé, quand la soupape d'admission est ouverte ; l'accrochage du levier qui détermine le soulèvement de la valve de décharge n'a donc pas lieu et la valve reste fermée pendant que s'opère la compression. Mais, en phase d'explosion, la soupape d'admission ne s'ouvrant pas, l'accrochage redevient possible et la soupape est soulevée en phase de décharge. C'est un dispositif ingénieux et nouveau.

L'allumage se fait par un tube disposé sur la boîte des soupapes.

Un moteur de 160 millimètres de diamètre et de 0^m,26 de course développe 4 chevaux par 300 tours.

57. — *Moteur Westinghouse et Rudd.*

Nul mécanicien n'était mieux en état de construire le moteur à gaz que la Compagnie américaine Westinghouse ; aussi est-elle entrée à son tour dans la lice avec un brevet qui rappelle les dispositions classiques de la célèbre machine Westinghouse.

Ce moteur est vertical à deux cylindres; les manivelles sont parallèles, la course motrice d'un des pistons coïncidant avec l'aspiration de l'autre.

L'air et le gaz sont admis par des soupapes automatiques; la teneur du mélange est réglée par une valve soumise au régulateur. L'allumage est électrique.

Cette machine, simple et robuste, est de plus parfaitement construite, et elle ne tardera pas à paraître sur le marché français.

88. — *Moteur Démon (Cadiot).*

MM. Cadiot et C^{ie}, de Paris, qui se sont fait une spécialité des petits moteurs, construisent un nouveau modèle qu'ils ont appelé le démon,

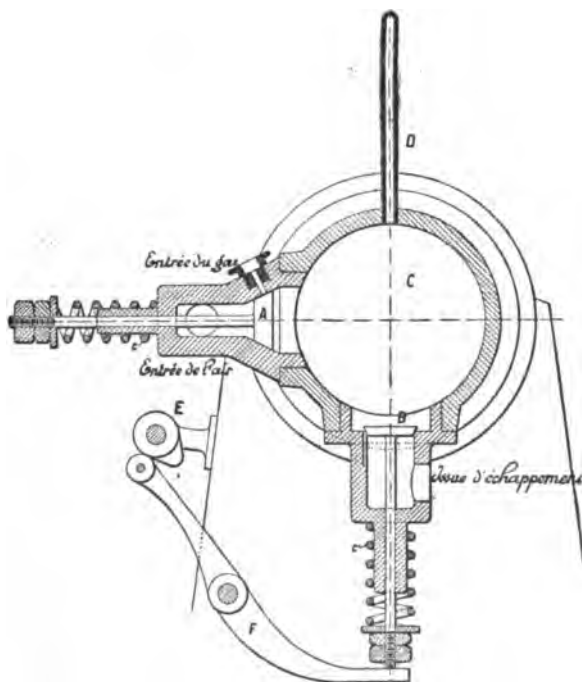


Fig. 87. — Le Démon.

pour symboliser, sans doute, par ce nom, sa grande vitesse et son petit volume : au fait, une machine d'un demi-cheval n'occupe que

0^m,82 de longueur sur 0^m,50 de largeur et ne pèse que 125 kilogrammes.

Le dispositif n'est guère compliqué : le gaz et l'air entrent en A par deux soupapes automobiles distinctes. La compression étant opérée par le retour du piston en arrière, le mélange s'allume au tube D placé sur le cylindre. La came E actionne la soupape d'échappement par l'intermédiaire d'un long balancier. Un régulateur à boules agit sur cette came et maintient l'échappement ouvert, quand la vitesse tend à s'accélérer.

Tout cela est fort simple et permet d'établir des machines peu coûteuses : les clients de ce genre de moteurs s'occupent peu de la consommation par cheval-heure effectif.

59. — *Moteur Southall (quatre temps).*

Nous avons déjà donné la description d'un moteur de ce nom, à deux temps, genre Clerk.

Mais MM. Hardy et Padmore construisent un autre type, que nous croyons utile de décrire aussi.

Dans ce modèle, toutes les soupapes de distribution sont logées dans la culasse du fond du cylindre et elles sont commandées par un arbre transversal à demi-vitesse actionné au moyen d'une roue à dents et d'une chaîne de Gall. Cet arbre porte deux cames : faisons observer que ces cames n'agissent pas directement sur les tiges des soupapes, mais sur des lames interposées entre elles, et suspendues à un prolongement de l'arbre du régulateur. Les constructeurs revendiquent pour ce dispositif une grande facilité d'entretien et une diminution d'usure : ce dernier avantage nous paraît discutable.

L'arbre du régulateur est disposé au-dessus de l'arbre de distribution et parallèlement à sa direction.

La régulation s'opère par un moyen véritablement nouveau. Les deux cames d'admission et de décharge sont montées sur un manchon unique, à rainure, obligé de tourner avec l'arbre de distribution, mais pouvant glisser sur lui. Or, le régulateur détermine ce glissement de telle façon que, pour un accroissement de vitesse, la came d'admission ne soit plus en face de la tige correspondante et qu'elle ne fasse plus ouvrir la soupape ; le même glissement du man-

chon a aussi pour effet d'amener devant la tige de la soupape de décharge une seconde portée de la came d'échappement qui laisse cette soupape ouverte durant les deux courses suivantes du piston. Dès lors, il n'y a plus admission de mélange explosif et il se produit simplement une aspiration et un refoulement d'air par l'ouverture de la décharge. Le déplacement susdit de la came est opéré par un mécanisme assez compliqué, que nous jugeons inutile de décrire, mais dont le fonctionnement permet de marcher à des vitesses de 400 tours pour les petits moteurs.

Un moteur de 1,5 cheval a 112 millimètres de diamètre, 0^m,225 de course et il effectue 300 tours (1).

60. — *Moteur Polke.*

Ce moteur, construit à Vienne, en Autriche, et largement récompensé à l'Exposition du millénaire de Buda-Pesth, a remporté aussi à l'Exposition de Bruxelles, un certain succès de curiosité, dû à sa simplicité ; le constructeur faisait, en effet, savoir hautement au public qu'il avait supprimé le tiroir, les vis sans fin et les roues dentées de la distribution, ainsi que l'arbre de distribution lui-même.

Ce résultat est obtenu par l'emploi, comme mécanisme unique de distribution, d'une came formée d'excentriques juxtaposés et dont le champ présente une rainure en forme de 8, raccordant ces excentriques entre eux et transformant un mouvement de rotation continue en un mouvement rectiligne alternatif et intermittent. Ce dispositif, dont l'application aux moteurs à gaz, appartient probablement à un français (2), est très facile à adapter aux moteurs à quatre temps ; il permet d'actionner alternativement leur soupape d'admission et leur soupape d'échappement, chacune une fois tous les deux tours. On profite à cet effet de l'excentricité de la came pour obtenir un mouvement longitudinal et de la rainure en 8, suivie par un goujon à pivot, pour déterminer un mouvement transversal d'un levier. Les soupapes, disposées dans une boîte implantée sur le côté du cylindre sont ainsi actionnées à leur tour, avec

(1) Les mêmes dispositions générales sont employées dans le moteur à pétrole Southall.

(2) M. Millet a créé, en 1896, un moteur de bicyclette dans lequel deux cames portant un chemin en 8 servent à l'admission et à l'échappement.

une grande simplicité cinématique : l'arbre à demi-vitesse est supprimé.

L'élégance de ce dispositif mécanique ne justifie pas toutefois la prétention affichée par l'inventeur d'avoir réalisé le moteur le plus économique de tous (1) : notre critique est d'autant plus nécessaire qu'on ne faisait connaître au public aucun résultat d'essai.

61. — *Moteur Fritscher et Houdry.*

Le moteur Noël, qui était déjà avantageusement connu, a encore été perfectionné par MM. Fritscher et Houdry, successeurs de M. Noël, à Provins : il a pris sa dernière forme en 1896.

Cette machine se compose de deux cylindres verticaux jumelés, dont les pistons sont animés de mouvements identiques, les bielles attaquant un seul vilebrequin, mais dont les cycles sont croisés, de manière à donner une impulsion par tour. Les soupapes d'aspiration et de décharge sont logées dans une même boîte verticale, l'une au-dessus de l'autre ; les premières sont automatiques, les secondes commandées.

Un dispositif ingénieux, dans lequel nous retrouvons une came en 8, a permis de supprimer l'arbre intermédiaire à demi-vitesse. L'arbre de couche porte au milieu de son vilebrequin un collier d'excentrique oscillant autour d'un point fixe et muni d'autre part d'un talon, auquel est dévolue la fonction de soulever les soupapes d'échappement. Mais comme chacune d'elles ne doit être soulevée qu'une fois tous les deux tours, il est nécessaire de faire intervenir un organe qui fasse agir alternativement le talon sur les tiges des soupapes : cet organe est précisément la came en 8 dont nous parlions ci-dessus. Elle donne un mouvement périodique transversal à une barre qui vient relier tour à tour la tige, sur laquelle agit le talon, à la soupape qui doit être soulevée.

Un régulateur à boules, monté sur l'arbre, fait manœuvrer une pièce à déclic, qui maintient la barre dans une position moyenne telle que les soupapes ne se lèvent plus.

(1) « *Geringsster gas verbrauch von allen derzeit bekannten systemen* » disait le prospectus.

Cet ensemble constitue un mécanisme, un peu compliqué en apparence, mais très robuste et parfaitement approprié à sa fonction, ainsi qu'il m'a été donné de le constater à l'Exposition de l'Automobile-Club en 1898. Il n'a de commun avec le dispositif Polke que la came en 8, dont l'emploi pourrait bien être dans le domaine public : tout le reste en diffère totalement.

Le moteur que nous venons de décrire marche au gaz ou bien à l'air carburé.

62. — *Moteur Champion.*

Ce moteur, breveté par MM. Heynen et Honoré, construit par MM. Caloin et Marc, de Lille, a conquis rapidement sa place parmi les nombreux moteurs à quatre temps et haute compression qui se disputent aujourd'hui les préférences du public.

La distribution est effectuée par des soupapes qui reçoivent le mouvement d'un arbre à demi-vitesse portant des comes, visibles sur notre dessin (fig. 88). Le régulateur est à inertie ; il commande l'admission du gaz. L'allumage est effectué par un tube incandescent.

La nouveauté de ce moteur est constituée par une soupape auxiliaire, placée sur le côté du cylindre, vers la moitié de la course du piston : elle permet de prolonger la détente des gaz. Atkinson avait réalisé cet objectif en raccourcissant la course de compression et en allongeant la course de détente, mais il avait été obligé de recourir à un mécanisme compliqué : dans le moteur Champion, on obtient ce résultat par un moyen extrêmement simple. Voici de quelle manière est constitué le cycle. Dans sa première course avant, le piston aspire d'abord le mélange à la façon ordinaire, mais dès qu'il a dépassé la soupape auxiliaire, celle-ci s'ouvre sous la poussée d'une came et le piston continuant d'avancer aspire par l'orifice ainsi découvert de l'air pur qui remplit l'avant du cylindre sans se mêler sensiblement, dit-on, à la charge tonnante aspirée précédemment. Au retour du piston, la soupape auxiliaire reste ouverte et l'air qui vient d'être appelé et qui a suivi le piston est expulsé, et la compression ne commence qu'à partir du moment où le piston a de nouveau recouvert la soupape, qui retombe d'ailleurs au moment même. Le cycle s'achève ensuite comme dans tous les moteurs du genre Otto, mais on voit

que la détente s'est faite sur une longueur double de l'admission réelle de mélange tonnant. En somme, un certain volume d'air a été

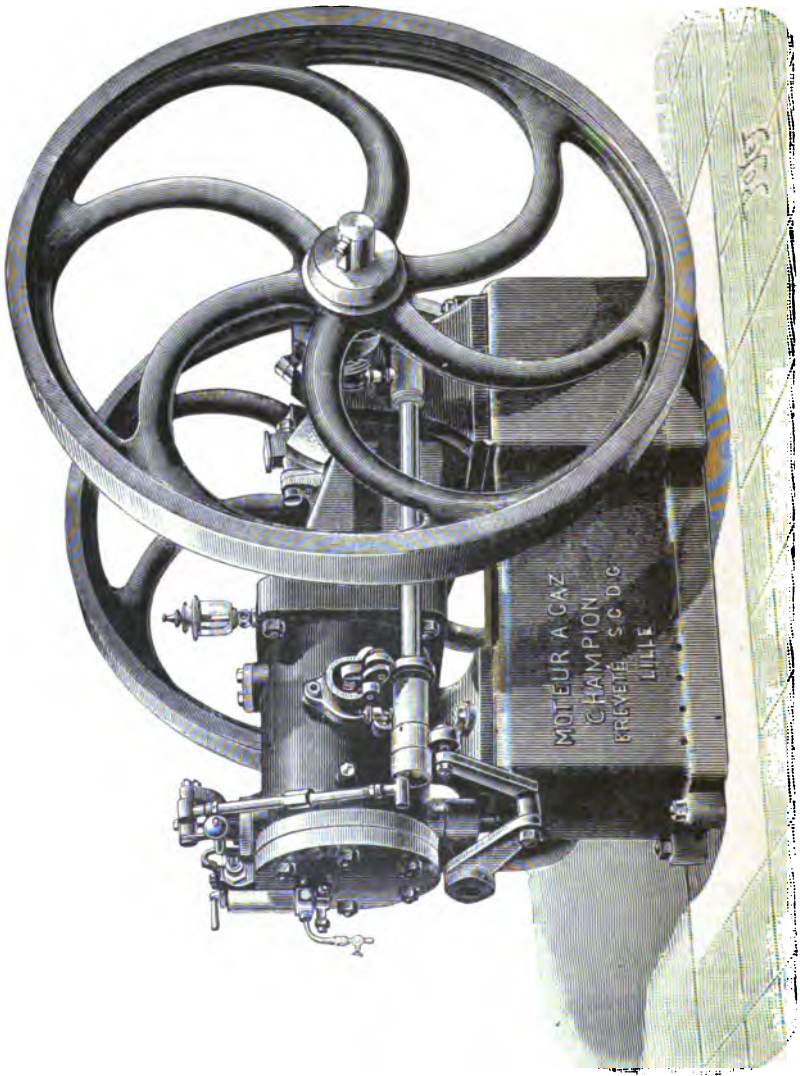


Fig. 88. — Moteur Champion.

aspiré dans le cylindre, et il en a été expulsé dans le but d'allonger la détente.

Observons que la soupape auxiliaire fonctionne toujours de même, et qu'elle n'est pas sous la dépendance du régulateur. La détente est donc invariable et la compression aussi. A cet égard, le moteur Champion réalise, par suite, un certain avantage sur des moteurs similaires.

On peut lui objecter qu'une certaine partie du mélange peut s'échapper avec l'air par la soupape auxiliaire : les constructeurs affirment qu'il n'en est rien et ils en donnent la preuve que voici. Ils ont relié cette soupape au socle de leur moteur, constitué en chambre de réserve, et il y ont puisé l'air qu'il faut aspirer pour former le mélange : la consommation n'a pas diminué. Ils en concluent qu'il ne se perd donc pas de gaz par la soupape.

MM. Caloin et Marc ont déjà vendu près de cent moteurs, dont quelques-uns de 20, 25 et 28 chevaux, qui ont donné satisfaction aux acheteurs pour leur régularité et leur faible consommation. Quelques moteurs marchent à l'air carburé.

63. — *Moteur Duplex Day.*

Ce moteur, déjà décrit dans notre tome II, à la page 182, se prête bien à une disposition en duplex, qui est très intéressante, parce qu'elle permet de prolonger la détente ; on sait quel prix nous attachons à la chose.

Deux machines verticales sont accouplées sur un même arbre de couche, l'une à côté de l'autre ; mais l'une d'elles seulement est disposée pour opérer la compression préalable. Le mélange est donc ainsi formé et admis sous un volume moindre que celui qui serait introduit dans les deux cylindres fonctionnant séparément ; chaque piston achève la compression dans son cylindre. L'allumage est effectué dans un conduit horizontal reliant les deux chambres d'explosion des cylindres jumelés : les combustions s'opèrent donc simultanément et elles donnent lieu à une détente complète, aboutissant à une faible pression finale.

L'air appelé dans la chambre de combustion traverse les enveloppes des cylindres ; des ailettes sont ménagées dans ces enveloppes pour augmenter les surfaces de contact. L'air emprunte donc du calorique à la machine et, dans les petits moteurs, ce refroidissement peut être suffisant pour dispenser d'employer une circulation spéciale.

64. — *Moteur Duplex (Niel)*.

Ce moteur, breveté en avril 1896, diffère essentiellement du moteur bien connu de M. Niel.

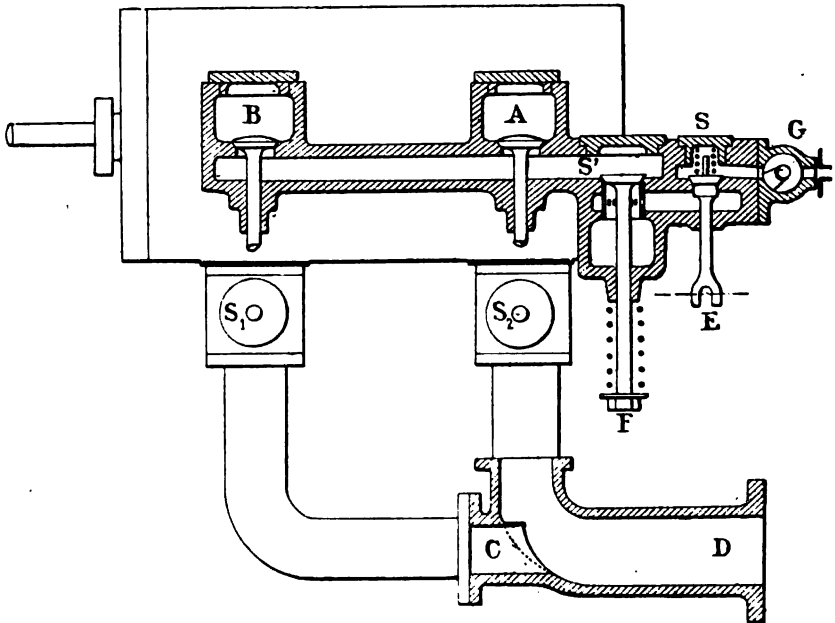


Fig. 89

C'est un type très particulier de moteur à deux temps, dans lequel on retrouve les phases distinctes du cycle à quatre temps ; elles s'effectuent toutes les quatre dans le cylindre même de travail, et, à cet égard, ce moteur doit présenter les avantages du cycle Otto ; mais les deux faces du piston reçoivent l'impulsion motrice, et ce dispositif à double effet permet d'obtenir deux explosions par tour de manivelle, ce qui constitue, par conséquent, un moteur à deux temps.

Le mélange tonnant est admis à l'arrière du cylindre, par la soupape à gaz *s* et par la soupape à air *S'*, cette dernière jouant le rôle de soupape de mélange : le piston aspire le mélange dans sa course d'arrière-avant et le comprime dans le mouvement de retour. Mais, à

ce moment, les soupapes A et B se lèvent et mettent en communication l'arrière du cylindre avec l'avant; cette communication ne dure toutefois que pendant la première moitié de la course de retour du piston. Les soupapes A et B étant retombées, la compression se complète dans la partie arrière du cylindre, puis l'allumage a lieu comme dans le cycle Otto. Voyons maintenant ce qui se passe à l'avant : le piston, refoulé par l'explosion qu'il subit, comprime le mélange admis dans cette partie du cylindre; le point mort étant dépassé, l'allumage se fait et le cycle s'achève à la façon habituelle. Il y a donc bien une impulsion motrice à chaque tour du volant.

Comme l'admission ne se produit néanmoins qu'une fois par deux tours, et que les deux faces du moteur sont desservies par un organe unique de distribution, nous sommes obligés de ranger ce moteur dans la catégorie des machines à quatre temps, à laquelle il appartient réellement.

Les soupapes de décharge sont placées à chaque extrémité et en dessous du cylindre; elles sont renfermées dans les boîtes *s*, et *s*, de notre dessin : les gaz brûlés s'échappent par le même tuyau D. Mais il faut observer que l'ajutage *c* de jonction des deux tuyaux remplit l'office d'un éjecteur; comme les décharges sont croisées et consécutives, l'échappement de *s*, détermine en D un appel, qui a pour effet de mieux débarrasser l'arrière du cylindre des gaz brûlés qu'il renferme et d'opérer une sorte de balayage.

La machine porte un régulateur à force centrifuge.

Ce régulateur agit de deux manières. Et d'abord, il commande l'obturateur cylindrique G, qui étrangle l'afflux de gaz. Mais il déplace en même temps un couteau à butée, attaquant la soupape à gaz S, de telle sorte que, pour une vitesse déterminée, cette soupape ne s'ouvre plus et ne laisse plus entrer de gaz combustible; l'arrivée de l'air comburant se fait, au contraire à chaque révolution. Le système du *tout ou rien* est donc combiné avec une valve de dosage du gaz.

Les soupapes sont commandées par un arbre longitudinal de distribution, portant des cames qui font mouvoir des leviers convenablement disposés.

L'allumage se fait à chaque bout du cylindre par des tubes à incandescence pourvus de soupapes coniques qui établissent la communication avec le cylindre au moment opportun. Les appareils d'allu-

mage sont installés sur le côté du cylindre, un peu au-dessus du niveau de l'axe.

65 — *Moteur Duplex, Hartley, Dick et Kerr.*

En combinant les quatre temps avec le double effet, on crée un moteur à deux temps donnant une impulsion motrice par tour; il faut pour cela aspirer et comprimer par une face du piston, tandis que l'autre face subit l'explosion et refoule les gaz brûlés : toutefois un moteur de ce genre n'est pas à placer dans notre catégorie des types à deux temps, attendu qu'il n'obtient l'effet voulu qu'en accouplant deux cycles décalés dans un même cylindre. Nous avons déjà fait cette observation pour les moteurs Letombe, Day et Niel.

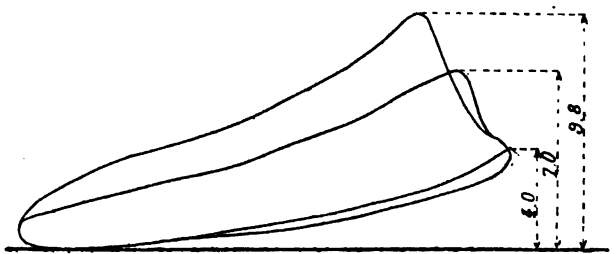


Fig. 90

Le moteur Hartley, Dick et Kerr est muni de deux soupapes de mélange et de deux soupapes de décharge logées aux extrémités du cylindre : une soupape unique débite le gaz combustible. La distribution est effectuée par un arbre parallèle à l'axe du cylindre, faisant une révolution pour deux tours du moteur. La came d'admission est double; ses bossages sont à 90° l'un de l'autre, de manière à distribuer le gaz aux deux faces du piston et à réaliser le double effet. Ces cames sont d'ailleurs à gradins; le régulateur agit en amenant les leviers d'attaque vis-à-vis des gradins que comporte la vitesse actuelle du moteur. Le dosage du mélange varie donc avec les besoins de la marche. La figure 90 montre deux diagrammes obtenus à pleine charge et à demi-charge; la pression maximum baisse de $9^{\text{e}},8$ à 7 kilogrammes et entraîne une diminution de la pression moyenne de $3^{\text{e}},9$ à $2^{\text{e}},8$, la vitesse restant voisine de 180 tours.

Le piston est fait en deux pièces, très légères, et il a une longueur égale aux trois quarts de son diamètre ; les deux extrémités du cylindre sont ainsi parfaitement isolées l'une de l'autre.

On construit ces moteurs jumelés ou en tandem ; on obtient alors deux impulsions par tour et l'on réalise des machines puissantes présentant le minimum de poids et d'encombrement. M. G. Richard, à qui nous empruntons ces renseignements, signale un moteur en tandem, ayant 315 millimètres de diamètre des cylindres, 0^m,5 de course, et développant 80 chevaux au gaz pauvre, par 180 révolutions. Le poids de cette machine ne dépasse pas 4.000 kilogrammes, ce qui correspond à 50 kilogrammes par cheval.

MM. Hartley, Dick et Kerr ont aussi construit des machines compound, dont nous ne pouvons faire connaître les derniers résultats et que nous nous abstiendrons donc de décrire ici.

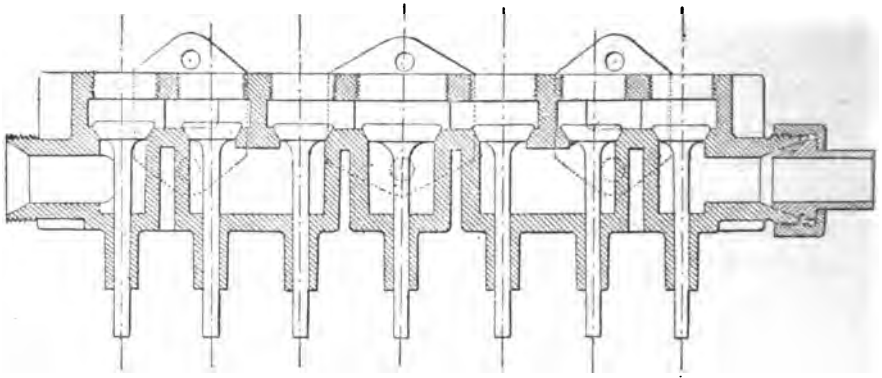
66. — *Moteur Dawson.*

Il est peu de moteurs à gaz qu'on puisse accoupler directement aux dynamos d'éclairage, à moins que ces dynamos ne soient à faible vitesse : M. Dawson a voulu combler cette lacune en établissant un moteur faisant de 600 à 1.600 tours par minute.

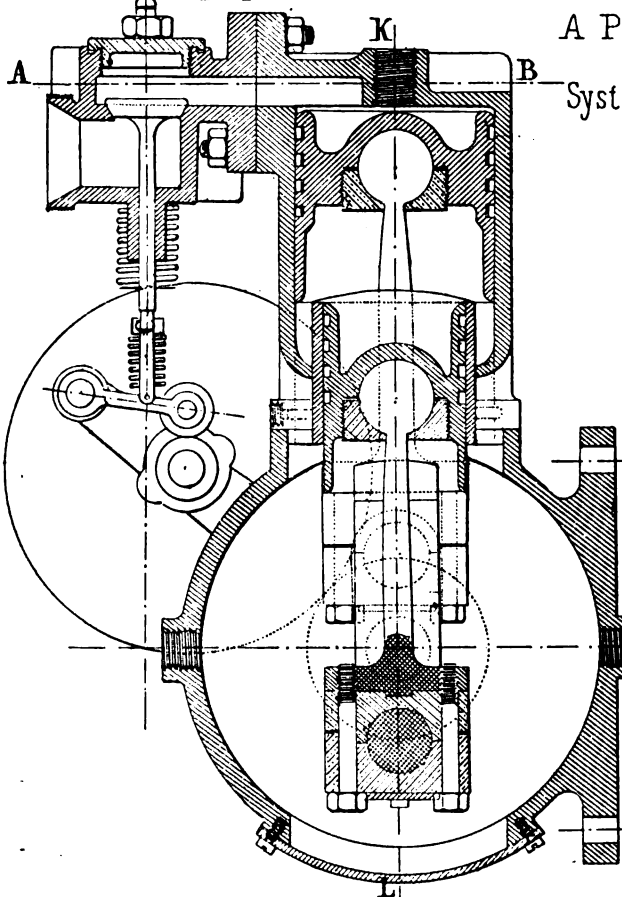
Sa forme rappelle celle des machines à vapeur à grande vitesse les plus récentes ; c'est un type à pilon, avec chambre inférieure close renfermant la bielle et l'arbre coudé. Le cylindre ne porte qu'une valve à gaz ; les organes de distribution habituels, par cames et leviers, ont été proscrits entièrement. Les fonctions d'admission du mélange, de compression, d'allumage et de décharge sont effectuées par un mouvement de rotation du piston sur sa tige. Ce résultat est obtenu par deux engrenages hélicoïdaux placés, l'un sur la tige, l'autre sur l'arbre coudé ; des ouvertures pratiquées sur la surface du piston découvrent ainsi en temps voulu des orifices ménagés sur la paroi du cylindre.

Ce mouvement hélicoïdal du piston n'est pas la seule originalité du moteur Dawson, la forme du piston est elle-même fort neuve. Ce piston porte en effet un long fourreau qui se prolonge dans l'intérieur du cylindre, et dont la longueur est suffisante pour qu'on soit dispensé de garnir le piston de segments ; l'explosion a lieu dans l'in-

Coupe par CD.

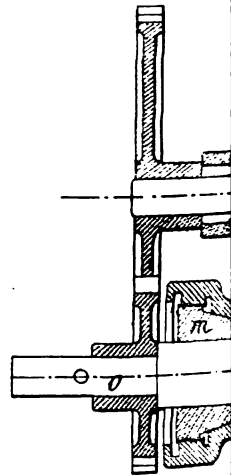


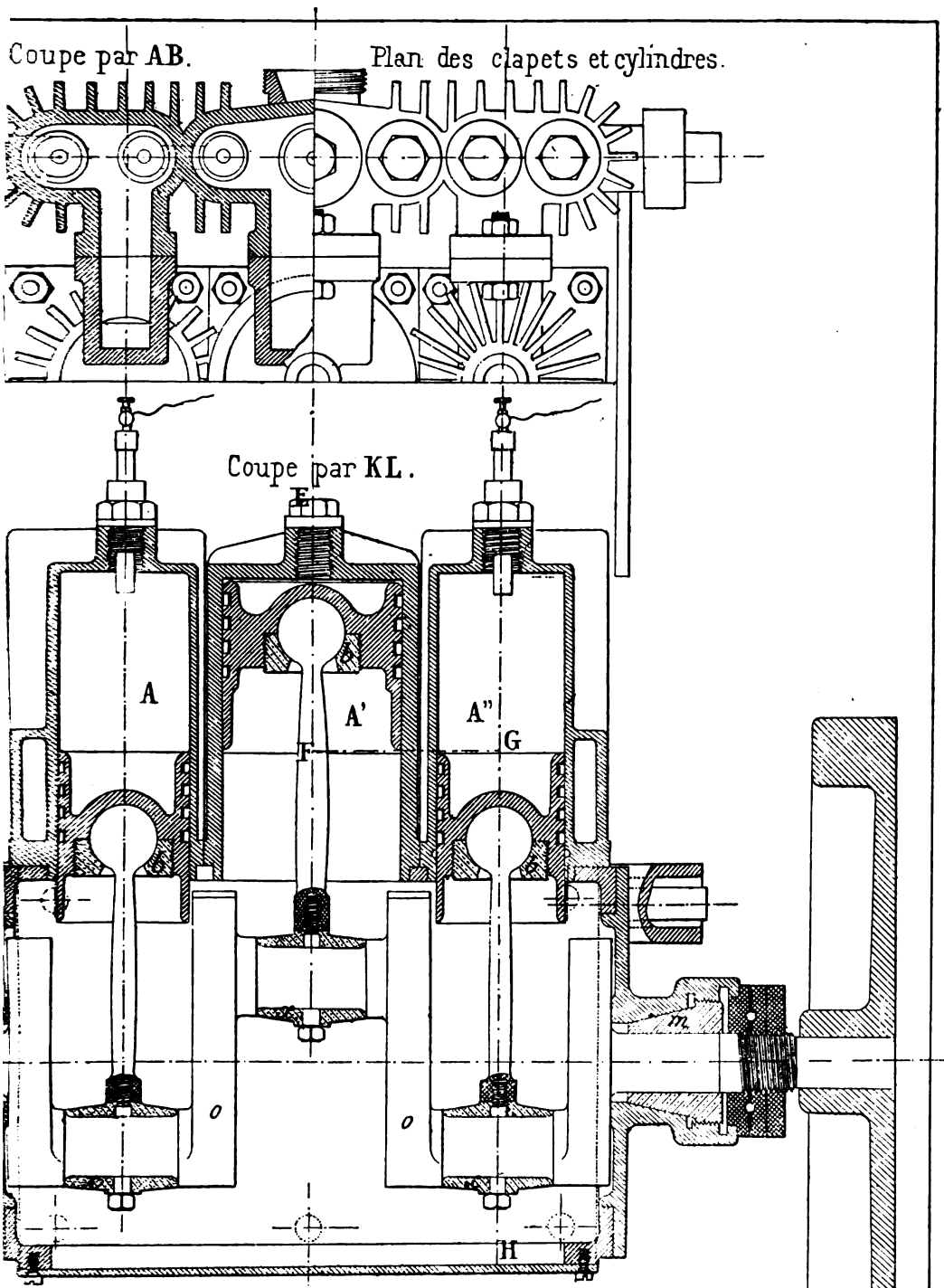
Coupe par EFGH.

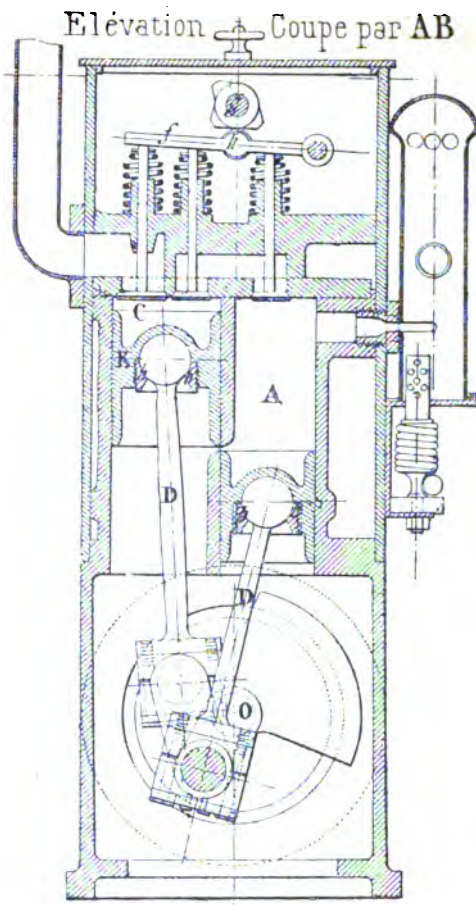


MOTEUR MIXTE ÉQUILIBRÉ
A PÉTROLE OU AU GAZ

Syst. N. Roser Mazurier B^{te} sgdg







Plan en coupe par CD

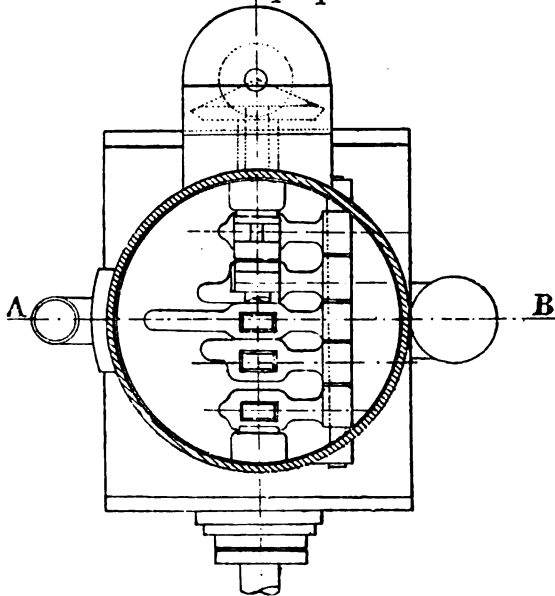
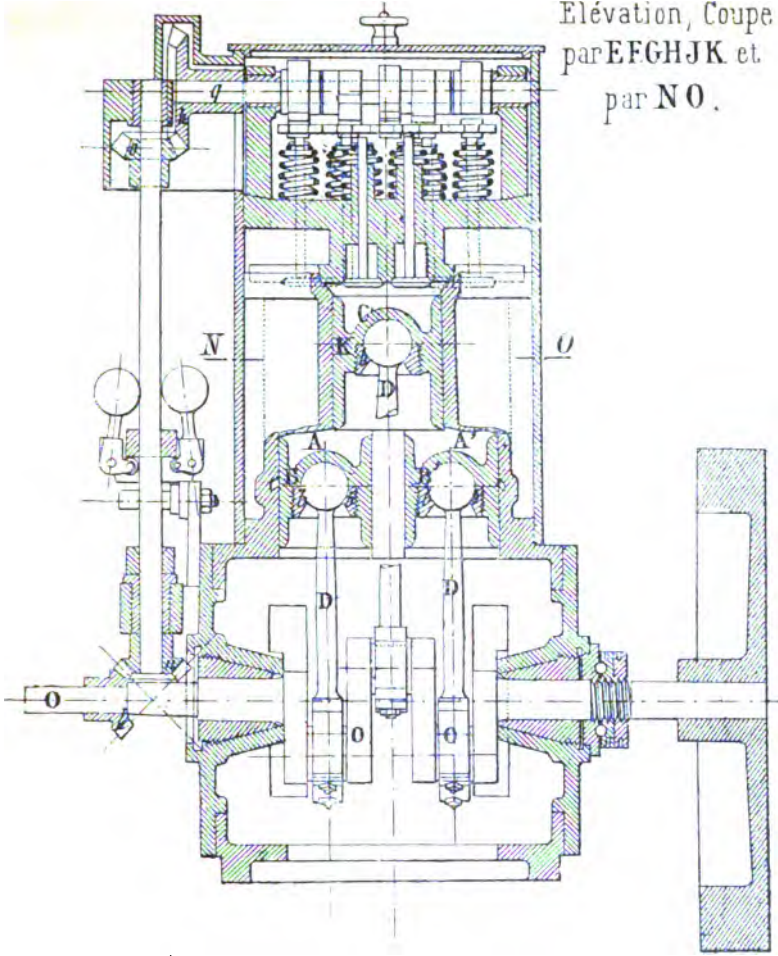


Fig. 92. — Moteur Rosor-Mazurier, second type.

Elévation, Coupe
par EFGHJK et
par NO.



Plan en coupe par NO

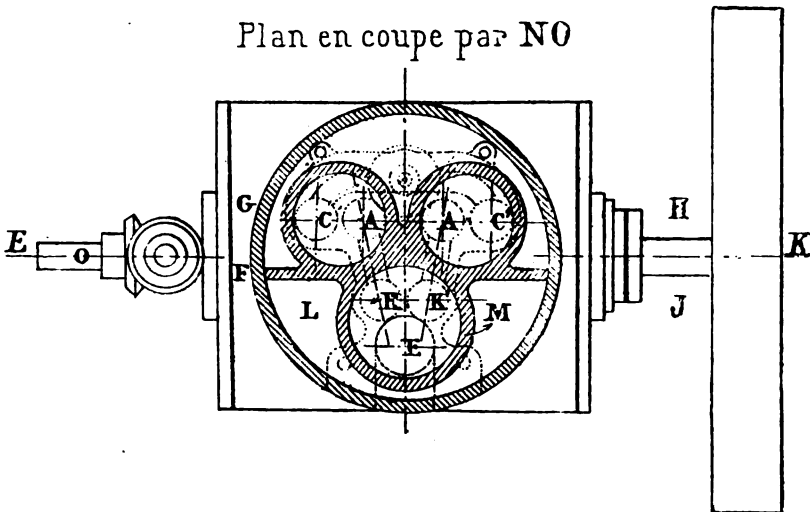


Fig. 93

térieur même de ce fourreau lequel porte les orifices de distribution. Le piston est relié à la bielle par un joint universel.

Les orifices percés dans le cylindre ont une forme hélicoïdale allongée.

L'allumage est opéré par un tube chauffé à très haute température par un brûleur alimenté de gaz et d'air comprimé : cette température est nécessaire pour provoquer une inflammation rapide, répétée de 300 à 800 fois par minute. Des dispositions particulières ont dû être prises aussi pour assurer la lubrification du piston et l'équilibrage des pièces mobiles.

Une marche aussi rapide devait conduire à une économie relative de consommation ; de fait, on dit avoir relevé des dépenses de près de 600 litres par cheval-heure effectif. Il serait intéressant de savoir si cette économie persiste après quelque temps de fonctionnement.

On peut développer jusqu'à 50 chevaux par cylindre ; pour les moteurs de grande puissance, on accouple deux cylindres.

Les bâtis sont disposés pour recevoir les dynamos qu'on actionne directement.

La maison Dawson est représentée à Paris par M. Desforges, ingénieur des Arts et Manufactures.

67. — *Moteur Roser-Mazurier* (Compound).

MM. Roser et Mazurier ont créé un nouveau type de moteur à quatre temps, pouvant marcher à volonté au gaz ou à l'air carburé, dans lequel ces inventeurs ont cherché à utiliser par un troisième cylindre, alimenté d'air pur, les chaleurs perdues à l'échappement de deux cylindres à gaz tonnant : cette tentative est justifiée par le fait que les meilleurs moteurs à gaz subissent une perte d'au moins 30 à 40 % par le départ de gaz chauds, dont le calorique n'est point utilisé, par suite d'une détente incomplète.

Le moteur Roser-Mazurier se compose en somme de deux moteurs à gaz jumelés, auxquels on accouple un moteur à air chaud ; ce troisième moteur emprunte son calorique aux deux premiers ; on comprime en effet dans son cylindre, vers la fin de l'échappement, une partie des gaz chauds évacués par les deux cylindres à gaz. C'est

donc une machine Compound d'un nouveau genre, qui mérite d'arrêter notre attention.

Notre figure 91 permet de se rendre compte de l'agencement des organes de cette ingénieuse machine.

A et A' sont les deux cylindres à quatre temps dans lesquels le mélange explosif est tour à tour aspiré, comprimé et allumé, puis dont il est évacué par un canal horizontal supérieur, vers le cylindre C du moteur à air chaud. Les cylindres A et A' portent chacun deux soupapes A' et C' pour l'entrée du mélange tonnant et pour sa décharge ; les gaz chauds pénètrent dans le cylindre à air par les soupapes K et K' et ils sont évacués, après travail, à l'air libre par la soupape E. Il y a donc sept soupapes, qu'on voit sur la coupe NO, et sur le piston CD. Ces soupapes sont actionnées au moyen des leviers *f* et des cames *g* agissant sur des galets *h*, disposés de manière à assurer une grande douceur de fonctionnement. La soupape E, qui sert de soupape de retenue, lors de la compression des gaz par le troisième piston K, et les deux soupapes K et K' sont conduites ensemble de manière à ce que les gaz comprimés dans le cylindre C ne puissent pas s'échapper, quand arrivent les gaz chauds provenant des deux moteurs à gaz jumelés.

Les cames *g* sont montées sur un arbre *g*, qui reçoit son mouvement par un jeu de roues d'angle d'un arbre vertical, portant le régulateur, et commandé lui-même par l'arbre de couche O, par l'intermédiaire d'une paire de roues dentées coniques, qui réduisent sa vitesse de moitié.

Il convient d'observer que ce moteur est équilibré dans une certaine mesure, attendu que les pistons B et B' travaillent en sens inverse, l'un aspirant tandis que l'autre donne son impulsion motrice ; les deux montent tandis que le grand piston du moteur à air chaud descend. Or, le poids de ce dernier est égal à celui des deux premiers.

Le cycle du moteur à air chaud est à deux temps. Dans sa première course, le piston reçoit la pression de l'air qu'il a comprimé préalablement et qui est alors chauffé par les gaz de décharge des deux moteurs à gaz. Pendant sa seconde course, il évacue d'abord une fraction des gaz renfermés dans le cylindre ; puis, le clapet de décharge se fermant, il comprime les gaz restants, de manière à ce

qu'ils soient prêts à recevoir à leur tour la chaleur des gaz chauds provenant des deux cylindres à explosion.

Ces dispositions sont très curieuses et elles donnent au moteur Roser-Mazurier une originalité que l'on n'est plus habitué à rencontrer dans la plupart des moteurs créés en ces derniers temps.

Les divers organes sont d'ailleurs bien étudiés et habilement dessinés. Les bielles des pistons sont fixées par un ajustement à rotule qui donne une large surface de frottement et diminue par conséquent l'usure; la rotule est assujettie dans son logement par un écrou demi-sphérique.

L'arbre moteur est à vilebrequin présentant trois coudes, calés à 90°; comme il est en dehors des axes des cylindres, les deux pistons B et B' stationnent un peu avant la fin de leur course; c'est à ce moment que les gaz brûlés réchauffent la masse d'air comprimée dans le troisième cylindre. Le piston K est alors poussé en avant et la détente des gaz exerce son effort sur les plus grands bras du levier de la manivelle. L'arbre est équilibré par des masses supplémentaires.

Les cylindres à gaz sont refroidis par une circulation d'eau; le cylindre du moteur à air est simplement à enveloppe d'air, ce qui l'isole suffisamment.

MM. Roser et C^{ie}, constructeurs à Saint-Denis, ont déjà construit quelques moteurs du type que nous venons de décrire: les résultats obtenus ont été satisfaisants. Ils ont notamment procédé à un essai sur un moteur de 4 chevaux, qui a consommé d'abord 628 litres de gaz par cheval-heure effectif, mais dont la dépense a été ensuite abaissée, lorsqu'on a eu diminué le diamètre du grand cylindre. Nous tenons à faire ressortir d'abord ce beau rendement, quoiqu'il ait été dépassé encore quand on a marché à l'essence.

Il faut remarquer en effet que ce moteur avait été construit pour marcher à l'air carburé et que le diamètre du troisième cylindre avait été calculé dans ces conditions: or, ce diamètre, trop grand pour le gaz, était convenable pour l'air carburé. Voici dès lors les dimensions d'un moteur à essence de 5 chevaux.

Diamètre des cylindres à air carburé	85 ^m / _m
Course des pistons	0 ^m ,140

Diamètre du grand cylindre à air.	120 ^m /m
Course du piston.	0 ^m ,140
Nombre de tours par minute	550

Marchant à l'essence de 0,720 de densité, cette machine a consommé 290 grammes par cheval-heure effectif : ce chiffre nous a été communiqué par les constructeurs, qui sont fiers de ce succès, à juste titre. Il est à désirer qu'il soit confirmé par des essais officiels et par une longue pratique.

On nous a en outre communiqué les renseignements suivants.

	Poids.	Vitesse.
Moteurs de 4 chevaux.	95 kil.	600 tours.
— 15 —	320	500
— 30 —	500	450

Ces poids sont relativement faibles, et c'est un autre mérite de ce moteur, dont il importe de tenir compte.

La figure 92 est consacrée à un second type du moteur Roser-Mazurier, qui ne diffère pas du premier en principe, mais dans lequel la disposition relative des cylindres a été changée ; quelques modifications ont été apportées au premier dispositif en vue d'augmenter la stabilité et de faciliter l'examen, le démontage et le rodage des soupapes. C'est un moteur de 5 chevaux aussi, dessiné à l'échelle des $\frac{45}{100}$. La coupe par CD montre la disposition des soupapes : les deux soupapes extrêmes effectuent l'aspiration ; les deux suivantes de chaque côté servent au passage des gaz brûlés des cylindres à gaz au cylindre à air, et la soupape du milieu évacue finalement les produits. On voit que l'accès de ces valves est aisé : des ailettes assurent le refroidissement de la chambre qui les renferme. La commande de la soupape de décharge est visible sur la coupe EFGH ; la coupe par KL montre l'agencement général de la machine et la disposition en batterie des cylindres.

Les résultats obtenus par MM. Roser et C^o sont de nature à faire espérer pour leur moteur d'heureuses applications à l'automobilisme : nous savons que les constructeurs sont engagés dans cette voie et qu'ils ont établi un moteur de 12 chevaux, destiné à un omnibus

de famille, dont nous reparlerons plus loin. Disons en attendant qu'un omnibus Roser a fait le service de la porte Maillot à la villa de l'Auto-mobile-Club.

68. — *Moteur Nicolas.*

Ce moteur se compose de quatre cylindres, disposés à 90° l'un de l'autre sur la verticale; les quatre têtes de bielle agissent sur le même tourillon du vilebrequin de l'arbre moteur. Le fonctionnement se fait à quatre temps; le cycle complet est donc parcouru dans un tour, chaque cylindre effectuant une phase.

Les soupapes automatiques d'admission sont disposées sur les culasses. La boîte d'admission du mélange est formée de deux compartiments, l'un pour l'air, l'autre pour le gaz, séparés par un diaphragme métallique. L'axe de la soupape traverse cette boîte et livre passage au mélange tonnant. Les deux compartiments de la boîte communiquent entre eux par des petits trous, séparés par le diaphragme, dont voici le rôle. Pendant l'aspiration, la soupape s'abaisse et quitte son siège; le diaphragme laisse alors passer de l'air qui arrive dans le compartiment du gaz et se mêle avec lui. Quand, au contraire, il n'y a pas d'aspiration, le gaz du compartiment inférieur fait appliquer le diaphragme sur les trous d'arrivée d'air et le gaz reste emprisonné.

Les soupapes de décharge sont placées sur le côté des cylindres, leur commande est effectuée par une came à quatre bossages, montée folle sur l'arbre moteur, car elle doit tourner moitié moins vite; elle est actionnée par une roue dentée calée sur l'arbre et engrenant avec deux roues de diamètres différents et solidaires l'une de l'autre; la plus petite engrène avec la roue de la came. Les quatre bossages sont placés dans des plans de rotation différents.

IV

Moteurs du troisième type (1) (à compression et combustion).

Les moteurs à combustion allaient être abandonnés ; c'était bien à tort, et M. Diesel s'est chargé de le démontrer : le grand succès qu'il a obtenu témoigne des qualités remarquables de ce type, qui se rapproche le plus de celui de la machine à vapeur, et qui convient le mieux aux puissants moteurs. Il permet de régler aisément la puissance du moteur par la variation de l'admission ; il supprime d'autre part les chocs et les trépidations des moteurs à explosion ; enfin j'ai démontré dès 1883 (2) qu'il n'est pas moins économique que ces derniers, si l'on fait une compression suffisante. Il est vrai que ces fortes compressions constituaient une réelle difficulté pratique ; mais le patient génie des ingénieurs allemands a démontré que cette difficulté n'est pas insurmontable.

Le moteur Gardie, sur lequel on avait fondé de si grandes espérances, ne s'est pas répandu comme il le devait ; un moteur de 25 chevaux marche au château de Charbonnières, près d'Orléans et donne de bons résultats ; nous ne connaissons pas d'autre application. D'après MM. Lencachez et Bougarel, cette installation de Charbonnières serait réussie. Appliquée à actionner une dynamo et des pompes, la machine fait un bon service ; malgré l'absence de tout laveur ou scrubber entre le gazogène et le moteur, le cylindre et les soupapes restent en parfait état ; on emploie pour le gazogène du charbon gras renfermant beaucoup de cendres. Pareils résultats ont été observés en Amérique, où le moteur Gardie porte le nom de *Bates Thermic Engine* : M. Pray, consulting, constructing and mechanical Engineer, à Boston, a publié un rapport élogieux *après essais*, dit-il, mais dans lequel on ne trouve qu'un résultat global, sans indication des méthodes employées. Le cheval-heure indi-

(1) Voir dans notre première édition, la description du moteur Simon ; dans cette édition tome Ier, page 348, moteur Brayton ; tome II, page 230, les moteurs Gardie, Crowe et Vermand.

(2) *Études sur les moteurs à gaz tonnant*, page 23.

qué coûterait une livre (453^{gr},6) de charbon ; le cheval-heure effectif, 544^{gr},32. (1) De quel charbon s'agit-il ? M. Pray aurait pu nous le dire.

Le moteur Vermand n'a pas encore reçu, que je sache, le baptême du feu. Il eût été intéressant de voir réaliser le projet du savant ingénieur des constructions navales, auquel s'appliquerait, aussi bien qu'à tout autre, l'épithète de rationnel. Malheureusement les capitaux français sont trop timides et ils attendent que l'étranger ait lancé une affaire pour s'y engager et la soutenir.

5. — Moteur Diesel.

Le premier projet de M. Diesel comportait l'emploi de deux cylindres de combustion (reliés d'une part à un cylindre de détente, d'un plus grand diamètre, et d'autre part à un réservoir d'air comprimé. Le combustible proposé était du charbon finement pulvérisé, qu'on injectait et qu'on brûlait graduellement dans le cylindre de combustion.

Le cycle devait être réalisé ainsi qu'il suit.

Nous emploierons, dans cette description, les symboles de la légende ci-dessous ; nous appelons :

P les pistons des cylindres de combustion ;

b leurs soupapes de communication avec le grand cylindre ;

Q le piston de ce cylindre de (détente) ;

L le réservoir d'air comprimé ;

a les soupapes disposées entre ce réservoir et les deux petits cylindres ;

d une valve d'admission de l'air atmosphérique dans la partie inférieure du grand cylindre ;

e une autre valve reliant cette partie inférieure au réservoir L ;

f une soupape d'échappement disposée sur la partie supérieure du grand cylindre.

Les petits cylindres travaillent à simple effet ; le grand est à double effet.

(1) La race anglo-saxonne sait à l'occasion être enthousiaste, témoin ces lignes extraites du rapport Pray ; parlant de l'application du moteur Gardie à bord des grands transatlantiques, il dit : no smokestack would be needed, beyond that the of galley for cooking, upon the ocean steamer, and without doubt the entire fuel gas for cooking for 1000 people could be obtained from the power plant.

Dans sa marche ascendante, le piston Q aspire par *d* l'air extérieur qu'il refoule, en redescendant, à travers *e*, dans le réservoir L. La partie inférieure du grand cylindre est donc consacrée à l'alimentation du réservoir L en air comprimé.

Les pistons P puisent de l'air dans ce réservoir à travers *a* et les surcompriment dans leurs cylindres respectifs ; c'est alors seulement qu'on y introduit le combustible. Celui-ci est brûlé graduellement dans une troisième phase d'opérations. Un commencement de détente se produit durant la même course, mais elle se termine et se complète dans la partie supérieure du grand cylindre, par le jeu des soupapes *b*. La détente achevée, le piston Q évacue les gaz brûlés par *f*.

tu On le voit : les deux petits cylindres constituent deux moteurs jumelés à quatre temps ; le grand cylindre qui leur est annexé réalise un dispositif de compoundage avec prolongation de la détente.

Ce grand cylindre est compresseur dans sa partie inférieure et détenteur par sa partie supérieure. La conjugaison des petits cylindres avec le grand est alternante et l'on obtient ainsi une course motrice à chaque tour de la machine.

Ce projet ne nous est connu que par le schéma publié par M. Diesel dans sa communication de juin 1897, à la Société des Ingénieurs allemands.

L'idée était ingénieuse et la combinaison rationnelle ; l'inventeur a surtout revendiqué ce dernier titre, et il a obtenu le haut patronage de MM. Zeuner, Linde, Schröter et Slaby. La machine serait donc entrée dans le monde dans les meilleures conditions et elle eût trouvé dès son berceau les plus puissantes protections.

Malgré ces heureux auspices, M. Diesel en est resté à son schéma et il a préféré réaliser autre chose : il a eu cette fois l'aide efficace de M. Frédéric Krupp d'Essen et de M. Buz, directeur de la fabrique de machines d'Augsbourg.

C'est dans ces ateliers que le premier moteur Diesel a vu le jour.

On a construit une machine monocylindrique, ne possédant donc qu'un cylindre de combustion : au lieu de l'alimenter, comme on l'avait projeté d'abord, avec du combustible solide pulvérisé et tamisé, on y a admis tout simplement du pétrole vaporisé, se réservant d'utiliser ultérieurement les gaz pauvres. Le cylindre de détente a été supprimé.

Cette machine est représentée sur les figures 94 et 95. C'est une machine pilon; le cylindre moteur C est boulonné à la partie supérieure d'un bâti en fonte et son piston attaque, par l'intermédiaire de la glissière *a* et de la bielle *b*, l'arbre coudé *cd*. Ce cylindre est donc à simple effet; le piston P est très long et étudié de façon à permettre des pressions très considérables. L'arbre de couche transmet le mouvement, au moyen d'engrenages coniques, à l'arbre vertical auxiliaire *g*, qui entraîne lui-même l'arbre supérieur de distribution W, portant les cames B, lesquelles actionnent les soupapes V₁ et V₂ et la soupape d'injection de pétrole D. Cette commande s'effectue par des leviers à angle obtus, visibles sur le dessin.

Les biellettes *r* actionnent en même temps, au moyen des leviers X, le piston d'un petit compresseur à air Q, disposé sur le côté du cylindre moteur; l'air comprimé est remisé dans le réservoir L; le même tuyau *s* relie ce réservoir au pulvérisateur de pétrole. A chaque course ascendante du piston Q, le compresseur envoie de l'air en L dont la pression est ainsi maintenue constante. Nous dirons plus loin le rôle de la soupape Y.

Voici dès lors comment fonctionne ce moteur.

En descendant, le piston P aspire de l'air par V; il le comprime en remontant; la pression de compression ainsi développée est un peu inférieure à celle qui est maintenue dans le réservoir L. Quand le piston P redescend, la came N ouvre la soupape D, et il se produit une injection de pétrole divisé, servi par une pompe spéciale, que le dessinateur n'a pu montrer sur notre dessin; en même temps, il vient une chasse d'air de L, qui pulvérise le liquide. Or, cette pulvérisation dans une atmosphère à haute pression et déjà chaude a pour effet de produire une combustion spontanée du pétrole, sans qu'il soit nécessaire de prévoir aucun dispositif d'allumage. Ce fait était connu avant que M. Diesel eût construit sa machine, mais c'est lui qui l'a appliqué le premier, réalisant ainsi le but qu'il poursuivait à savoir, de créer le maximum de température *avant la combustion*; il a gagné par surcroît la suppression de tout inflammateur. L'injection du pétrole cesse dès qu'une partie de la course motrice est effectuée et il se produit une détente, supposée adiabatique; à la fin de cette deuxième course ascendante, la soupape V₂ s'ouvre pour laisser échapper les gaz brûlés. 2

Les quatre courses correspondent par suite aux deux séries d'opérations ci-dessous :

- I { 1^{re} course — descendante — Aspiration d'air ;
- 2^{me} course — ascendante — Compression d'air ;
- II { 3^{me} course — descendante — Injection de pétrole, combustion, et détente ;
- 4^{me} course — ascendante — Échappement.

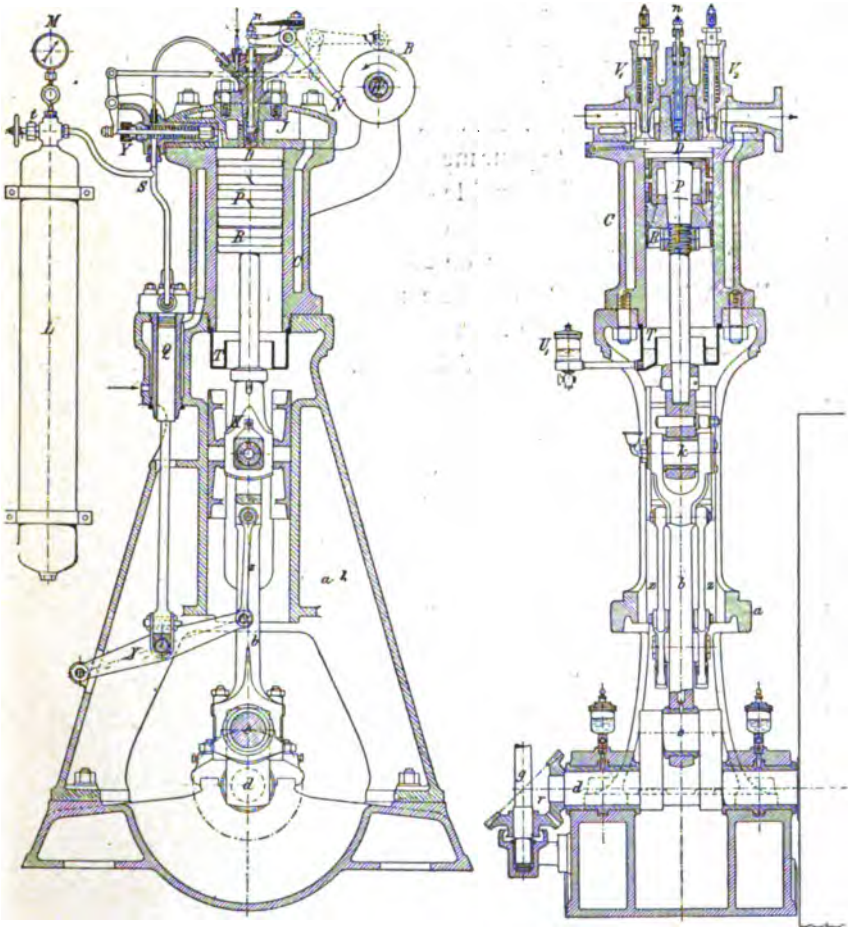


Fig. 94. — Moteur Diesel.

La durée de l'injection du pétrole, et par suite la quantité injectée est variable par le régulateur.

La compression d'air devait d'abord être énorme et M. Diesel ne parlait de rien moins que de 250 kilogrammes; c'était un vœu imprudent; il s'est borné ensuite à 35 kilogrammes, et il a eu le rare mérite de réussir. On ne saurait trop l'en louer.

On a adapté à cette machine un ingénieux dispositif de mise en route, en utilisant la pression de l'air comprimé. Il suffit de pousser le levier H (voir le plan de la figure 95) pour faire jouer des cames supplémentaires, qui admettent à chaque tour de l'air comprimé du réservoir L dans le cylindre par la soupape Y, et font descendre le piston; l'échappement s'ouvre d'ailleurs quand le piston remonte. Vu la forte pression du réservoir, laquelle atteint 40 kilogrammes, l'impulsion est suffisante pour mettre le moteur en route au troisième coup. On retire alors la goupille d'arrêt *d* et un système de cliquet *p* permet de faire manœuvrer les cames ordinaires.

Tel est le premier moteur de 20 chevaux construit à Augsburg. Les dimensions de cette machine nous sont connues; le cylindre moteur a un diamètre de 250 millimètres et la course du piston est de 0^m,3985. Le compresseur a d'ailleurs 70 millimètres d'alésage et sa course est de 0^m,200. Or la machine faisant 172 révolutions par minute, on a relevé sur le piston moteur un travail indiqué de 27,85 chevaux(1) desquels il a fallu défalquer un travail négatif de la pompe de compression de 1,29 cheval; il restait donc 26,50 chevaux nets. Le travail effectif mesuré au frein sur l'arbre a atteint 19,87 chevaux; le rendement organique ressort par suite à 74,80 % : ce rendement est médiocre. A demi-charge, il est même tombé à 57,80 %.

Par contre, le rendement thermique a été remarquable; le cheval-heure effectif a été obtenu par une consommation de 247 grammes de pétrole ordinaire. On n'avait jamais encore signalé un aussi beau résultat : il est vrai de dire aussi qu'on n'avait jamais comprimé à 35 kilogrammes dans aucun moteur. Nous ne reviendrons pas sur les conséquences de ce fait, car nous avons exposé précédemment nos idées théoriques sur ce point. Le moteur Diesel est le triomphe des hautes compressions; on connaissait leurs avantages avant que l'ingénieur allemand eût créé sa machine; mais nul n'avait su les réa-

(1) La pression moyenne était de 4^e.38.

liser. Son invention constitue donc surtout un perfectionnement d'ordre pratique.

La douceur et la régularité de la marche du moteur Diesel ont été remarquées aussi; c'est le mérite des moteurs à combustion depuis longtemps connu et signalé, mais trop oublié peut-être; l'énorme publicité donnée aux résultats obtenus à Augsbourg, ramènera l'attention sur ces moteurs qu'on avait trop négligés.

Ajoutons que le moteur Diesel est à combustion et à quatre temps, alors que les moteurs de ce genre précédemment établis étaient à deux temps. C'est encore une nouveauté de cette machine si remarquable d'ailleurs.

Mais il paraît qu'on nous ménage d'autres surprises et qu'une machine, en chantier depuis deux ans, sera une nouvelle merveille. Notre curiosité, mise peut-être trop tôt en éveil, se lasso d'attendre, mais il faut croire que les espérances des inventeurs n'ont pas été déçues.

On annonce aussi qu'il se poursuit en ce moment des essais à Augsbourg en vue de marcher au gaz pauvre;

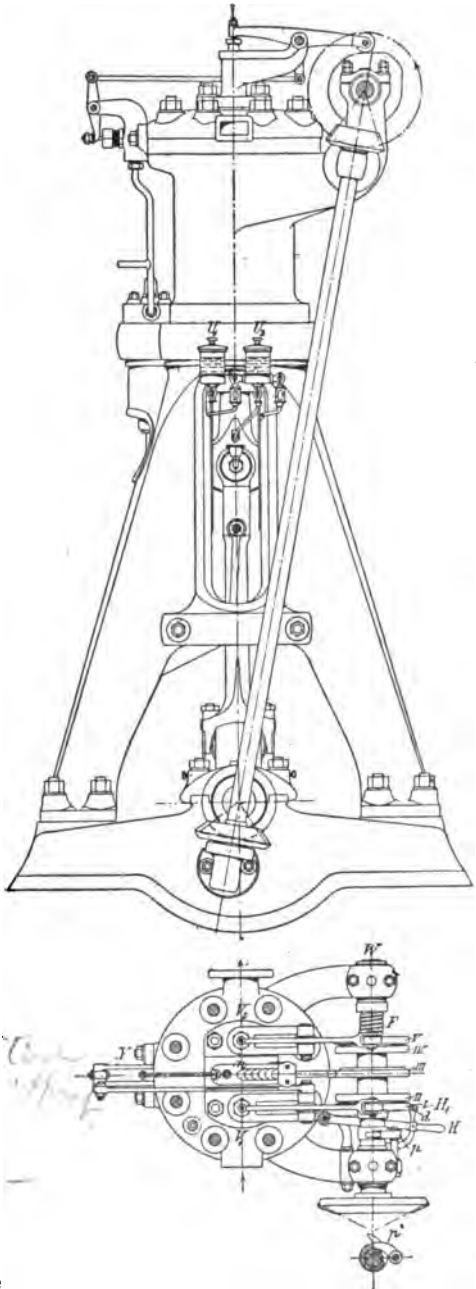


Fig. 95. — Moteur Diesel.

un gazogène Lencauchez a été mis en service dans ces recherches. Nous ne savons rien non plus des résultats de ces expériences. On nous a dit toutefois qu'un nouveau type de moteur à gaz a été établi, plus simple et moins compliqué que le premier, et possédant par suite un meilleur rendement organique : il serait par conséquent plus économique encore.

Une Société française au capital de 1.200.000 francs a acheté tous ces brevets Diesel ; elle construira dans l'atelier de Longueville, près Bar-le-Duc, dans la Meuse. Une licence a aussi été accordée à la compagnie des Constructions Mécaniques de la rue Lecourbe à Paris.

V

Moteurs atmosphériques.

Ce type est abandonné, malgré sa perfection théorique, par suite des difficultés pratiques de sa réalisation : il était devenu classique et célèbre sous le nom de Langen et Otto.

VI

Moteurs rotatifs.

De nombreux essais ont été faits depuis longtemps pour recueillir l'énergie de la vapeur en faisant agir sa pression sur un piston animé d'un mouvement de rotation, au lieu d'avoir un mouvement de va-et-vient ; on éviterait ainsi de passer par les organes habituels de transformation et de modification de mouvement. Watt lui-même avait cherché à résoudre ce problème et, depuis lors, plus d'un inventeur s'est usé à poursuivre le même rêve.

Ces échecs ont provoqué l'invention des turbo-moteurs, dans lesquels l'énergie de la vapeur est d'abord employée à communiquer de

la vitesse au fluide, et dont la quantité de mouvement est ensuite utilisée pour produire une impulsion ; le succès de Parson et de M. de Laval semble démontrer que, dans cette voie, les inventeurs ont plus de chance d'aboutir à la fortune.

La difficulté qu'on rencontre dans les machines rotatives est celle des joints ; dans les turbo-moteurs, c'est la vitesse qui constitue l'écueil. Ce sont des difficultés qu'on surmonte souvent : il est donc possible qu'on y réussisse un jour.

La vapeur d'eau à haute pression et fortement surchauffée, ayant donné de bons résultats, on a été amené à essayer de marcher aux gaz tonnants, soit en les faisant exploser ou brûler dans une enceinte séparée, soit que l'explosion ou la combustion ait lieu dans le cylindre même.

C'est ainsi qu'est né le cinquième type ; il est encore dans l'enfance et nous n'en dirons que peu de mots. S'il nous est donné de poursuivre plus tard la publication de cet ouvrage, nous aurons sans doute un plus important chapitre à consacrer aux moteurs rotatifs. Pour le moment, nous ne pouvons donner que des indications générales sur les systèmes auxquels les inventeurs donnent la préférence.

1. — *Moteur Gautier et Wehrlé.*

C'est un moteur rotatif dans lequel la distribution est effectuée par un organe unique, qui fonctionne, dit-on, bien à la vapeur ; il reste à démontrer qu'il tolère aussi les températures élevées et sèches des gaz tonnants.

Qu'on imagine un cylindre A, muni de deux orifices d'entrée et de sortie B et C, dans lequel tourne sur l'axe un second cylindre D excentré par rapport au premier ; le joint élastique E assure l'étanchéité dans la rotation. La distribution est faite par la palette F, que le fluide moteur admis par B appuie constamment contre le piston D. L'admission peut se faire pendant les trois quarts de la course ; il y a ensuite faible détente et expulsion des gaz par C, pendant un temps très court.

On accouple deux de ces cylindres.

Le premier aspire de l'air et du gaz et le livre au second : celui-ci se ferme aussitôt qu'il a pris sa charge, il l'enflamme et subit la pous-

sée explosive jusqu'au moment de la détente. Des toiles métalliques sont disposées dans le canal qui relie le cylindre-pompe au cylindre-moteur.

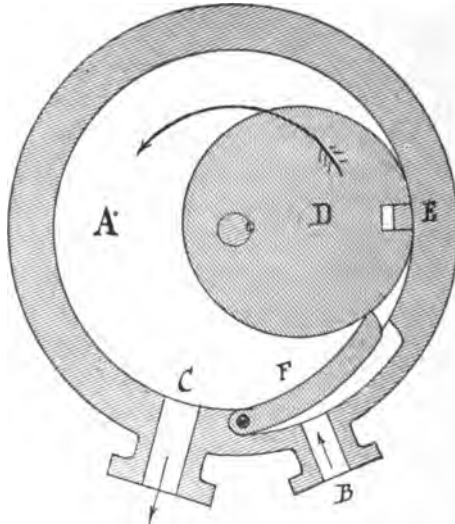


Fig. 96

Il ne nous a pas été donné de voir fonctionner cette machine et nous ignorons même si elle marche quelque part au gaz ou au pétrole, ainsi qu'on l'avait annoncé.

2. — Moteur épicycloïdal A. G.

Cette machine se compose d'un disque roulant dans un tambour, et monté sur un arbre excentré faisant manivelle, qui est entraîné dans le mouvement. Une cloison mobile pressée par le fluide moteur, s'appuie sur le disque et sépare l'introduction de l'échappement. Le contact de roulement entre le disque et le tambour fait un bon joint; les faces latérales sont garnies de couronnes contre-segmentées, qui glissent sur le fond et sur le couvercle du tambour, sans laisser de jeu. Il y a encore un frottement entre le disque et la partie excentrée de l'arbre; on l'adoucit par un roulement sur billes. On lubrifie par un conduit percé dans l'arbre lui-même. Il est à remarquer que cette machine peut être faite entièrement sur le tour.

On a marché d'abord à la vapeur et l'on a réussi à tourner sans encombre jusqu'à des vitesses de 24.000 tours par minute. Des essais ont été faits au gaz.

3. — *Moteur Beetz.*

Cette machine fonctionne par l'explosion d'un mélange tonnant à raison de deux explosions par tour avec compression préalable. La boîte fixe dans laquelle tourne le piston a la forme d'un tore ; le piston est un disque, portant deux surfaces tronconiques et deux dents sur lesquels agit la pression des gaz tonnants. L'air et le gaz sont comprimés à l'avance dans des réservoirs distincts.

4. — *Moteur Vernet.*

Le cylindre constitue une boîte dans laquelle tournent deux ailes rayonnantes à 36° environ l'une de l'autre formant piston. Les explosions du mélange ont lieu dans une chambre spéciale et indépendante : une pompe Greindl mue par le moteur comprime l'air dans un réservoir extérieur. Les ailes sont jointes sur la paroi intérieure cylindrique de la boîte par des lèvres élastiques ou par des rouleaux glissant sur plans inclinés. Un moteur est composé de deux cylindres jumelés.

5. — *Moteur Auriol.*

Ce moteur, construit par la maison Piguët de Lyon, revendiqué pour lui la plus remarquable simplicité : on le démonte à fond en dévissant quatre écrous. C'est un moteur rotatif d'un genre spécial, puisqu'on y trouve cylindres et pistons ; mais ce sont les cylindres qui tournent et entraînent l'arbre moteur.

Les deux cylindres sont opposés, avec une chambre d'explosion commune ; les pistons s'y meuvent en sens contraire. Leur tige porte un galet qui circule sur un chemin de roulement elliptique dont la forme et la position détermine les quatre phases du cycle à quatre temps, avec détente très prolongée ; la pression de l'explosion pro-

duit le mouvement rotatif de l'arbre portant les cylindres. Un plateau entraîné par les cylindres opère la distribution. L'allumage est électrique.

6. — *Moteur Chaudun.*

Cette machine a paru à l'exposition de l'Automobile-Club de 1878, mais le public n'était admis qu'à examiner l'enveloppe extérieure de l'appareil et le représentant de l'inventeur avait reçu la consigne d'être discret. Il nous a paru que M. Chaudun avait repris la disposition bien connue de Behrens, dans laquelle deux cylindres tournants échancrés, engagés l'un dans l'autre, remplissent la fonction de pistons. C'est sans doute le modèle le plus simple de machines rotatives.

7. — *Moteur Gardner Sanderson.*

Voilà un turbo-moteur. Il est fondé sur le principe suivant: l'explosion se produit dans des chambres centrales, formant enceinte de combustion, d'où les gaz brûlés s'échappent en frappant les aubes recourbées placées sur la circonférence d'un volant. Ces gaz agissent par leur pression et font tourner ce volant en sens inverse de la direction des conduits; ils s'échappent par la circonférence. L'ensemble du moteur a une forme qui rappelle celle d'un ventilateur.

L'air et le gaz sont débités sous pression par deux réservoirs séparés; ils remplissent tour à tour quatre chambres d'explosion; une étincelle jaillit au moment même où les chambres se ferment. Il y aurait donc quatre explosions par tour.

CHAPITRE SEPTIÈME

MONOGRAPHIE DES PRINCIPAUX MOTEURS A PÉTROLE (1)

Depuis la publication de notre second volume, dans lequel une large part avait été faite aux moteurs à pétrole, ainsi qu'en témoigne la note ci-dessous, ces moteurs ont pris une grande place dans l'industrie : les tâtonnements de la première heure ont pris fin, et les imperfections du début ont été corrigées; l'amélioration des vaporisateurs et la précision des distributeurs de pétrole, ces organes si délicats, ont permis de régulariser la marche, de mieux assurer les combustions et partant de faire disparaître les encrassements rapides des cylindres et des chambres de combustion. En un mot, de sérieux progrès ont été réalisés.

L'expérience acquise par les constructeurs, à leurs dépens aussi bien qu'aux dépens de leurs clients, a fixé les types et la plupart d'entre eux paraissent avoir enfin donné l'édition *ne varietur* de leurs œuvres. Il a suffi pour cela de quelques modifications de détail, souvent peu visibles au dehors, dont l'importance a néanmoins été généralement fort considérable. Nous aurions de grandes difficultés à les signaler toutes, car il faudrait revenir sur les descriptions que nous avons déjà données des principaux moteurs. Toutefois, avant d'entreprendre la monographie des machines nouvelles, parues en ces derniers temps, nous ferons une revue rapide des moteurs plus anciens et nous nous efforcerons de caractériser leur évolution vers une marche plus parfaite et un rendement meilleur.

(1) Nous avons déjà décrit dans le tome II les moteurs Brayton, Priestman, Ragot, Crossley, Grob, Otto, Hornsby-Akrold, Trusty, Griffin, Niel, Levasseur, Root, Merlin, Knight et Kœrting. Nous commencerons donc par le numéro 19.

M. Brayton s'est adonné depuis longtemps à la construction des moteurs à pétrole et nous avons déjà décrit dans nos précédents volumes (1) les divers types qu'il a créés : mais son dernier modèle de 1895 en diffère à un tel point qu'on peut le considérer comme une machine nouvelle.

C'est encore un moteur à balancier en dessous, mais le piston P est articulé par sa tige oscillante A à l'une des extrémités du balancier BCD, qui est attelé lui-même, du même côté, par la bielle BE à la manivelle M de l'arbre moteur. Ce mécanisme est tel, que l'arbre fait plus d'un demi-tour pendant les courses descendantes du piston.

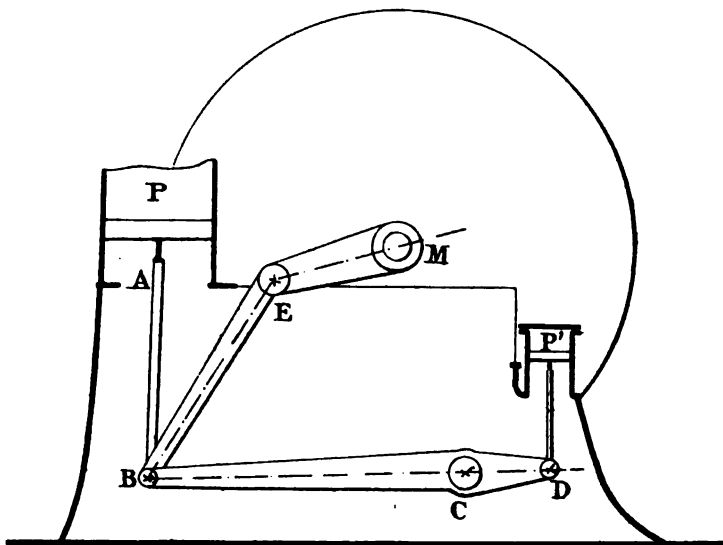


Fig. 97. — Moteur Brayton.

Le balancier commande par son extrémité D le piston P' d'une pompe à air, qui envoie de l'air comprimé dans la chambre de pulvérisation du pétrole.

Ce moteur est à quatre temps ; à la montée du piston qui suit l'explosion, une came ouvre une large soupape d'échappement S et les gaz brûlés sont expulsés durant toute la course ; à la descente suivante, cette soupape se ferme, tandis qu'une soupape centrale du

1) Cf : Tome I^{er}, page 348 et tome II, page 245.

piston S' laisse pénétrer l'air derrière lui. Au troisième temps, la soupape d'échappement S se rouvre encore un instant, pour compléter le balayage du cylindre. Mais elle se referme bientôt et l'air restant est comprimé jusqu'à fin de course. C'est alors que s'ouvre soudain une autre soupape S'', qui admet à travers le pulvérisateur une charge d'air fortement comprimé d'autre part par le piston P; ; cette charge, qui est richement carburée, passe au contact d'un brûleur toujours incandescent et s'y enflamme.

Il y a donc trois soupapes. S, la soupape de décharge est montée sur le fond du cylindre; elle consiste en un large disque fondu avec un moyeu portant à sa partie supérieure une gorge dans laquelle sont engagés les talons de deux tiges verticales diamétralement opposées. La seconde soupape S' est portée par le piston lui-même; elle est annulaire; sa levée automatique est limitée par quatre crochets, qui assurent sa retombée exacte sur son siège. La troisième S'', logée au centre du fond du cylindre, n'est qu'une soupape à pointeau, commandée par un déclic, et ramenée sur son siège par un ressort.

Nous voyons donc que le fond supérieur du cylindre porte deux soupapes; c'est lui encore qui renferme le pulvérisateur et l'inflammeur. Le pétrole est refoulé, à l'état liquide, par une petite pompe spéciale, dont le débit est réglé par le régulateur, dans une chambre, traversée par l'air comprimé par le piston P; il est ainsi pulvérisé et vaporisé. L'air chargé d'hydrocarbure traverse une série de toiles métalliques formant sur la tige de la soupape à pointeau S'' un piston qui reçoit la butée de son ressort de rappel; le mélange s'y complète avant l'introduction au cylindre moteur.

L'allumeur, qui constitue la caractéristique des divers types de moteurs Brayton, est disposé autour du pulvérisateur. Deux compartiments superposés sont séparés par une cloison perforée; le premier est garni de toiles alternantes d'amiante et de métal; le second, ouvert par le bas, contient des rangées de fils de platine, maintenus par une rondelle s'appuyant sur un épaulement du pulvérisateur. Pour la mise en train, on porte ces fils au rouge au moyen d'une flamme introduite à travers un orifice de la culasse; on referme ensuite cet orifice par un bouchon à manette. En marche, la chaleur de l'explosion maintient ce brûleur au rouge.

Comme au début de la course descendante, le mouvement du piston est retardé et que cette course correspond à une rotation de la manivelle supérieure, à 180°, la détente est prolongée, et la combustion complète du pétrole est d'autant mieux assurée en même temps que le rendement du moteur est amélioré.

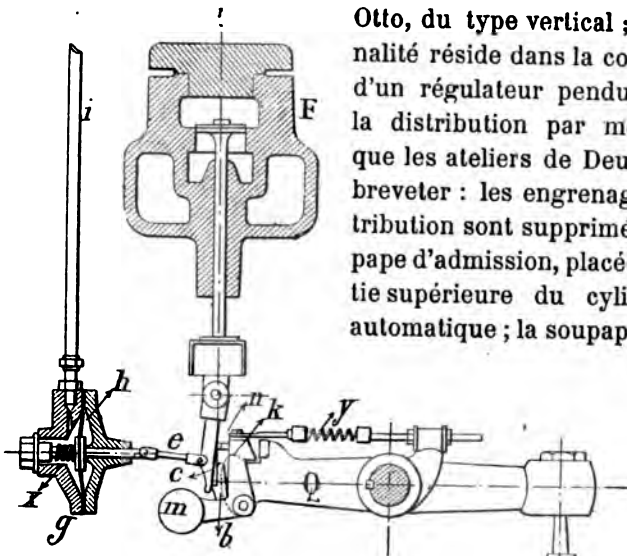
M. Priestman a abordé la construction de puissants moteurs dans lesquels il a substitué à son allumage électrique un nouvel allumage par tubes incandescents, qui présente quelques dispositifs particuliers. Les tubes sont placés horizontalement à la partie inférieure de la cheminée dans laquelle monte la flamme des brûleurs qui les maintiennent au rouge : ces tubes sont fermés par une soupape, qui empêche l'allumage, quand elle est ouverte. A la mise en route, on insère un coin entre la tige de la soupape et le levier qui opère sa levée, de manière à la maintenir ouverte pendant une partie de la compression ; ce coin tombe de lui-même à la première poussée du levier. En marche, l'allumage se règle par la durée même de l'ouverture, grâce à une vis qui met la tige de butée à la longueur convenable. La partie inférieure de la cheminée est fermée par un volet qu'on replie plus ou moins, suivant le besoin du tirage.

Ce modèle d'allumeur est surtout appliqué aux machines destinées aux pays lointains et aux colonies, pour lesquelles l'emploi des piles est moins indiqué (1).

M. Priestman pense avoir perfectionné le cycle de ses moteurs en introduisant dans le cylindre, avec la charge explosive, une très faible quantité d'eau prélevée à la température de 60°, sur la circulation de l'enveloppe ; cette eau se vaporise, augmente la force explosive et réfrigère la paroi. Essayée et préconisée souvent depuis Hugon et Simon, cette méthode a tour à tour été reprise et abandonnée ; les constructeurs anglais s'en déclarent très satisfaits à tous égards et ils estiment à 15 % l'accroissement de puissance obtenu. Nous les félicitons de cet heureux résultat.

Signalons aussi dans cette révision un nouveau moteur à pétrole

(1) M. de Faramond de Lafajole, concessionnaire en France des brevets Priestman, nous fait savoir que l'on ne se sert plus de la pile décrite à la page 253 de notre tome II, mais bien de celle, dite type S, mentionnée à la page 298, dont la résistance intérieure est de 0,03 ohms pour les éléments S et W.



Otto, du type vertical ; son originalité réside dans la combinaison d'un régulateur pendulaire avec la distribution par membranes, que les ateliers de Deutz ont fait breveter : les engrenages de distribution sont supprimés. La soupape d'admission, placée à la partie supérieure du cylindre, est automatique ; la soupape d'échap-

pement installée sur le côté du cylindre est au contraire commandée, mais elle cesse de s'ouvrir quand la vitesse s'accélère. Le pétrole est débité par une pompe, sous la dépendance du régulateur ; elle reçoit cette huile en charge d'un réservoir placé à proximité du moteur et elle la refoule dans un pulvérisateur, installé sur la culasse du cylindre. L'huile, divisée en gouttelettes fines et légères, est entraînée par l'air appelé dans le cylindre et ce mélange traverse une chambre de vaporisation, chauffée par une lampe, qui entretient l'inflammeur à l'incandescence. Cette lampe est

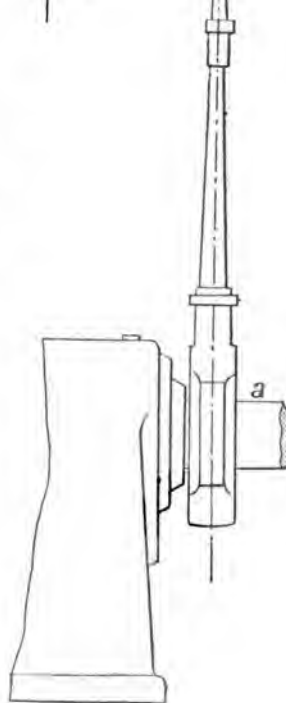


Fig. 98. — Moteur à pétrole Otto.

une sorte d'éolypile; l'huile, contenue dans un réservoir inférieur, où elle subit une pression d'air de près de 3 kilogrammes, est montée par cette pression au niveau de la lampe, et elle traverse un serpentin de gazéification enveloppé par la flamme de la lampe. La vapeur de pétrole ainsi formée est injectée dans le brûleur; elle entraîne un excès d'air et forme une flamme bleue dont la température est très élevée. Nous voyons donc que cette flamme chauffe ce serpentin de gazéification, le tube d'allumage et la chambre de vaporisation.

L'air admis au cylindre est aspiré durant toute la période d'admission.

Les deux seuls organes du moteur qui doivent être réglés sont la soupape d'échappement et la pompe à huile de pétrole. Ces organes fonctionnent au moyen d'un excentrique *a* et leur mouvement est subordonné au jeu des membranes élastiques en cuir *h* et *t* qui commandent la soupape et la pompe (fig. 98).

Voici comment fonctionnent ces curieux appareils de régulation.

Occupons-nous d'abord de la soupape de décharge. L'espace compris entre les membranes *h* et la boîte à membrane *g* communique par le tube *i* avec l'aspiration d'air. A chaque période d'admission, l'air se raréfie derrière *h*, la membrane s'infléchit et la bielle *e* déclenche la soupape d'échappement, qui se ferme sous l'action de son ressort de tension. Le contact étant supprimé entre le poinçon *c* et l'encoche *b*, le levier *Q*, mû par l'excentrique, n'aura pas de prise sur la soupape, qui restera fermée en période de compression. Mais alors, le vide ayant cessé derrière *g*, *c* reprend le contact de *b*, et à la nouvelle ascension du levier *Q*, la soupape de décharge sera soulevée. Le régulateur intervient alors pour empêcher ou permettre cette levée, suivant le besoin du moteur. Ce régulateur consiste en une sorte de pendule *m* placé sur le levier *Q* et pivotant sur l'extrémité de ce levier. Le ressort *y*, fixé à la crosse plate *k*, tire le pendule sur la droite; la saillie *n* bute contre le poinçon *c*. A la vitesse normale du moteur, le pendule n'empêche pas la prise de contact entre *b* et *c*, qui a pour effet l'ouverture de la soupape; mais, pour une vitesse déterminée, le bras du pendule *bm* reste en arrière, la saillie *n* repousse le poinçon *c*, lui fait manquer l'encoche *b*; le déclenchement opéré ainsi laisse donc la soupape de décharge entièrement fermée. Les gaz brûlés n'étant pas évacués, la soupape d'admission automa-

tique ne s'ouvre plus; le piston comprime par conséquent tour à tour ces gaz et subit leur détente. C'est un moyen de réglage employé depuis longtemps et dont nous avons déjà dit les avantages et les inconvénients.

Les ingénieurs de Deutz font remarquer avec raison que, pour une oscillation du pendule, les phases du cycle n'ont été interrompues que pendant deux courses du piston qui ne correspondent qu'à une seule compression des résidus d'une combustion antérieure et à leur détente, provoquées par la non-ouverture de la décharge. Aussitôt que le régulateur le permettra, la soupape s'ouvrira de nouveau et les quatre temps recommenceront en débutant par le quatrième, qui est celui d'échappement. L'emploi des membranes donne donc une sensibilité de réglage plus grande, que celle qu'on obtient par les appareils ordinaires, lesquels interrompent le cycle en supprimant ses quatre phases.

Mais le régulateur agit aussi sur la pompe à huile, de la manière qui suit :

L'huile est livrée au moteur par une pompe verticale à piston plongeur p , qui comprime de bas en haut : la boîte à clapets V renferme les clapets d'aspiration et de refoulement; l'huile arrive à la pompe par l et elle va au pulvérisateur par u .

Le piston est actionné par l'excentrique a , qui lui transmet le mouvement par les leviers o et f , à condition toutefois qu'il y ait enclenchement en q , ce qui exige que la membrane ait fléchi dans sa boîte, à la suite d'une aspiration par le tuyau t . Notre figure représente ce qui se passe en période d'admission; la membrane t s'est incurvée, et la pompe a été rendue solidaire du mouvement de l'excentrique; le piston refoule alors de l'huile par le tube u . Un ressort, placé au fond du cylindre, fait redescendre le plongeur.

Mais, la membrane ayant alors repris sa position normale, les trois phases de compression, d'explosion et de décharge se produisent sans que la pompe fonctionne.

La vis w , agit sur le levier f , ce qui permet de régler la course du plongeur p et de réduire à volonté la quantité de pétrole à injecter par chaque admission de mélange.

Le bout du levier f est construit de manière à pouvoir être manié à la main : au moment de mettre en marche, on pompe par ce levier

et l'on remplit d'huile le tuyau *u* allant au moteur : un robinet de vérification, placé au bout de l'injecteur, permet de s'assurer que l'huile a atteint son niveau ; un mince filet de pétrole jaillit par l'orifice ainsi débouché.

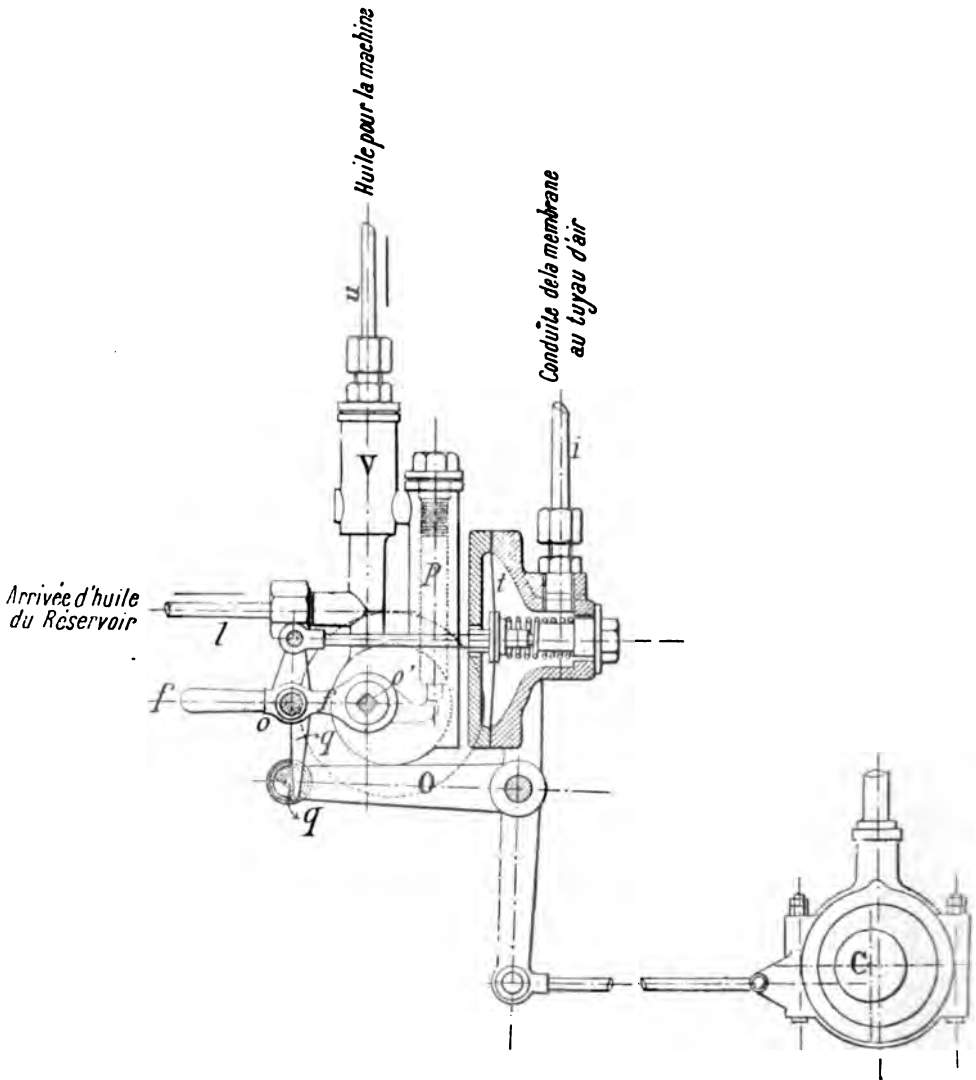


Fig. 99. — Moteur à pétrole Otto.

Ce dernier modèle du moteur Otto présente en somme de très intéressantes nouveautés, qui le signalent à l'attention des intéressés.

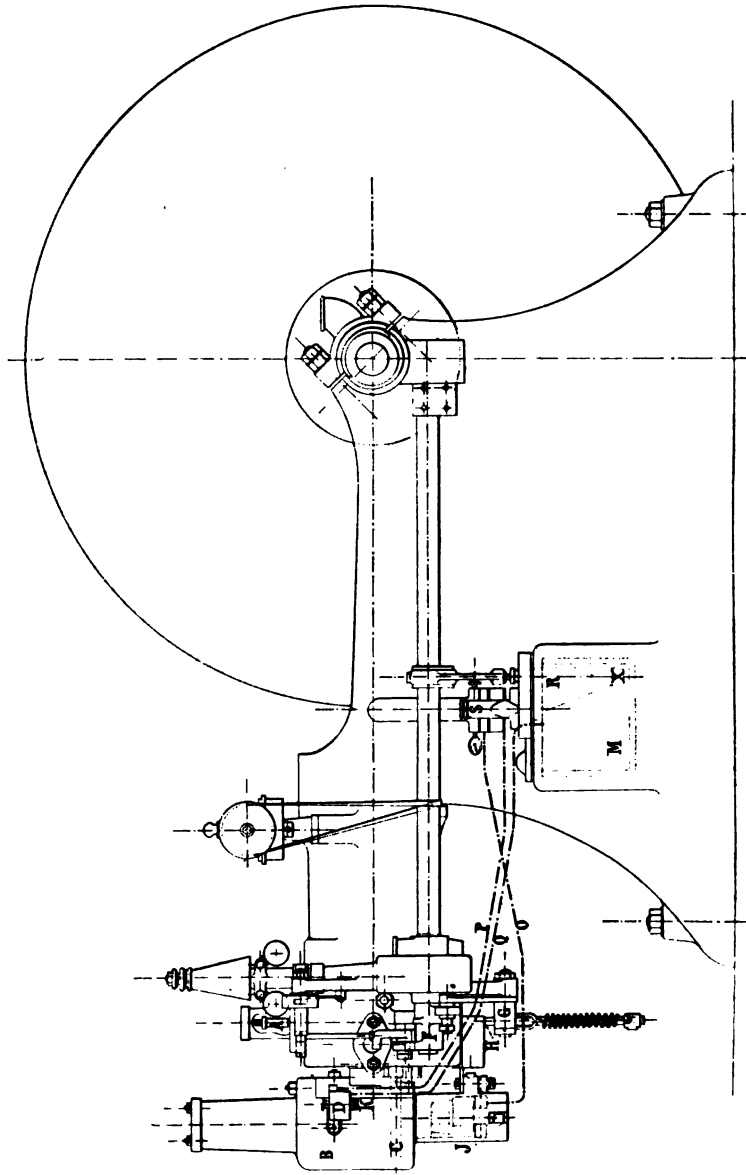


Fig. 100. — Moteur Crossley à pétrole.

Le moteur Crossley, maintes fois transformé, toujours amélioré, paraît enfin avoir trouvé son type idéal, et il s'est placé parmi les meilleures et les plus parfaites machines à pétrole. La figure 96 la représente telle qu'elle se construit aujourd'hui; une légère modification de détail dont nous parlerons plus loin n'a pas changé le modèle que nous figurons. Nous prions le lecteur de se reporter à notre description du tome II (1) et de lire ensuite la légende suivante, qui facilitera l'intelligence du dessin ci-dessus :

- A soupape d'admission de l'air.
- B Vaporisateur.
- C Tube d'allumage, chauffé ainsi que le vaporisateur, par une lampe à pétrole J.
- D Jaugeur d'huile avec pulvérisateur.
- F Came de distribution.
- G Levier d'échappement.
- H Soupape de décharge, rappelée par un ressort.
- J Lampe.
- K Ecrou de réglage de l'huile.
- M Réservoir d'huile logé dans le bâti.
- S Régulateur d'huile.
- O Canal d'huile alimentant la lampe.
- P Canal alimentant le jaugeur.
- Q Canal de retour de l'excès d'huile.
- R X Pompe à huile.

Le jaugeur de pétrole D assure un dosage constant des charges d'huile, indépendamment des passages à vide, alors que la pompe continue toujours de fonctionner. Cet ingénieux appareil se compose d'une chambre cylindrique d'une capacité un peu supérieure à une charge d'huile; le liquide est fourni d'une part par la pompe, et il est aspiré d'autre part par le piston moteur, dans le cylindre, à travers une soupape de pulvérisation. Mais la soupape d'admission ne venant pas à fonctionner, l'huile retourne au réservoir de la pompe, de telle sorte que celle-ci peut continuer de fonctionner, malgré les passages à vide.

La soupape d'admission d'air A était automatique jusqu'en ces

(1) Voir tome II, page 257.

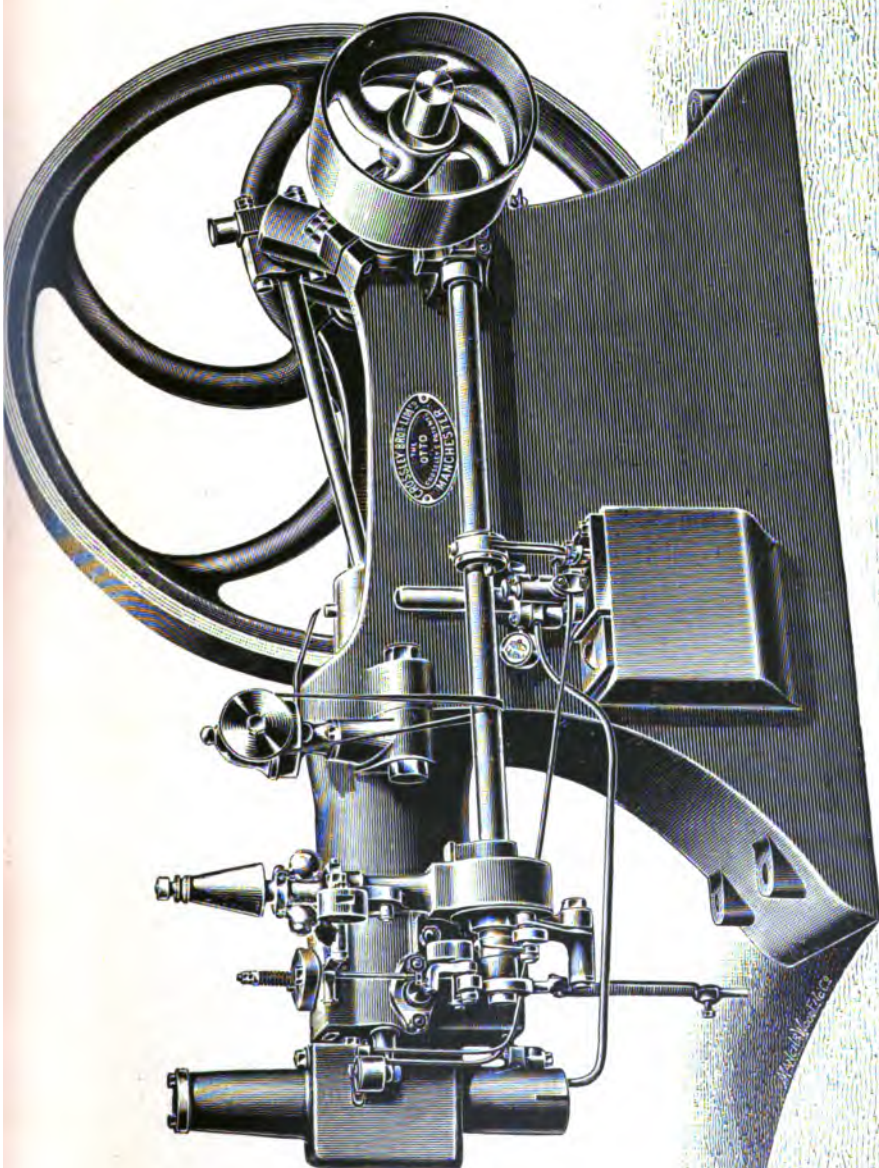


Fig. 101. — Moteur Crossley à pétrole.

derniers temps; mais les ingénieurs de la maison Crossley ont préféré la commander par un balancier attaqué par un levier d'excentrique, lequel prend son mouvement sur l'arbre de distribution; un ressort relève la soupape après qu'elle a été abaissée par la pression du balancier.

Le vaporisateur est aisément amovible, et on le remplace rapidement en cas d'accident.

Au concours de Cambridge, le moteur Crossley a été classé premier pour sa consommation, qui n'a pas dépassé 372 grammes à pleine charge, allumage compris.

La Compagnie des Moteurs universels Grob a jugé utile, pour répondre aux besoins de son immense clientèle (1), de créer un modèle horizontal, dans lequel le carburateur est placé contre la culasse du cylindre. Le service de la distribution est effectué par un arbre horizontal à cames, commandant les soupapes d'admission d'air et de décharge.

Le moteur Hornsby, hautement récompensé au Concours de la Société Royale d'agriculture à Cambridge, par deux premiers prix, voit s'élargir tous les ans son champ d'exploitation, et MM. de Mot et C^{ie} en ont placé un grand nombre en France.

19. — Moteur Daimler.

La *Daimler Motoren Gesellschaft* de Cannstadt (Wurtemberg) a créé un type de moteur vertical monocylindrique, qui présente de très intéressants détails. Une pompe injecte le pétrole dans un canal traversé par l'air et ce mélange, trop carburé pour être inflammable, est dirigé dans la culasse supérieure du cylindre, dans laquelle est disposé un faisceau de lames d'aluminium. Le gaz est surchauffé à son contact et la vaporisation du carbure entraîné se complète ainsi; c'est alors seulement qu'est admis l'air comburant à travers une soupape spéciale d'admission, automobile comme la première. L'allumage est spontané sous l'action de la compression : la disposition même des soupapes d'air empêche toute explosion prématurée. La soupape

(1) On dit qu'il y a actuellement plus de 4.000 moteurs Grob en service

d'échappement est commandée par le régulateur, ainsi que la pompe d'injection de pétrole, effectuant sa pulvérisation : ce régulateur est logé dans le volant.

20. — *Moteur Capitaine-Tolch.*

M. Capitaine a pris son premier brevet de moteur à pétrole dès 1879; il faisait construire, en 1886, par la *Société Berlinoise de construction* (L. Schwartzkopf) un moteur à marche rapide alimenté de pétrole de densité 0,9 qui donna de bons résultats. En 1889, il était associé de la maison Grob et C^{ie} et il établissait son modèle de 1889; ce moteur a encore été modifié depuis lors par l'inventeur, et MM. Tolch et C^o de Londres construisent aujourd'hui une machine qui représente sans doute l'expression des dernières idées de M. Capitaine. Au concours de Tervueren, de l'Exposition de Bruxelles, une locomobile Capitaine a été classée première, et un moteur fixe de 4 chevaux, a obtenu le second rang : nous ne saurions passer sous silence une machine qui a obtenu de si honorables distinctions.

Nous devons à l'obligeance de M. Herlicq, représentant de M. Capitaine à Paris, les beaux et nombreux clichés ci-contre, qui nous permettront de décrire ce moteur avec grands détails.

La figure 99 représente un moteur à un cylindre du type pilon.

C'est un moteur à soupape d'admission automobile, et à soupape de décharge commandée, ne se fermant plus dès que la vitesse s'accélère; la carburation se fait par le passage d'un filet d'air à travers un vaporisateur, chauffé préalablement par une lampe, puis maintenu chaud par le fonctionnement même de la machine, et remplissant alors la fonction d'allumeur. Tous ces éléments sont connus de nos lecteurs : mais leur agencement ne manque pas d'originalité.

La chambre de combustion est placée à la partie supérieure du cylindre dont elle constitue la culasse; elle a une forme tronconique. La soupape d'aspiration 4, maintenue par un ressort à tension réglable, livre passage à l'air, sous l'aspiration produite par la descente du piston; le débit de l'air est modéré par le robinet 9 (figure 104) qu'on peut fixer par l'étrier 6. Le vaporisateur à ailettes reçoit une injection de pétrole un peu avant l'ouverture de la soupape d'admission d'air; il en résulte que la carburation est plus forte pour le pre-

mier air admis, lequel forme une couche qui accompagne le piston et ne le quitte pas, dit-on, même en compression. Ce mélange riche n'atteint donc le vaporisateur que lorsque la compression est achevée,

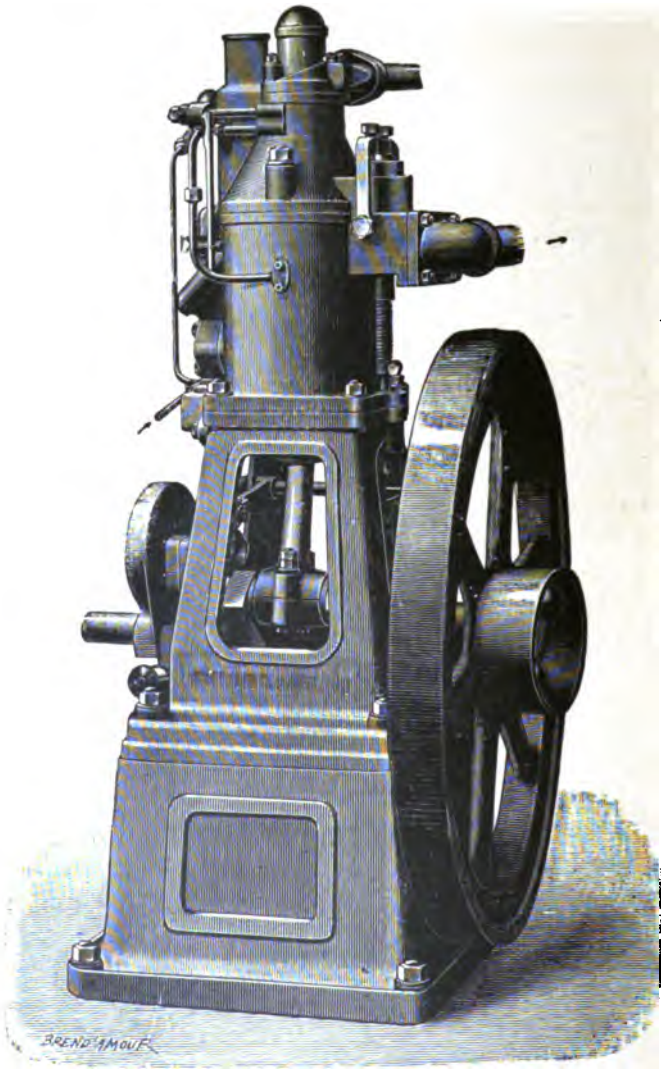


Fig. 102. — Moteur Capitaine-Tolch ; vue d'ensemble.

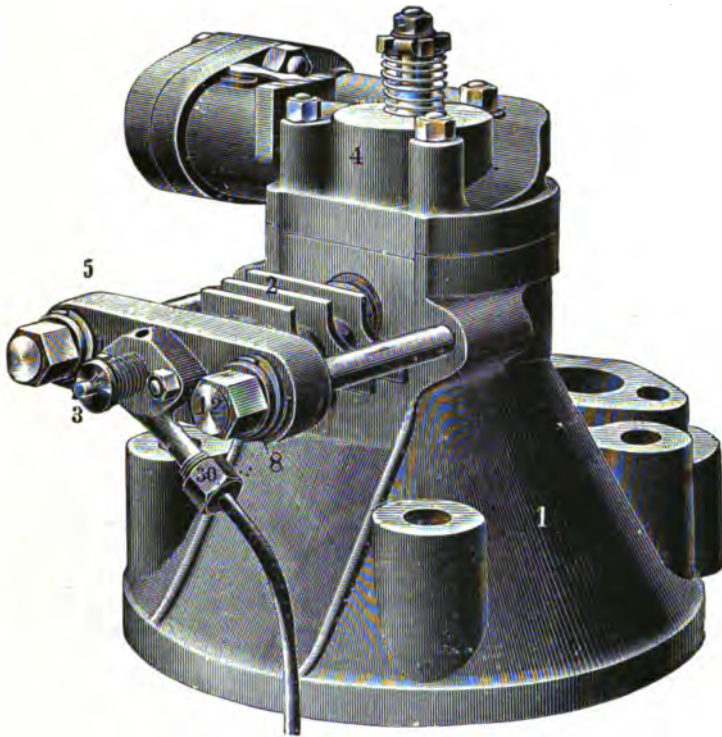


Fig. 103. — Chambre de combustion.

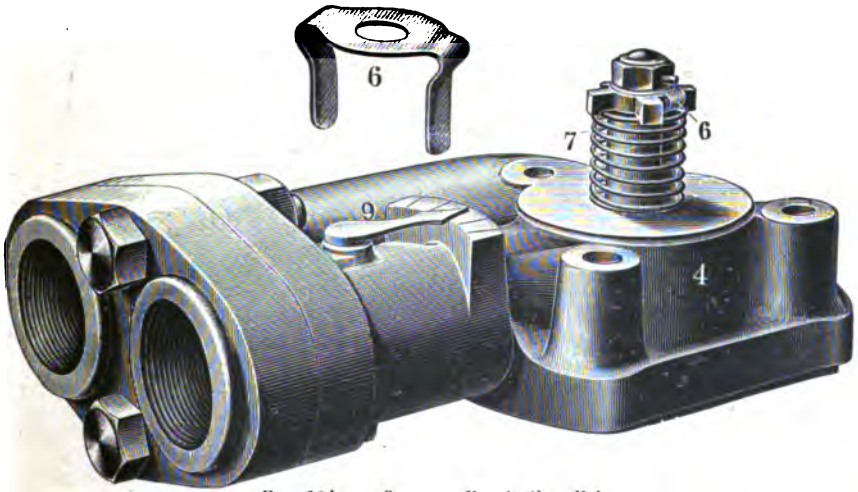


Fig. 104. — Soupape d'aspiration d'air.

de telle sorte que l'on a des chances d'éviter ainsi les allumages anticipés.

La pompe à pétrole puise l'hydrocarbure dans le socle du moteur; elle est commandée par l'arbre qui actionne la soupape de décharge

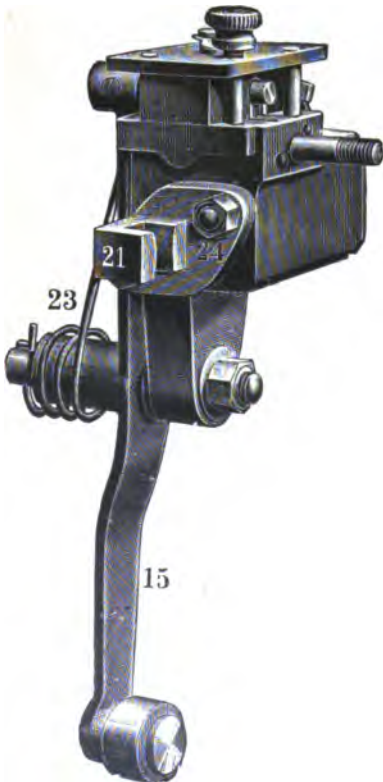


Fig. 105. — Lampe à pétrole.

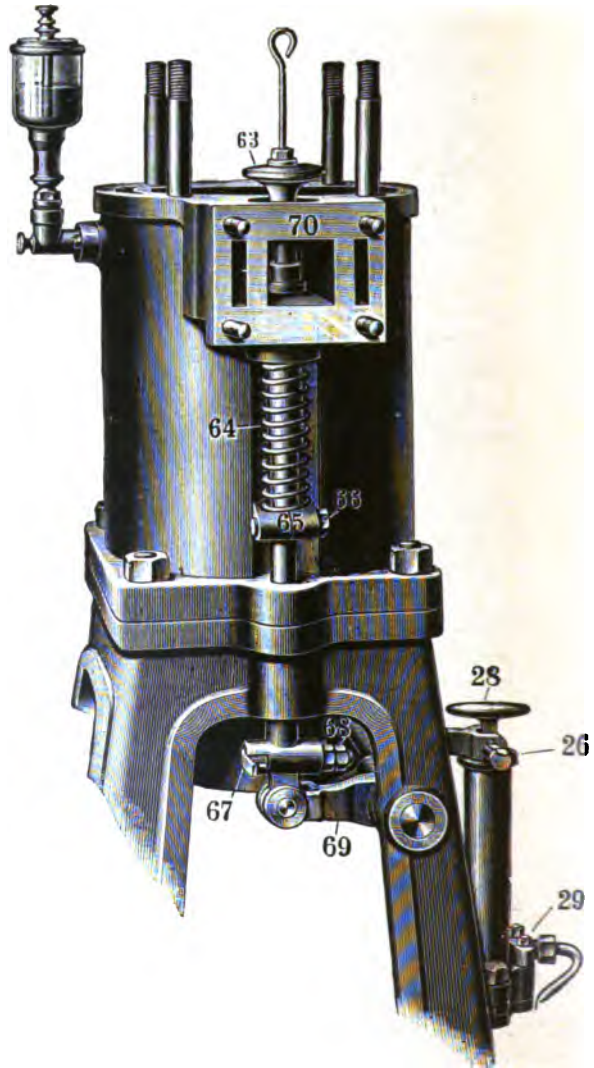


Fig. 106

sous la dépendance du régulateur. Cette pompe (fig. 102) se compose d'un corps à piston plongeur, traversant le presse-étoupes 24; au lieu de clapets, Capitaine emploie un petit tiroir, mû par le levier à ressort 23, poussé par une came spéciale invisible sur le dessin. Une vis limite la course du piston et permet de régler exactement le débit du pétrole, qui est servi au carburateur par le tuyau 30, goutte à goutte. On évite les infiltrations par le presse-étoupes en remplissant en partie la pompe de glycérine, laquelle est plus dense que le pétrole; celui-ci surnage donc et occupe la partie supérieure du corps de pompe.

Une petite pompe à air 28 (fig. 103) sert à refouler de l'air dans le socle et à faire monter le pétrole.

La soupape de décharge 63 ouvre aux gaz brûlés l'ouverture 70 du tuyau d'échappement; elle est appliquée sur son siège par le ressort à boudin 64; elle reçoit son mouvement du levier 69. La clavette 67, fixée par l'écrou 68, donne au conducteur le moyen de diminuer la compression lors de la mise en marche du moteur, et elle réduit l'effort à exercer sur le volant pour le faire tourner à la main.

Comme la soupape de décharge ne doit s'ouvrir que tous les deux tours, le levier 69 qui la commande est actionné par un système alternatif de touche et manque.

Le régulateur est placé contre l'arbre moteur, à l'opposé du volant; il est mû par une paire d'engrenages réducteurs; la plus grande de ces roues porte un bossage qui vient heurter périodiquement une pièce massive, maintenue par un ressort; cette pièce est d'autant plus entraînée par ces chocs répétés qu'ils sont plus nombreux dans l'unité de temps. Pour un déplacement déterminé, la pièce empêche la fermeture de la soupape de décharge et arrête le fonctionnement du moteur, qui ralentit alors son allure.

MM. Tolch estiment la consommation d'un moteur de 5 chevaux à 2 litres de pétrole par heure, soit 4 décilitres par cheval-heure indiqué.

Ce moteur présente de nombreuses particularités nouvelles et pleines d'originalité: la grande vitesse de sa marche a permis de réduire son encombrement au minimum (1).

Un essai fait à la station d'essais de machines agricoles de la rue

(1) La maison Scheiblor, d'Aix-la-Chapelle, construit aussi un modèle du moteur Capitaine, créé en 1897.

Jenner à Paris a démontré qu'un moteur de 150 millimètres de diamètre de piston, 0^m,150 de course, faisant 365 tours par minute, alimenté de pétrole présentant une densité égale à 0,808 à 15°, pouvait développer sans la moindre défaillance une puissance de 3,75 à 4 chevaux ; le résultat était intéressant à relever.

Le moteur Capitaine se prête à de nombreuses applications : pour multiplier encore les conditions de son emploi, on a constitué un type à deux pistons équilibrés, duquel nous dirons quelques mots.

Ce modèle est aussi construit par MM. Tolch et C^{ie} de Londres, et il a été décrit par *l'Engineering* le 20 novembre 1896 ; il est représenté par les figures 107, 108 et 109.

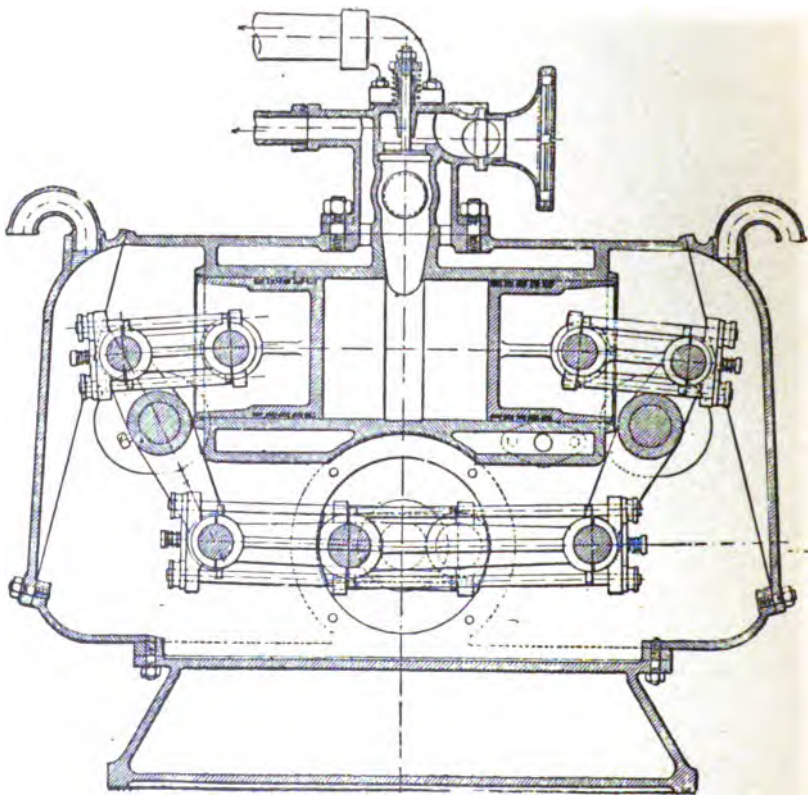


Fig. 107. — Moteur Capitaine équilibré.

Dans un cylindre unique travaillent, suivant des directions opposées,

deux pistons reliés chacun par bielles et balancier à la manivelle motrice : ce dispositif n'a d'autre défaut que la multiplication de ses articulations.

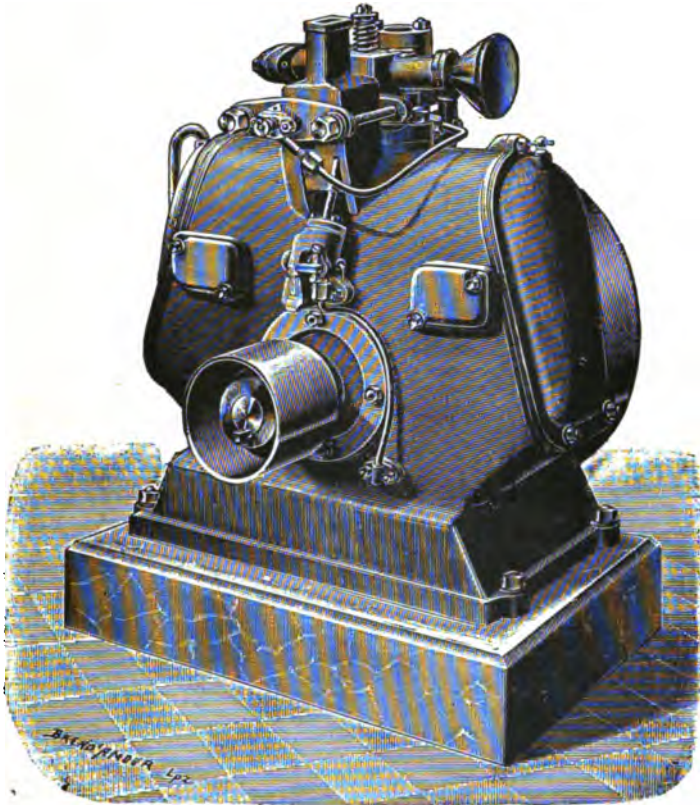


Fig. 108

Le mécanisme moteur est logé dans le bâti qui constitue une chambre spacieuse et d'un accès facile, attendu qu'elle est fermée par des fonds aisément amovibles ; cette chambre est pleine d'huile, de manière à ce que les organes se lubrifient d'eux-mêmes.

Le pétrole est emmagasiné dans le socle du bâti et tenu sous une pression d'air, grâce à une petite pompe actionnée par le moteur : il va de là dans la culasse, munie d'une soupape à pointeau, qui livre le liquide au vaporisateur. Mais pour que le liquide passe il faut que

s'ouvre un petit tiroir transversal logé dans la culasse et soumis à l'action d'un ressort.

Ce ressort plat tend à ouvrir le tiroir ; mais un effort contraire est exercé du côté opposé par un petit balancier appuyé par son extrémité intérieure sur la tige de la soupape de décharge. Quand celle-ci s'ouvre, elle fait cesser l'action antagoniste du balancier et le ressort ouvre le tiroir.

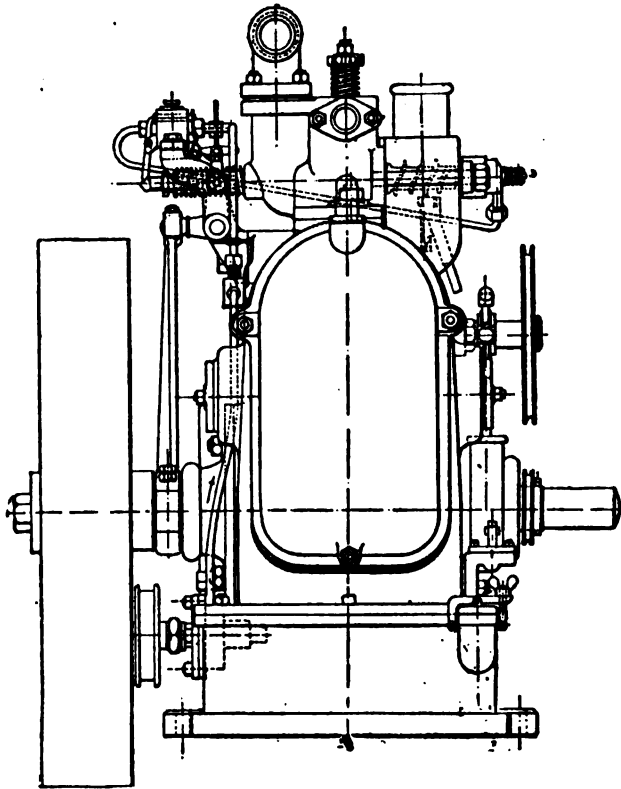


Fig. 109

La soupape de décharge est commandée par la tige de l'excentrique visible sur la gauche de notre figure vue en bout ; comme cette tige a un mouvement alternatif par tour et qu'elle ne doit agir qu'une fois sur deux, elle est munie d'un dispositif de touche ou manque, constitué par une roue à rochet de huit dents qui tourne d'une dent par

tour. Son arbre porte un taquet carré; suivant que c'est un angle ou un plat qui se présente au mécanisme de commande, la tige de la soupape est touchée ou manquée. Nous avons déjà décrit un mécanisme analogue.

Quand la vitesse s'accélère, la soupape attaquant la roue à rochet manque ce rochet et il ne se produit plus de décharge; le moteur est dès lors inactif par défaut d'admission de charge.

21. — *Moteur Japy (Le Succès)*

Voilà encore un moteur sans pompe à pétrole, ni pompe à air, ni carburateur, ni vaporisateur, et n'ayant pas d'autres mécanismes

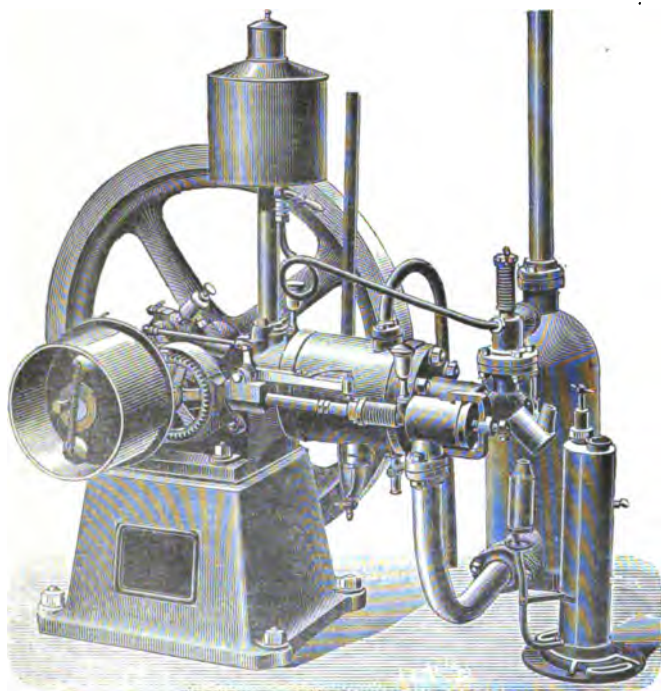


Fig. 110. — Moteur Japy.

qu'un piston, une bielle, deux soupapes, l'une d'admission automatique, l'autre d'échappement commandée et un régulateur. Il serait

difficile de constituer un moteur à moins de frais : ajoutons que ce moteur est des meilleurs.

La figure 110 fait voir la disposition d'ensemble des divers organes.

La soupape d'admission est la pièce essentielle et la plus neuve du moteur Japy : son axe est vertical et sa tige porte deux soupapes entre lesquelles se trouve une gorge de dimensions réglables à volonté : la soupape supérieure livre passage au pétrole, l'inférieure, de plus grand diamètre, laisse passer l'air ; la gorge qui reçoit l'huile en charge par un tube latéral, débite et mesure le pétrole à introduire dans le cycle pour chaque explosion motrice. Le moteur Root présentait déjà un dispositif analogue (1), mais MM. Japy ont utilisé la tige elle-même de la soupape pour introduire l'huile, alors que Root avait constitué sa pompe sur ce principe.

Chaque fois que la tige des soupapes d'admission s'abaisse, elle déverse dans le cylindre le contenu de sa gorge : la quantité de pétrole injectée dépend donc du volume de cette gorge. Elle est formée par l'intervalle laissé libre entre le décolletage de la tige et un tube, glissé sur la tige comme un fourreau ; on modifie sa grandeur en faisant avancer plus ou moins ce fourreau sur la tige. Pour régler à volonté cet avancement, l'extrémité supérieure est filetée et elle porte un écrou appuyant sur le bout du tube : en vissant cet écrou, on fait descendre le tube et l'on diminue le volume de la gorge, tandis qu'on l'agrandit au contraire en dévissant l'écrou. Afin de maintenir ce réglage invariable, l'écrou présente dix encoches, dans lesquelles pénètre un ressort d'arrêt ; si l'on veut tourner l'écrou, il faut donc soulever ce ressort d'une main pendant qu'on tourne l'écrou de l'autre. Un ressort extérieur à boudin, visible sur la figure, règle la tension de la soupape automobile.

La soupape de décharge est commandée par une came, montée sur un arbre à demi-vitesse parallèle à l'arbre de couche : elle s'ouvre donc tous les deux tours. Le régulateur, logé dans la poulie, maintient cette soupape ouverte, par l'intermédiaire d'un verrou d'enclenchement, dès que la vitesse tend à s'accélérer.

Le fonctionnement du moteur se comprend dès lors sans peine,

(1) Voir Tome II, page 288.

car ce type est très connu aujourd'hui et très répandu. L'appel du piston fait ouvrir la double soupape d'admission, qui laisse entrer le pétrole contenu dans la gorge de la tige et l'air appelé de l'atmosphère; en cas d'emballement, la décharge reste ouverte et la soupape d'admission ne joue plus. Il n'entre donc plus d'air, ni de pétrole.

L'allumage est fait par un tube, lequel occupe le fond de la culasse, derrière le vaporisateur; on le maintient au rouge à l'aide d'une lampe éolypile d'un modèle particulier, que nous décrirons plus tard. Pour mettre le moteur en route, on commence par disposer la lampe en dessous du vaporisateur; puis, au bout de cinq minutes, on la recule un peu de façon à porter le tube inflammateur au rouge. Après un certain temps de marche, on peut retirer la lampe, la chaleur de l'explosion du mélange fortement comprimé dans la chambre de combustion suffisant pour maintenir le tube au rouge et effectuer l'allumage.

Ce moteur marche très bien, sans encrassement, et fort économiquement; un moteur de deux chevaux consomme 380 grammes de pétrole et un autre d'un demi-cheval ne dépense que 460 grammes par cheval-heure effectif; ces résultats ressortent d'essais faits à Beaucourt, le 6 octobre 1897.

Une simple modification permet de transformer ce moteur à pétrole en un moteur à gaz: l'admission du gaz et de l'air a lieu alors par une soupape unique; mais un mélange parfait est assuré, grâce à un dispositif du diffuseur dont le fonctionnement est excellent. Le gaz traverse une série de petits trous pratiqués dans le siège de la soupape et il est entraîné par l'air qui est appelé par le centre: le comburant et le combustible sont maintenus dans la proportion voulue par des valves placées sur les conduites d'introduction et leur rencontre se fait dans les conditions nécessaires pour brasser les veines gazeuses et constituer un mélange très homogène.

22. — Moteur Lacroix (*Le Progrès*)

M. Lacroix, constructeur à Caen (Calvados) a introduit en France un bon moteur à pétrole, créé par la *Maschinen Fabrik Kappel*, dont il a encore amélioré la construction. C'est un moteur vertical dont

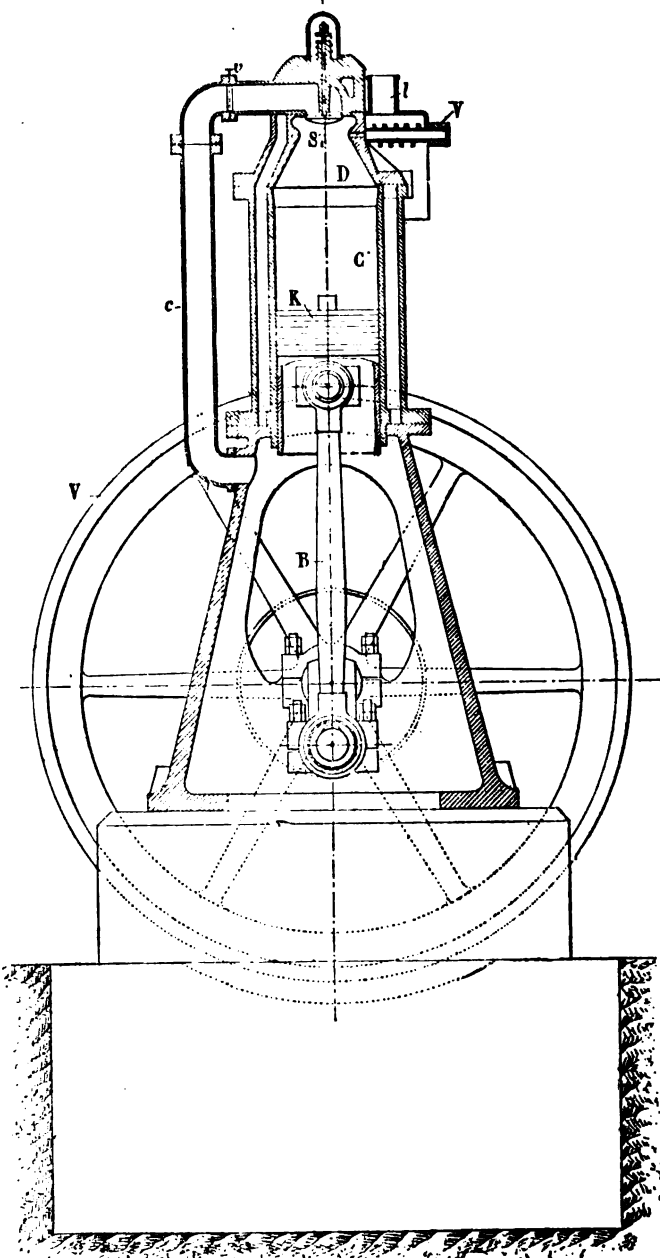


Fig. 111. — Moteur Lacroix (Kappel).

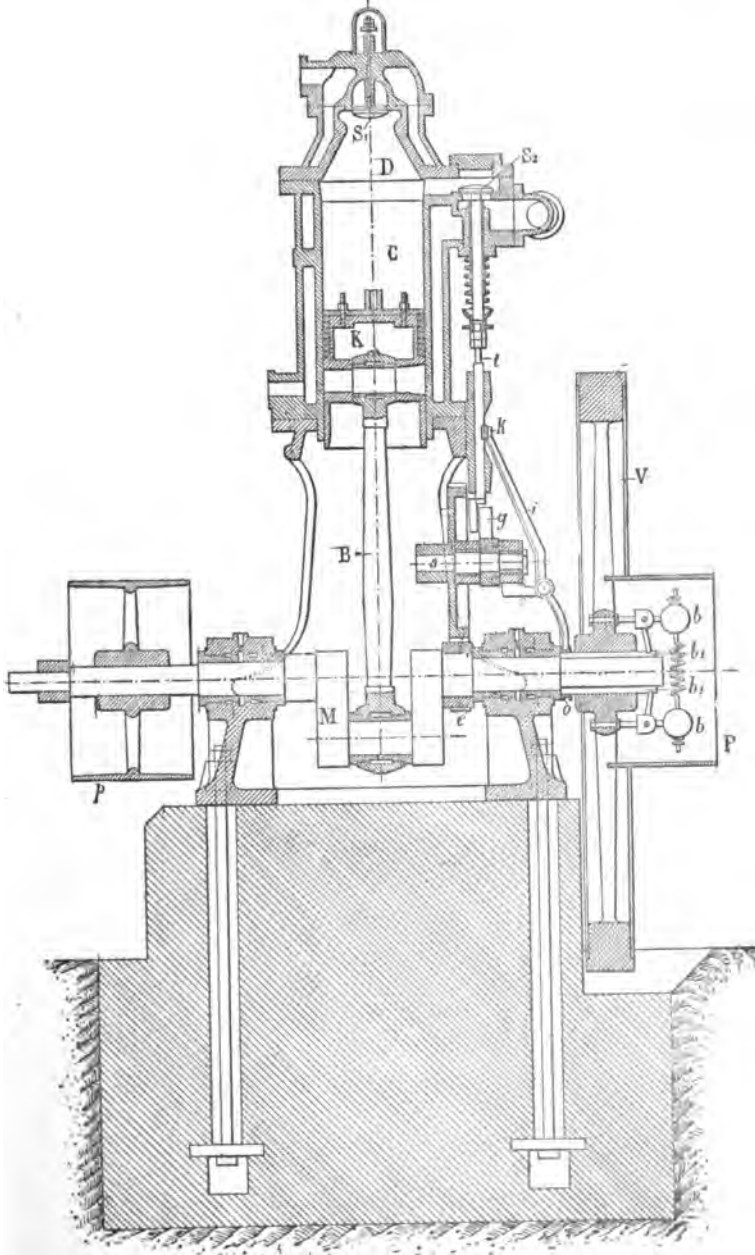


Fig. 112. — Moteur Lacroix (Kappel).

l'ensemble rappelle un peu le moteur Grob, bien qu'il en diffère notablement dans le détail et dans l'agencement des organes.

La soupape d'admission d'air est automatique; elle occupe la partie supérieure du cylindre. En descendant, le piston la fait ouvrir, en même temps qu'il aspire l'air carburé dans le vaporisateur; les deux courants se rencontrent à angle droit, ce qui opère un bon mélange, condition indispensable d'une marche économique. En remontant, le piston opère la compression; le mélange s'enflamme à fond de course au contact du gazéificateur lui-même et l'explosion produit l'impulsion motrice.

Voici qui est peut-être un peu plus nouveau.

Il n'y a de mécanisme de distribution que pour ouvrir la soupape d'échappement; cette ouverture est sous la dépendance du régulateur, ainsi que le mouvement de la pompe à pétrole dont le piston est relié par un levier à la tige de la soupape de décharge. Cette tige reçoit un mouvement alternatif par l'intermédiaire d'une came fixée sur un arbre horizontal parallèle à l'arbre de couche, et faisant une révolution pour deux de la machine. Quand le moteur s'emballe, la soupape de décharge reste ouverte et la pompe cesse de fonctionner; du même coup, la soupape automatique d'admission cesse de fonctionner.

Le régulateur est logé dans le volant; il est composé de deux masses sphériques, reliées entre elles par un ressort, et qui s'écartent lorsque la vitesse normale est dépassée; deux barettes coulissent dans des rainures pratiquées dans le moyeu du volant et poussent un levier à fourches qui tiennent la soupape de décharge relevée.

Tout cela marche bien (1).

M. Lacroix construit aussi un moteur horizontal, qui présente peu d'originalité et se rapproche beaucoup des types courants.

23. — *Moteur Tangye.*

Ce moteur, créé en 1895, peut revendiquer pour lui le record de la plus grande simplicité: on n'y trouve ni pompe, ni ventilateur com-

(1) On peut transformer ce moteur en moteur à gaz en remplaçant le carburateur par une prise de gaz; un tube à incandescence effectue alors l'allumage.

primant de l'air, ni aucun appareil compliqué ; ses organes de distribution se réduisent à deux soupapes, l'une d'admission, l'autre de décharge, commandées par une came montée sur un arbre à demi-vitesse, visible sur notre dessin (fig. 113). Un régulateur modère la marche en maintenant ouverte la valve d'échappement, ce qui a pour effet immédiat d'arrêter l'afflux d'air et de pétrole au cylindre. Tout cet ensemble est bien connu, mais il est réalisé ici d'une manière intéressante et sans complication.

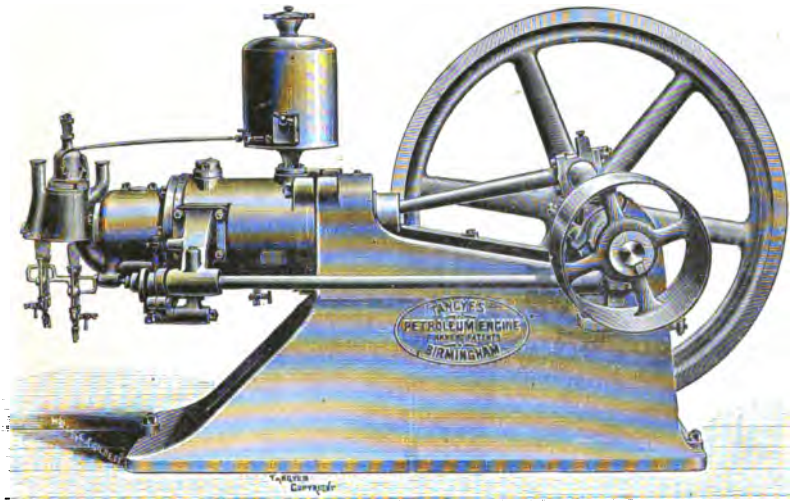


Fig. 113. — Moteur Tangye.

La caractéristique du brevet Tangye consiste en ce que l'huile n'est point vaporisée entièrement dès qu'elle entre au cylindre ; sa gazéification n'est complète qu'à la suite de la compression du mélange hydrocarburé et de son refoulement dans la chambre de combustion.

Le pétrole découle d'un récipient surélevé, et traverse la soupape d'admission, dont un dispositif particulier limite la quantité nécessaire à chaque cylindrée ; l'air, appelé par la progression du piston, entraîne et pulvérise le liquide ; la compression assure l'homogénéité du mélange, en même temps que le contact des parois chaudes de

la culasse, dans laquelle il se trouve finalement confiné, produit une vaporisation parfaite. L'allumage est effectué par un tube placé au fond de la chambre d'explosion, et chauffé par une lampe ; quant à

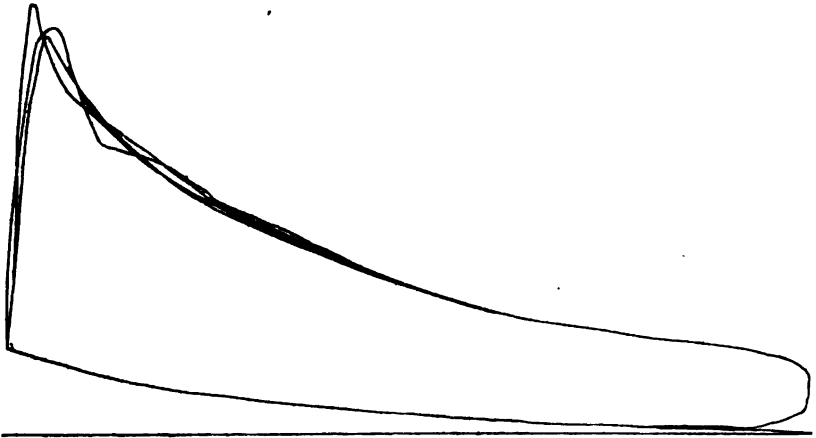


Fig. 114. — Diagramme Tangye.

cette chambre, elle n'est exposée à la flamme de la lampe que pour la mise en train. La communication du tube avec le cylindre est commandée par une soupape (*timing valve*), recevant le mouvement de l'arbre distributeur.

Pour le reste, ce moteur est identique au moteur à gaz Tangye décrit précédemment.

Le constructeur fait remarquer que le graissage du cylindre est assuré en marche industrielle par la lubrification produite par le pétrole lui-même.

La figure 114 donne un diagramme relevé sur un moteur de 10 chevaux, de 241 millimètres de diamètre, 0^m,406 de course, faisant 200 tours à la minute. La consommation est d'environ 450 grammes par cheval-heure indiqué, à partir de 6 chevaux.

La maison Tangye construit une série de moteurs de 3/4, 1, 2, 4, 6, 8, 10 et 14 chevaux, faisant de 300 à 200 révolutions par minute. Des modèles spéciaux sont destinés à la production de la lumière électrique.

24. — *Moteur Wells (Premier).*

MM. Wells, de Sandiacre, Nottingham, construisent ce moteur, auquel ils ont donné le nom de *Premier* : ses dispositifs présentent une certaine originalité.

Les soupapes d'admission et de décharge, logées dans la culasse du cylindre, sont actionnées par un levier vertical oscillant, mû par une came calée sur l'arbre latéral à demi-vitesse, agissant contre un ressort énergique de rappel. L'extrémité de ce levier porte un régulateur d'inertie, qui l'enclenche quand la vitesse s'accélère, de telle sorte qu'alors la soupape d'admission reste fermée et celle d'échappement ouverte : les impulsions motrices cessent aussitôt ce qui rétablit l'équilibre entre le travail moteur et le travail résistant.

Le pétrole, amené en charge par un tuyau, est distribué à la lampe d'allumage et au vaporisateur par un robinet oscillant, commandé par le même levier vertical dont il vient d'être question. Ce robinet est muni d'une encoche, qui se remplit d'huile de pétrole à chaque oscillation et débite ainsi chaque fois une goutte qui tombe sur une paroi chaude horizontale du vaporisateur; la vapeur formée est entraînée par l'air qui traverse la soupape d'admission. L'enclenchement du levier arrête donc l'introduction du pétrole, en même temps qu'il immobilise la distribution.

L'air qui entre dans l'encoche avec le pétrole s'échappe par un tube vertical en verre; on voit donc monter dans ce tube, à chaque admission, une bulle d'air, qui sert de contrôle au bon fonctionnement du vaporisateur.

La lampe, qui chauffe à la fois le vaporisateur et le tube d'allumage est un éolypile alimenté d'air par un petit réservoir, dans lequel on le comprime à l'aide d'une pompe.

Ce moteur a figuré avec succès au concours de Cambridge; s'il n'a pas été premier comme son nom le demandait, il a du moins été classé parmi les meilleurs. L'absence de pulvérisateur donne à son fonctionnement une simplicité qui a été appréciée.

On construit des moteurs Premier de 2 à 15 chevaux effectifs, faisant de 260 à 200 tours par minute.

25. — Moteur Gibbon (*Britannia*)

Ce moteur, exploité par la *Britannia Company* de Colchester présente une particularité qui le désigne à notre attention; la distribution est effectuée par une soupape unique; d'autre part, ce moteur ne présente aucun organe spécial d'allumage.

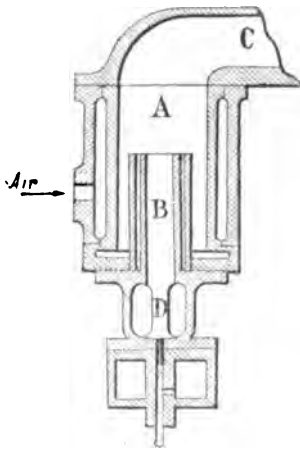


Fig. 115

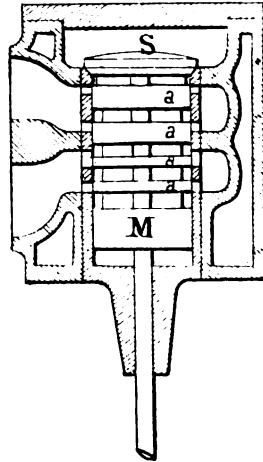


Fig. 116

Ce dernier résultat est obtenu par l'adjonction au cylindre moteur d'une boîte A remplissant l'office de chambre de combustion, de carburation et d'allumage. Cette boîte, qui est cylindrique et de petit diamètre, est reliée au cylindre par un canal C ménagé dans un couvercle commun; elle est entourée par une enveloppe que traverse l'air appelé pour compléter le mélange explosif : on a ainsi l'avantage de chauffer cet air et de réfrigérer convenablement la boîte. Un tube évasé B pénètre par le bas dans la boîte, dont il occupe l'axe; c'est l'allumeur. Pour éviter qu'il ne se refroidisse, il est entouré par un second tube concentrique, formant gaine de protection autour de lui. Ce tube B débouche dans une partie renflée D, qui constitue le vaporisateur; une pompe sans clapet placée immédiatement au-dessous prend le pétrole dans un réservoir annulaire et le refoule en D. Un régulateur agit sur la came qui actionne cette pompe, et proportionne son débit au travail à fournir. Une lampe permet de

chauffer le vaporisateur lors de la mise en train ; mais quelques minutes de marche suffisent pour que la compression produise à l'allumage des charges explosives.

La boîte de distribution est placée à côté de cette boîte de carburation et d'allumage.

Le distributeur est un organe complexe ; il se compose d'une large soupape S, qui règle à elle seule l'admission du mélange tonnant au cylindre et l'échappement des gaz brûlés. A cet effet, cette soupape se prolonge en dessous par un cylindre creux formé d'anneaux *a* reliés les uns aux autres par des nervures intérieures, de façon à ménager entre eux des évidements qui font l'office de lumières circulaires. Cet espèce de tiroir circulaire se meut avec la soupape à l'intérieur d'un cylindre alésé portant quatre rangées d'orifices circonférentiels, qui communiquent deux à deux avec le cylindre et avec l'atmosphère. Cet organe est mù par une came de distribution faisant un tour pour deux de l'arbre moteur : les anneaux, en démasquant les lumières, produisent les diverses phases d'aspiration et de décharge, et celles de compression et d'explosion en les recouvrant.

Le moteur Gibbon se construit vertical ou horizontal ; il existe un modèle spécial pour bateaux. On l'a aussi appliqué à la traction, et il se prête bien à l'installation sur voitures automobiles et tramways.

26. — Moteur Gardner.

Ce moteur reproduit les principales dispositions du moteur à gaz décrit ci-dessus : il présente toutefois une différence notable en ce que le balancier de prise de gaz actionne maintenant une pompe à pétrole refoulant à chaque coup quelques gout-

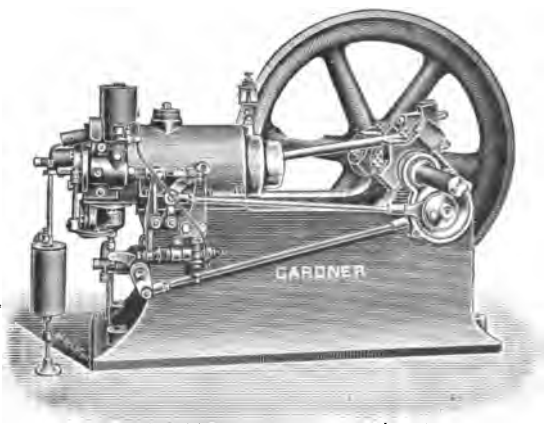


Fig. 117. — Moteur Gardner.

tes, d'huile dans le carburateur-vaporisateur. L'alimentation de pétrole est donc sous la dépendance du régulateur.

Le piston plongeur de la pompe est fendu pour que l'élasticité du métal le maintienne étanche. La pompe n'a pas de clapet de retenue ; le clapet de refoulement est placé dans le prolongement de l'axe du piston : il peut être manœuvré à la main.

Un tube de verre laisse voir le pétrole passant goutte à goutte au vaporisateur, et le conducteur peut ainsi contrôler le débit de la pompe.

27. — *Moteur Robey.*

Ce moteur, établi par MM. Robey et C^{ie}, d'après les brevets Richardson et Morris, a été signalé à l'attention du public par les succès qu'il a remportés à divers concours de machines fixes et de locomobiles en Angleterre : il dérive des moteurs à gaz décrit précédemment (1). Toutefois la chambre de combustion présente une particularité nouvelle. La culasse, boulonnée sur le fond du cylindre, porte une sorte de poire qui forme saillie dans le cylindre ; cette pièce est creuse et ouverte. Placée en plein milieu des gaz explosifs, entourée et envahie par eux, elle en prend la température, et elle constitue un vaporisateur excellent, sur lequel il suffit de projeter le pétrole le plus dense pour le volatiliser. Après quelque temps de marche, la température du métal est suffisante, vu la compression élevée de l'air carburé, pour que cette poire remplisse à la fois la fonction d'allumeur et de vaporisateur. Pour la mise en train, on ouvre un regard de la culasse et l'on y fait pénétrer le dard de flamme d'une lampe très puissante, à tirage forcé, alimentée d'air par un ventilateur spécial.

La culasse est assemblée de telle façon avec le cylindre qu'on puisse la démonter sans toucher aux appareils de distribution et de régulation : elle porte la soupape automobile d'admission d'air ; la soupape de décharge est disposée à la partie inférieure du cylindre, et elle est soulevée par un levier à came.

La pompe à pétrole est de dimensions telles qu'elle aspire cinq fois plus de liquide qu'il n'en faut pour l'alimentation de la machine ;

(1) Voir tome II, page 224.

l'excédent retourne au réservoir par une soupape en charge S. Voici dès lors comment sont organisés les appareils d'injection du pétrole : l'huile est refoulée par la pompe dans une chambre fermée par deux soupapes, la soupape s, maintenue par un ressort réglable, et une autre soupape, commandée par un mécanisme de touche et manque. L'espace compris entre ces deux soupapes est donc toujours rempli d'huile sous la pression constante réglée par le ressort de la soupape s. C'est là qu'est pris le pétrole nécessaire à l'alimentation du cylindre ; il y est dirigé par la seconde soupape, qui est sous la dépendance du régulateur.

28. — *Moteur Clarke, Chapman et C^e*

Cette machine, construite à Gateshead-on-Tyne, présente d'intéressantes particularités.

Le pétrole et l'air traversent une soupape automatique d'admission, et pénètrent dans le vaporisateur par une soupape d'étranglement (throttlevalve) actionnée par le régulateur : le mélange carburé est alors introduit dans le cylindre par un robinet tournant, qui fait l'office double d'appareil d'admission et de décharge ; ce robinet effectue un tour complet par quatre révolutions de la machine, et il est percé de quatre ouvertures, dont deux pour l'admission et deux pour la décharge.

L'allumage est électrique ; il présente l'avantage de permettre une mise en route extrêmement facile en alimentant d'abord le moteur avec de la gazoline, à haute tension de vapeur.

Le vaporisateur, chauffé par les gaz de la décharge, est formé de deux cylindres concentriques ; l'air et le pétrole circulent dans l'espace annulaire, tandis que les gaz évacués par le cylindre traversent le cylindre central.

La compression préalable est considérable et elle dépasse 3 kilogrammes : les constructeurs prétendent obtenir ainsi une combustion plus complète et diminuer l'encrassement du cylindre. La pression explosive atteint 12 kilogrammes dans un moteur de 10 chevaux.

La soupape rotative peut être retirée et remontée en quelques minutes ; on a donc le moyen de la nettoyer fréquemment et de la roder dans son boisseau sans difficulté.

Le régulateur logé dans le volant, présente une grande sensibilité : le moteur fait 260 révolutions.

Cette machine est très compacte.

29. — *Moteur Gladys (Day).*

Voici un moteur à pétrole à deux temps ; il convient de le signaler, par la rareté de la chose et pour la simplicité avec laquelle le fait est réalisé.

Le cycle est celui du moteur à gaz Day déjà décrit (1) : la face inférieure du piston est utilisée pour comprimer de l'air dans la chambre close dans laquelle se meurent la bielle et la manivelle ; un tuyau latéral relie cette chambre de compression à la partie supérieure du cylindre, dans laquelle se produit l'explosion, en agissant de haut en bas sur le piston.

Un second conduit débouche normalement dans le tuyau d'air par un orifice fermé plus ou moins à l'aide d'une valve à pointe commandée par un régulateur centrifuge ; c'est par là que passe le pétrole en se pulvérisant. L'approvisionnement de liquide est contenu dans le socle faisant office de récipient ; une pression d'air détermine l'ascension de l'huile du pulvérisateur.

Ce moteur est construit par MM. Cadiot et C^{ie}, pour des puissances de 1 à 10 chevaux, tournant de 500 à 230 tours ; l'absence de soupapes, de cames et d'engrenages tolère ces vitesses considérables.

30. — *Moteur Campbell.*

Comme dans le moteur Premier, la pompe a été supprimée et l'huile découle d'un réservoir supérieur sous l'action de la pesanteur. L'air est admis par une soupape automatique ; la soupape de décharge est commandée, sous la dépendance du régulateur : il n'y a pas d'autres soupapes. Quand la vitesse devient trop grande, la soupape d'échappement reste ouverte et la soupape automobile ne fonctionne plus. Le courant d'air croise à angle droit le jet de pétrole et il le pulvérise, avant son entrée dans le vaporisateur. Une lampe chauffe à la fois ce vaporisateur et le tube d'allumage.

(1) Tome II, page 182.

Ce moteur, qui est très simple, a figuré avec honneur au concours de Cambridge, dont nous avons fait connaître plus haut les résultats.

31. — *Moteur Howard.*

Ce moteur est construit à Bedford; il a paru à l'exposition du *Smith field Club* et s'y est fait remarquer par ses qualités.

La pompe refoule l'huile dans un pulvérisateur, qui l'injecte dans un vaporisateur fixé en bout de la culasse du cylindre moteur : ce vaporisateur, que nous décrirons plus loin, consiste en un corps incliné en fonte, dans lequel sont ménagés des conduits, constituant l'enceinte de gazéification. L'air est chauffé dans le même appareil avant d'être admis au cylindre; le mélange subit lui-même une dernière surchauffe pour assurer sa parfaite carburation. Une vis de réglage permet de faire varier à volonté la course du piston de la pompe; mais le régulateur agit automatiquement en supprimant les impulsions motrices, quand cela devient nécessaire.

On affirme que la consommation par cheval-heure effectif est de 0,426 litre de pétrole, pour un moteur de 8 chevaux.

32. — *Moteur Hille.*

Ce moteur est horizontal, à quatre temps, à distribution par soupapes avec allumage par incandescence, comme tous ses congénères : il en diffère par certaines dispositions de détail que nous allons indiquer.

La soupape d'admission et la soupape d'échappement sont installées l'une au-dessous de l'autre dans une même boîte venue de fonte avec la culasse du cylindre : la première est actionnée par un levier coudé placé sur le cylindre qui, par l'intervention d'un régulateur d'inertie, l'ouvre en marche normale ou la laisse fermée, quand la vitesse s'accélère.

La soupape de décharge disposée au-dessous de la soupape d'admission, reçoit son mouvement d'un levier coudé placé sous le cylindre; celui-ci est attaqué par une longue tringle horizontale, actionnée par un balancier à galet vertical, installé contre l'arbre à

demi-vitesse, lequel est parallèle à l'arbre de couche. Nous avons déjà rencontré ce dispositif dans le moteur à gaz Hille et nous n'insisterons pas davantage.

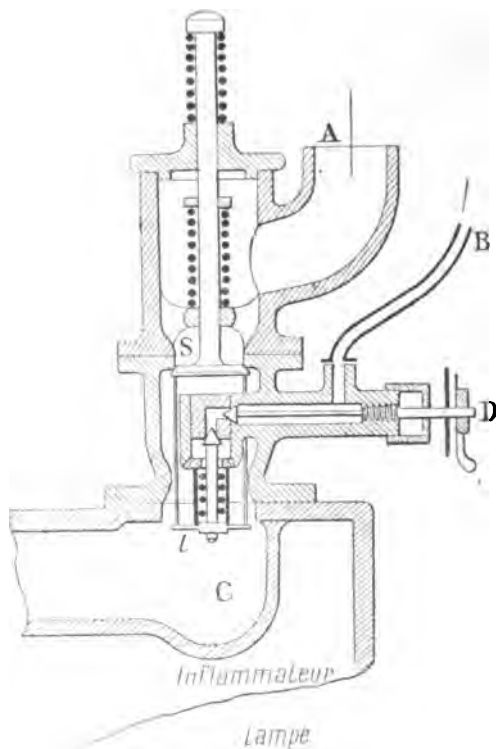


Fig. 118

Le vaporisateur est logé au-dessus de la soupape d'admission : l'air arrive par une tubulure A recourbée vers le haut qui débouche sur une soupape conique S, tendue par un ressort, mais automatique, car elle doit s'ouvrir d'elle-même sous l'aspiration du piston; au moyen de deux tiges en retour (déplacées sur notre dessin, pour les rendre visibles) cette soupape entraîne dans son mouvement une tige à pointeau *t* formant clapet d'admission de l'huile de pétrole; celle-ci arrive par la conduite B et elle est débitée par un réservoir supérieur en charge. Le pétrole coule à travers des trous percés en couronne, qui le pulvérisent, et il tombe dans le vaporisateur C où il se mé-

lange avec l'air et se gazéifie. Le réglage du débit est fait à la main par une seconde tige à pointeau horizontale, pourvue d'une manette D, un limbe gradué fournissant des points de repère.

Une lampe à pétrole, alimentée par le réservoir lui-même, entretient la température du vaporisateur et porte en même temps à l'incandescence le tube d'allumage.

Ce moteur, construit par la *Dresdener Gasmotoren Fabrik* de Dresde, consomme environ 500 grammes de pétrole par cheval-heure indiqué; c'est le taux normal de ce genre de machines. Il existe des types de 1/2, 3, 10, 12, et 16 chevaux.

Les mêmes ateliers ont établi un type vertical dans lequel se retrouvent les éléments précédents, groupés différemment, il est vrai. C'est une machine à pilon, dans laquelle le cylindre occupe la partie supérieure du bâti; le réservoir à pétrole est porté par le même bâti. Une pompe élève le liquide, qui est distribué par un appareil rotatif laissant écouler l'huile dans le vaporisateur sous l'action de la gravité; cette pompe comprime aussi l'air nécessaire pour le fonctionnement de la lampe. Tous les organes sont renfermés dans une enveloppe de tôle, ne laissant voir que la boîte à soupapes et le volant.

33. — Moteur Dürkopp.

Ce moteur est construit par la *Bielefelder Maschinen Fabrik*.

Le pétrole est renfermé dans un récipient clos, en fer forgé, logé dans le bâti; une pompe à air y maintient une pression déterminée, qui est utilisée pour distribuer l'huile. Celle-ci est pulvérisée à froid, avant d'être envoyée au vaporisateur. Les soupapes d'admission et de décharge sont commandées; la première est sous la dépendance du régulateur, qui modère aussi le débit du pétrole.

Tous les joints qui ont le contact du pétrole liquide ou vaporisé sont métalliques, à cônes rodés.

L'allumage se fait à la façon ordinaire.

34. — Moteur Ganz.

Ce modèle, breveté par MM. Banki et Csonk, est construit avec succès par MM. Ganz et C^{ie} de Budapest; il présente d'intéressantes dispositions.

Et d'abord, l'air admis est préalablement réchauffé en traversant une boîte que les gaz de l'échappement maintiennent à une température élevée ; le vaporisateur est chauffé de même. Cet organe constitue le couvercle du cylindre. Le tube allumeur est en cuivre ; soigneusement revêtu d'amiante, et présentant un fort diamètre intérieur, il est rapidement porté au rouge par les explosions et il reste à une température suffisante pour assurer les mises de feu, alors même que le moteur marcherait à vide ou à faible charge. L'expérience montre que l'on obtient ainsi un allumage excellent, sans être obligé de recourir à aucune lampe extérieure ; on évite d'ailleurs parfaitement les allumages prématurés.

Le vaporisateur est muni d'une série de godets, dans lesquels le pétrole est maintenu à niveau constant ; des vis à pointe commandent sa venue et règlent ainsi la carburation de l'air.

Les deux soupapes d'admission et de décharge sont logées l'une au-dessus de l'autre dans une même boîte venue de fonte avec le vaporisateur. La valve d'admission est à mouvement automatique, celle d'échappement est commandée par un excentrique placé sous la dépendance du régulateur. Quand la vitesse de régime tend à être dépassée, un levier articulé est enclenché et la soupape de décharge ne retombe plus ; elle reste ouverte jusqu'à ce que le cycle soit achevé. Or, il importe alors que la soupape d'admission reste bien close, sous l'action du ressort qui l'applique sur son siège ; pour mieux assurer ce résultat, les deux soupapes sont reliées par un étrier, qui attache la tige de l'une au ressort de l'autre. En s'ouvrant, la soupape de décharge bande donc le ressort de la soupape d'admission et cette tension persiste aussi longtemps que la décharge reste ouverte.

Le régulateur est un régulateur d'axe renfermé dans une poulie faisant un tour pour deux du moteur ; des masses, qui s'écartent du centre sous l'action de la force centrifuge, font déplacer une tige à encoche qui enclenche le levier articulé de la décharge, quand la vitesse s'accélère, et maintient ouverte la soupape de décharge. L'excentrique de commande de la soupape est monté sur le même arbre à demi-vitesse que le régulateur.

Le bâti est entièrement clos et les organes sont ainsi protégés contre les poussières. Le piston présente une très grande longueur, qui contribue à assurer son étanchéité et son parfait guidage.

Le réservoir de pétrole se dispose au-dessus du cylindre.

MM. Ganz et C^{ie} construisent des locomobiles dont le fonctionnement est, dit-on, excellent. L'eau de circulation est mise en mouvement par une petite pompe centrifuge ; à sa sortie du cylindre, elle est divisée par une crépine et refroidie par un courant d'air produit par un ventilateur spécial. Cet ensemble doit donner de bons résultats, mais il faut reconnaître que ces moyens sont coûteux et compliqués.

35. — Moteur Kane-Pennington.

Nous ne connaissons ce moteur que par un article à sensation de l'*American Machinist*, reproduit par toute la presse technique européenne ; une machine de 4 chevaux ne pèserait que 22^r,500 (soit 5^r,625 par cheval), malgré les quatre cylindres dont elle se compose ; elle serait munie d'un carburateur électrique. Ce peu de mots justifie l'intérêt qu'à excité cette nouvelle production du génie américain. Malheureusement la maison Kane, de Chicago, qui a entrepris la construction du moteur, est restée discrète et nous ne pouvons décrire la machine que d'après les spécifications du brevet anglais, portant la date du 4 décembre 1895.

Le cycle du moteur est à quatre temps ; dans sa première phase, le piston aspire l'air et le liquide nécessaires à la constitution du mélange tonnant, à travers des soupapes automatiques, tenues fermées par des ressorts à boudin ; ces soupapes retombent d'elles-mêmes dans la phase de compression, puis l'étincelle jaillit ; enfin, le piston expulse les gaz brûlés à travers une soupape d'échappement commandée par l'arbre de distribution à demi-vitesse.

La carburation se fait par un procédé absolument nouveau. Le liquide tombe durant la période d'aspiration, sur un conducteur électrique, en forme de spirale, placé à l'extrémité du cylindre, qui est traversé par un courant dérivé pris sur la batterie d'allumage ; la température de ce conducteur est suffisante pour vaporiser entièrement l'hydrocarbure. Mais un dispositif particulier assure ce résultat d'une manière plus certaine. En effet, au deuxième temps, en phase de compression, une électrode portée par le piston est mise en communication avec un conducteur porté par le cylindre et relié lui-

même à la source d'électricité par un commutateur fixé sur l'arbre de couche ; ce commutateur interrompt et rétablit maintes fois le courant durant la course, et il donne lieu à une production d'étincelles nombreuses, incapables d'opérer la mise de feu du mélange, mais assez chaudes cependant pour achever la vaporisation du liquide et brasser le mélange tonnant. Ce point est assez mystérieux et il demanderait à être élucidé par des essais sérieux faits sur le moteur. Quand le piston revient en avant, les électrodes rompent subitement leur contact et il jaillit une étincelle chaude et nourrie qui a maintenant la vertu d'allumer le mélange et de provoquer l'explosion. Les diagrammes publiés par le journal américain témoignent d'une combustion instantanée, donc excellente, et prouve elle-même d'une bonne carburation. On dit d'ailleurs que le cylindre ne chauffe nullement et, de fait, on peut se passer d'une réfrigération par circulation d'eau : cela pourrait tenir à ce que la vaporisation de l'hydrocarbure absorbe le calorique développé par l'explosion précédente, mais nous l'attribuons aussi à la construction du cylindre, qui est en acier très mince et mesure une très grande longueur par rapport à son diamètre (deux fois et demie), ce qui développe énormément le rapport $\frac{S}{V}$ de la surface au volume (1). M. Pennington est au contraire d'avis que cet effet est dû à l'appareil électrique, et il rapporte que le cylindre chauffe dès que l'on supprime les étincelles de carburation : nous lui donnons acte de son affirmation et l'acceptons sous bénéfice d'inventaire.

L'hydrocarbure employé est du pétrole lampant dit *Kérosène*. La combustion s'effectue bien et la décharge ne donne, dit-on, pas d'odeur ; elle est d'ailleurs fort peu bruyante, parce que la détente est prolongée jusqu'à la pression atmosphérique. On a annoncé que la consommation était faible, sans que nous puissions citer de chiffres précis.

La maison Kane construit des moteurs de 50 kilogrammètres pesant 13^t,5, de 2 chevaux pesant 18 kilogrammes, de 4 chevaux pesant 22^t,5 ; la machine de 2 chevaux est à deux cylindres, celle de 4 à quatre cylindres. Ces cylindres sont inclinés par paire, de telle façon

(1) Voir tome 1^{er}, page 156, ce que nous avons démontré de l'influence du rapport $\frac{S}{V}$

que deux tiges de piston agissent sur une même manivelle ; ces cylindres développant environ un cheval, ont 62 millimètres de diamètre et 150 de course ; ils sont constitués par un tube d'acier sans soudure et étiré. Les bâtis sont en fer et brasés sur le cylindre, par-dessus un filetage. Les pistons portent trois segments. Les volants sont établis comme des roues de bicyclette, avec rais en acier. La vitesse de régime atteint 500 révolutions par minute.

Le moteur de 4 chevaux a été construit en vue de son application sur les bateaux : la course est portée souvent à 0^m,30 pour obtenir une détente plus complète.



CHAPITRE NEUVIÈME

ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION DES MOTEURS

I

Organes des moteurs.

Les dernières années ont été signalées par un certain nombre de perfectionnements de détail, qui ont contribué à améliorer le fonctionnement des moteurs.

Les constructeurs du Simplex, dans le but d'éviter l'emploi des arbres coudés, qui avaient donné des mécomptes, ont adopté pour leurs puissantes machines le bâti Corliss à baïonnette ; la bielle attaque une manivelle, calée sur l'extrémité libre de l'arbre, et le volant est porté par un arbre reposant dans deux paliers ; on évite ainsi le porte-à-faux de cet organe, dont on est amené à augmenter de plus en plus la masse, pour améliorer la régularité cyclique.

La maison Crossley supprime les inconvénients de ce porte-à-faux en établissant un contre-palier pour recevoir et supporter l'extrémité de l'arbre (fig. 119) ; ce dispositif n'est pas sans présenter quelques difficultés pratiques résultant de l'installation de trois paliers. Il paraît néanmoins qu'on se trouve bien de cette manière de faire, que les électriciens emploient couramment aujourd'hui pour les puissantes dynamos.

Les machines à double effet présentent de remarquables avantages au point de vue de la simplicité cinématique, de la compacité et aussi de la régularité ; Lenoir, Hugon, Clayton et beaucoup d'autres avaient d'abord adopté ce type, mais on avait dû y renoncer par suite des échauffements considérables des cylindres et des presse-étoupes. L'augmentation de la compression, l'allongement de la détente, le

perfectionnement des garnitures et des bourrages et enfin l'amélioration des huiles de graissage ont permis de surmonter ces difficultés et l'on revient aujourd'hui aux cylindres à double effet. M. Letombe s'est particulièrement distingué dans cette voie et ses patients efforts ont été couronnés du plus beau succès. Les moteurs Duplex Day, Niel, Hartley, Dick et Kerr ont aussi obtenu d'excellents résultats par des moyens différents et il se pourrait que leur exemple fût suivi par d'autres constructeurs.

Il y a une tendance marquée des mécaniciens à faire des pistons longs et légers, pour éviter leur échauffement ; il convient d'ailleurs de leur donner un certain jeu, surtout à l'arrière, du côté de la culasse du cylindre, et l'on se trouve bien de les tourner avec une très légère conicité.

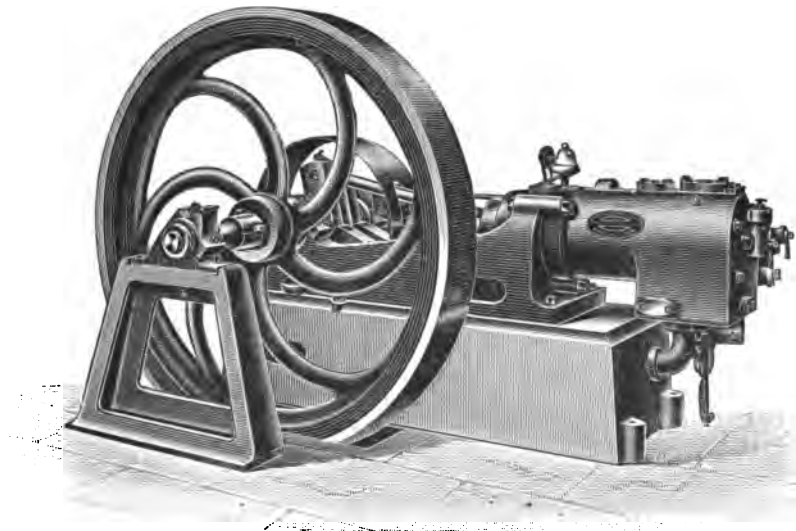


Fig. 119. — Moteur Crossley.

Dans les grands moteurs Tuxen, le fond du piston est rafraîchi par une circulation d'eau entretenue au moyen de pompes spéciales ; le résultat est bon, mais il est acheté au prix d'une bien grande complication.

Les tourillons des bielles sont quelquefois munis de coussinets à serrage.

Le piston Brayton présente des particularités originales entre toutes. Ce piston, qui est creux, est pourvu à sa partie supérieure d'une soupape annulaire dont la levée est limitée par quatre crochets; elle se soulève automatiquement dans la course d'aspiration et admet ainsi de l'air dans le cylindre à travers les orifices de son siège circulaire.

L'attache du piston à sa lige est tout à fait neuve et originale; elle est constituée par une lame d'acier large, mais flexible, *a* encastrée et goujonnée d'une part dans le fond du piston A, d'autre part, dans la bielle B; c'est un dispositif analogue à celui qui est usité en horlogerie pour la suspension du balancier.

Cette jonction résiste à un effort du moteur dans le sens AB; elle a l'avantage d'éviter toute articulation coûteuse de construction, d'entretien et de graissage.

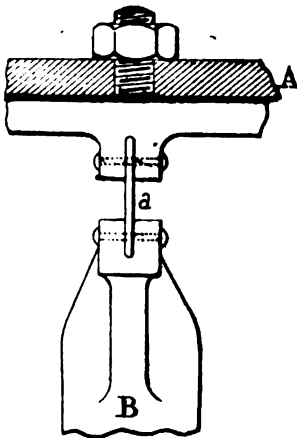


Fig. 120

M. Michelin a proposé d'adapter au piston des moteurs à pétrole le dispositif que Deleuil avait appliqué à sa machine pneumatique et que plusieurs constructeurs ont déjà essayé d'introduire dans les moteurs à grande vitesse. Le piston ne comporterait plus de segments, mais il serait garni simplement d'une série de gorges annulaires, fort étroites, pratiquées sur le pourtour du bloc de fonte: l'expérience montre qu'un tel piston, tourné à un diamètre un peu inférieur à l'alésage du cylindre, et suffisamment long, devient assez étanche aux vitesses linéaires considérables. Les gaz se détendent d'une gorge dans l'autre, avec une vitesse décroissante, sans arriver à les franchir toutes pendant que la course s'effectue. Un tel piston n'exige qu'un faible graissage et il n'est pas exposé à gripper: mais le piston doit être guidé avec plus de soin.

Des essais prolongés pourront seuls permettre un jugement définitif sur ce mode de construction des pistons.

Passons aux organes de distribution.

MM. Hartley et Kerr ont essayé des robinets oscillants du genre

Corliss, qu'il a fallu réfrigérer par une circulation d'eau. Les avantages de cette innovation sont discutables.

La plupart des moteurs sont aujourd'hui à soupapes et l'on peut dire avec raison que la soupape triomphe et que le tiroir se meurt.

Les distributeurs à piston, employés avec tant de succès dans les machines à vapeur à grande vitesse, commencent à s'introduire dans le moteur à gaz ; ils ont l'avantage d'ouvrir, sans chocs et sans bruit, de larges passages à l'admission et à la décharge, et de donner des ouvertures et fermetures rapides ; mais ces organes dureront-ils ?

Les bons constructeurs se préoccupent de refroidir le plus énergiquement possible les organes de distribution par des circulations d'eau actives et des enveloppes complètes. On évite ainsi tous les accidents produits par un échauffement des soupapes, de leurs tiges et de leurs sièges ; les pièces ne gauchissent plus, les sièges ne se brûlent pas, les tiges ne grippent pas dans leurs gaines ; de plus, il y a intérêt à refroidir les organes d'admission, car une élévation de température a pour conséquence de diminuer la masse du volume admis et par suite la puissance du moteur.

Dans les moteurs Otto de grande puissance, on a pris des précautions spéciales pour refroidir les soupapes de décharge et, non contents de faire circuler de l'eau froide autour des sièges et des guides de tiges, les ingénieurs de Deutz ont même injecté de l'eau sur les soupapes et les sièges ; MM. Fielding et Platt ont aussi eu recours à ce moyen héroïque. Ces précautions sont surtout nécessaires dans les moteurs surmenés.

Le refroidissement des cylindres par des ailettes à grande surface est insuffisant dès que les moteurs dépassent quatre chevaux. Toutefois, M. Lanchester a essayé de le rendre plus actif en dirigeant un courant d'air sur ces ailettes ; malheureusement, il faut alors installer un ventilateur spécial pour produire ce courant et c'est une grosse complication. M. Lane l'a évitée en produisant un appel par les gaz de l'échappement : c'est une solution ingénieuse du problème, qui a été adoptée par plusieurs constructeurs d'automobiles.

Le refroidissement rationnel des cylindres, opéré de manière à empêcher toute surélévation anormale de la température et à combiner cet effet avec une utilisation du calorique soustrait au cycle, est

aussi à l'ordre du jour et il faut reconnaître que l'objet poursuivi est digne des efforts des ingénieurs les plus habiles.

Parmi les projets proposés et exécutés, signalons celui de M. Petréano.

Il loge dans l'enveloppe du cylindre vertical de son moteur le carburateur à entonnoirs décrit ci-dessus (1); une garniture faite en feutre d'amiante augmente l'étendue des surfaces d'évaporation. Le carbure liquide, pétrole, essence de pétrole ou alcool, est débité par un orifice placé à la partie supérieure du cylindre, il humecte le feutre et glisse le long des surfaces coniques des entonnoirs; la vaporisation est rapide et le mélange avec l'air s'effectue parfaitement grâce aux nombreuses chicanes de l'appareil qui opèrent un brassage énergique. L'air carburé est aspiré directement au cylindre sans qu'il puisse donc subir aucun refroidissement et partant aucune condensation.

Le fonctionnement est excellent ainsi qu'en témoignent des essais faits en juin 1896, dans les laboratoires de Charlottenbourg, sous les yeux du professeur Slaby. On a pu utiliser de l'alcool à 90, 85, 80 et 70°; les meilleurs résultats ont été obtenus avec l'alcool à 90°, mais on marchait encore bien avec l'alcool à 70°. La consommation a été dit-on, de 450 grammes d'alcool à 90°, de 300 grammes de benzine, de 350 de pétrole lampant et de 340 de pétrole brut (roherdol). J'extrais ces renseignements d'une communication faite en 1897, par M. Petréano, à la Société allemande d'agriculture (*Deutsche Landwirthschafts-Gesellschaft*).

Mais on peut croire que les moteurs à gaz seront longtemps encore condamnés à demander à une circulation d'eau le rafraîchissement de leurs cylindres et à laisser perdre ainsi un tiers du calorique disponible.

Il arrive quelquefois que la congélation de l'eau de circulation restée dans l'enveloppe provoque la rupture des cylindres; cet accident ne se produit que dans des installations mal étudiées, car l'enveloppe doit toujours être munie d'un robinet de vidange permettant de faire écouler l'eau, et un conducteur soigneux n'omettra pas de prendre cette précaution quand il craindra un abaissement de tem-

(1) Voir page 100 et ci-après, au chapitre des carburateurs.

pérature dans la nuit. Mais tous les conducteurs ne sont pas soigneux, et il peut arriver d'ailleurs aux meilleurs d'avoir un instant d'oubli ; c'est pourquoi l'on a inventé des soupapes de sûreté spéciales. M. Rollason perce dans ce but une ouverture dans l'enveloppe et il la ferme par une lame de caoutchouc, dont l'extension est suffisante pour compenser la dilatation de l'eau congelée ; si la pression de circulation l'exige, on peut renforcer cette lame par une soupape chargée. M. Bellamy a eu l'idée de monter sur la conduite d'eau, une boîte de sûreté fermée par un couvercle, qui est maintenue par un ressort ; en cas de congélation de l'eau, ce couvercle est soulevé et son mouvement, transmis par une tringle établie à cet effet, déclenche un levier et ouvre une soupape de vidange disposée en un point bas de la conduite. En ayant la précaution de placer la boîte de sûreté au point le plus froid de la salle de la machine, donc le plus exposé à la congélation, on se donne les plus grandes assurances contre tout accident.

II

Allumage

C'est la fonction capitale des moteurs à gaz tonnant, qui exigent tous une mise de feu.

Le premier procédé employé était électrique : Lenoir se servait d'une étincelle. On crut mieux faire en recourant à un transport de flamme ou à une aspiration, mais c'est l'allumage par incandescence, avec tube de fer, de nickel, d'alliage spécial ou de porcelaine qui a prévalu.

Quelques constructeurs restent néanmoins fidèles à l'électricité, qui a l'inconvénient d'exiger une génératrice, mais dont les facilités d'emploi sont remarquables, car on règle à volonté l'avance et le retard à l'allumage et l'on opère plus aisément les mises en route. En automobilisme, cette solution est sans doute appelée à prévaloir.

On peut enfin provoquer un allumage spontané.

Nous décrivons ci-après quelques dispositifs qui n'avaient pas encore été signalés dans nos deux premiers volumes.

Allumage par transport de flamme.

Ce mode d'allumage n'est plus guère employé : néanmoins il pourrait encore avoir sa raison d'être en certains cas, et c'est un motif pour nous de décrire un dispositif nouveau breveté par M. Blancher.

Cet appareil consiste essentiellement en une tige creuse établie dans le prolongement du piston, et glissant à travers le fond du cylindre ; la compression étant achevée le mélange tonnant pénètre par l'orifice A (fig. 121), traverse le tube capillaire *b*, et vient s'enflammer au contact d'une veilleuse *a*, disposée contre le fond du cylindre. L'évasement de la partie *ba* réduit graduellement la vitesse de la flamme, qui ne risque pas de souffler la veilleuse. Le mouvement rétrograde du piston porte la flamme dans le cylindre.

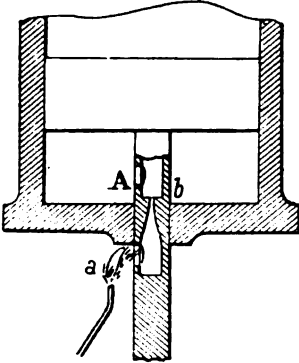


Fig. 121

Il faut observer qu'il n'y a pas de perte de gaz ; une simple lampe à essence suffit pour l'allumage. L'appareil est indé réglable.

Mais la traversée du fond par une tige creuse présente de sérieuses difficultés et l'on peut craindre des grippements si l'ajustement est exact, ou des fuites, si on lui donne du jeu.

Allumage par tubes.

On s'efforce principalement d'augmenter la durée des tubes, d'en faciliter le renouvellement et d'assurer un parfait réglage de l'allumage.

M. Wellington a réussi à construire des tubes d'allumage en poterie *indestructible*, dit son inventeur ; d'après son brevet, le produit serait constitué par 62 parties de kaolin, 4 de craie, 17 de sable, et 17 de feldspath. Ces tubes peuvent recevoir par moulage toutes les formes qu'on désire ; celle de la figure 122 est plus usitée. On fixe le tube au moyen d'un écrou à chapeau, vissé sur le tube d'arrivée du mélange explosif et le joint est fait avec un peu de minium. Il suffit

de deux minutes pour enlever et remplacer un tube brisé. On a cité l'exemple d'un de ces tubes ayant fourni 546 jours de fonctionnement ; un tube en fer marche quelques semaines seulement. Il est vrai que les prix sont en raison inverse de la durée, attendu qu'un tube Wellington coûte 13 francs. Les frais se compensent donc ; il reste à l'avantage du tube en terre qu'une fois porté au rouge, il conserve mieux cette température et qu'il est moins sensible aux variations du brûleur Bunsen et aux courants d'air.

La rupture d'un tube d'allumage peut avoir pour conséquence un arrêt prolongé du moteur ; M. Bellamy y a pourvu, en employant deux tubes échangeables, dont le second entre en service aussitôt que le premier fait défaut.

Chaque tube a sa cheminée et sa soupape d'allumage à rappel, ouvrant le tube au canal d'inflammation sous la poussée d'une touche, commandée par une came. Cette touche peut tourner autour de sa tige : on la fait passer d'une tige à l'autre en cas de rupture.

L'échange des tubes peut même se faire automatiquement ; il suffit pour cela de surmonter la cheminée du tube d'un capuchon, qui sera soulevé par les gaz s'échappant par le tube brisé au moment de la compression et qui opérera de lui-même le retournement de la touche d'attaque de la soupape.

L'allumage donne de sérieuses difficultés dans les moteurs réglés par dosage variable du mélange tonnant, parce que, au-dessous d'une teneur déterminée, le mélange ne s'allume plus. Il faudrait alors pouvoir faire agir aussi le régulateur sur le moment de l'allumage. C'est l'idée qui a été appliquée dans les moteurs Krupp. Le régulateur modifie le calage d'un excentrique, lequel ouvre l'admission du mélange de plus en plus tardivement, dès que le moteur accélère sa marche, mais qui hâte d'autre part le moment où la chambre de compression communique avec le tube. La mise de feu a donc lieu alors au point mort. J'ignore si ce dispositif a justifié les espérances de ceux qui l'ont imaginé.

M. Barray a fait breveter en sa faveur un dispositif permettant d'utiliser un brûleur unique pour l'allumage de deux cylindres con-

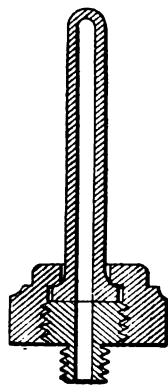


Fig. 122

jugués. Il emploie à cet effet un tube cloisonné en platine monté entre les deux cylindres et fixé sur chacun d'eux par un écrou spécial donnant un joint étanche tout en permettant une certaine dilatation.

Allumage spontané.

C'est Beau de Rochas qui a indiqué le premier la possibilité de faire de l'allumage spontané par compression (1) : on a beaucoup critiqué cette idée du maître, mais elle n'était pas si hasardée qu'aucuns l'ont dit ; la preuve en est qu'on y est revenu.

Dans le moteur à combustion Gardie, après une heure de marche, l'allumage est spontané, par la température même des parois du cylindre ; ainsi ce moteur fonctionne donc sans allumage une fois qu'il a été mis en train et l'on peut interrompre l'étincelle de mise de feu.

Quand on marche à quatre temps et qu'on comprime par conséquent le mélange dans le cylindre moteur lui-même, on pourrait craindre des allumages prématurés : c'est ce qui a amené M. Diesel à comprimer d'abord de l'air pur et à y introduire le gaz combustible seulement au moment où la combustion doit avoir lieu. Dans ces conditions, vu la haute pression de l'air et du gaz et la température élevée des parois, la combustion se fait d'elle-même.

Guthrie, Capitaine, etc. ont recouru aussi à la combustion spontanée dans des moteurs à explosion à deux temps pour lesquels l'opération présente moins d'inconvénients ; des chambres de combustion garnie de terre réfractaire leur ont permis d'emmagasiner assez de calorique dans leurs parois pour assurer l'allumage sans aborder des compressions trop fortes. Daimler a plus tard réalisé un allumage spontané dans un moteur à quatre temps du genre Otto.

Le chose est même devenue commune dans les moteurs à pétrole ; citons l'exemple du moteur Akroyd, dans lequel on injecte le pétrole dans une chambre de compression séparée du cylindre par un conduit d'une certaine longueur, qui régularise la mise de feu.

Dans le moteur à pétrole Clayton, le vaporisateur consiste en une boîte cylindrique à double paroi, boulonnée contre la culasse du cy-

(1) Il sera possible, disait-il dans la spécification de son brevet, de déterminer la limite de compression à laquelle l'inflammation deviendrait inévitable et d'y conformer l'appareil.

lindre; l'huile est injectée par une pompe dans l'espace annulaire ménagé entre les deux parois; l'appareil d'allumage spontané en occupe la partie centrale et il se trouve donc placé sur le prolongement de l'axe du cylindre, au fond de la chambre de combustion.

Cet allumeur est formé d'un petit cylindre muni d'une aiguille axiale en acier, entourée par des bandes d'amiante et maintenue en place par un chapeau perforé, vissé en bout de ce petit cylindre; l'arrière est percé de lumières d'aération. Une tige, vissée dans le couvercle de la culasse, supporte cet ensemble et permet de le retirer d'une pièce quand on veut l'examiner ou le nettoyer. L'aiguille est portée au rouge par les premières explosions et elle opère les mises de feu avec une sécurité que réalisent rarement les autres allumeurs de ce genre.

Allumage électrique.

L'allumage électrique n'a guère regagné les faveurs des inventeurs; et pourtant, les facilités de réglage et de mise en train qu'il présente devraient dans certains cas lui faire donner la préférence. Mais la sujétion de l'entretien d'une pile effraye les industriels qui se servent des moteurs et, en attendant qu'on ait découvert une source d'électricité et une bobine d'induction qui ne demande aucun soin, on continue de réclamer des appareils d'allumage par incandescence.

Ce n'est pas qu'on ne possède des piles excellentes et j'en ai cité dans mon tome II, page 297, plusieurs qui sont fort recommandables: je signalerai encore ici un nouveau modèle de pile du système de Lalande, qui donne de bons résultats. Elle est construite par MM. Digeon et C^{ie} (ancienne Société de Branville et C^{ie}).

Dans cette pile (fig. 123), les zincs, de forme simplifiée, sont cylindriques et suspendus aux parois des vases de verre. Ces vases sont moulés par le procédé Appert et présentent toutes garanties de solidité. Le liquide excitateur est une solution alcaline de potasse. Les charges d'alcali sont renfermées dans des boîtes de fer-blanc munies d'un couvercle à fermeture hermétique, ce qui en assure indéfini-

(1) Tome II, page 270.

ment la conservation ; la dissolution est d'ailleurs rendue facile et rapide. Pour l'opérer, on perce à la pointe quelques petits trous au

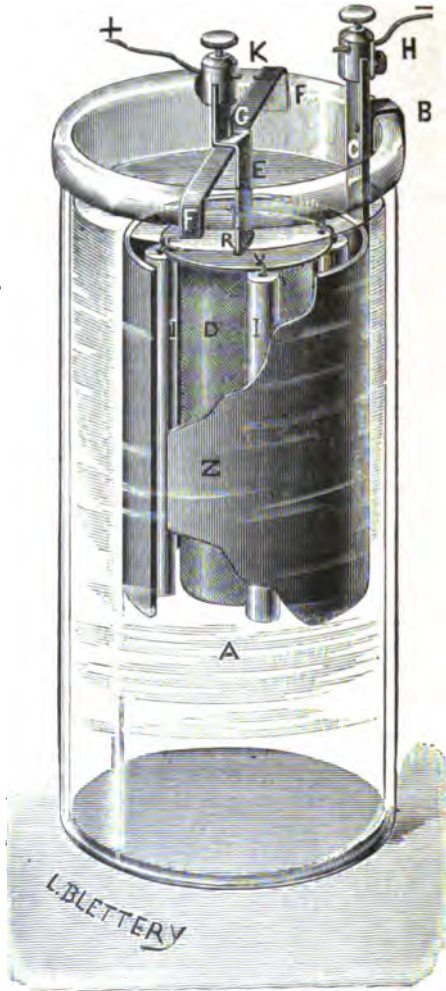


Fig. 123. — Pile Lalande (Digeon).

fond de la boîte opposé au couvercle ; on enlève ce couvercle et on le remplace par un fond perforé. Le vase de pile étant rempli d'eau, on y introduit cette boîte en la retournant, opération facilitée par un anneau soudé sur le fond. La dissolution terminée, on jette cette

boîte et on agite fortement le liquide au moyen d'une baguette de verre. C'est alors seulement qu'on introduit les électrodes.

L'électrode conductrice et le corps dépolarisant sont constitués par un cylindre de cuivre rempli d'oxyde du même métal, renfermé dans une boîte en tôle perforée entourée d'un tissu poreux sans résistance appréciable; il en résulte que les dépôts métalliques sur les zincs sont presque entièrement supprimés, ce qui évite tout court-circuit. L'électrode est portée par une lame conductrice, entourée de quatre isolateurs de porcelaine, qui maintiennent le centrage des diverses pièces.

Il existe trois modèles de ces éléments dont voici les constantes :

	Grand modèle	Moyen modèle	Petit modèle
Hauteur . . .	0 ^m ,87	0 ^m ,325	0 ^m ,20
Diamètre . . .	0 ^m ,18	0 ^m ,15	0 ^m ,115
Capacité . . .	600 ampères-heure	300	75
Résistance. . .	0 ^m ,003 ohm	0 ^m ,05	0 ^m ,25
Débit normal . .	5 ampères	3 à 4	1
Débit forcé . .	15 à 20 ampères	8 à 10	2 à 3

La force électromotrice de ces éléments est de 0,9 volt : deux éléments remplacent donc une pile Bunsen ou au bichromate.

La pile que nous venons de décrire ne nécessite aucun entretien ; sa consommation est proportionnelle au travail. Pour augmenter la durée des éléments, on recouvre l'eau acidulée d'une couche de quelques millimètres d'huile lourde. La constance reste parfaite jusqu'à épuisement ; mais comme les zincs, l'oxyde et la potasse s'usent simultanément, on remplace tout à la fois.

Pour actionner une bobine de moteur, il convient de prendre quatre éléments, du moyen modèle ; ils durent six mois au régime de six heures de travail par jour.

On ne saurait demander mieux.

L'emploi des accumulateurs s'est peu répandu ; c'est qu'en effet, leur charge impose une sujétion gênante, sinon coûteuse. Mais écartons les cas dans lesquels cette charge est impossible ou tellement difficile que les batteries sont proscrites par le fait même ; il reste néanmoins bien des installations qui tireraient un excellent parti d'un accumulateur de grande capacité.

Il est d'ailleurs toujours loisible de recourir au procédé de M. Mors, lequel adjoint à l'accumulateur une petite magnéto de charge, qui lui restitue, aussitôt que le moteur marche, l'électricité dépensée au moment du démarrage. On gagne ainsi l'avantage très appréciable de pouvoir mettre le moteur en route, quand on veut, de le faire instantanément et de constituer une source d'électricité d'une admirable régularité. L'étincelle peut être obtenue soit par une bobine d'induction à interrupteur-trembleur automatique, ou bien par une fermeture périodique du circuit primaire. Le premier procédé est le meilleur.

M. Duflos a proposé d'employer dans les mêmes conditions une magnéto à courants alternatifs qui rend inutile le trembleur de la bobine de Rhumkorff et évite les inconvénients résultant de son dérèglement. Mais cet avantage est racheté par la complication des interrupteurs nécessaires pour utiliser le courant continu fourni par la batterie lors de la mise en marche; de plus, on ne peut plus charger l'accumulateur par le courant de la magnéto. Cette solution que plusieurs revues ont préconisée, ne nous paraît donc pas recommandable sans restriction.

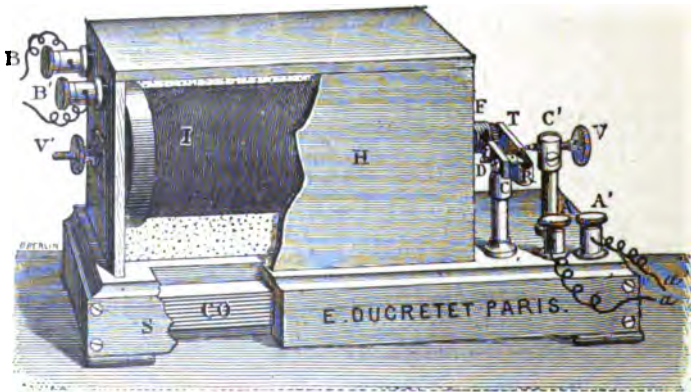


fig. 124

MM. Ducrétet et Lejeune, de Paris, construisent des bobines spéciales pour allumage de moteurs, donnant une étincelle courte, mais chaude. Elle est représentée sur la figure 124; la bobine induite I est noyée dans une enveloppe de résine renfermée dans une caisse quadrangulaire H qui la met à l'abri de tout choc extérieur.

Le condensateur est placé, comme d'habitude, dans le socle de l'appareil, et l'interrupteur à ressort R est fixé sur la colonne C ; il se compose d'une palette de laiton flexible, dont on règle la course par les vis V ; à l'opposé se trouve une vis V', qui agit sur le noyau magnétique F, qu'elle permet de faire avancer plus ou moins. Le courant primaire entre par les bornes A et A' : le circuit induit aboutit aux bornes B et B', qu'on relie aux bornes d'allumage.

Il faut avoir soin d'entretenir les pointes de l'interrupteur, que l'extra-courant de rupture tend à altérer assez rapidement.

M. Cohendet a inventé une machine statique, qui donne une étincelle assez chaude pour l'allumage, qui ne se désamorce pas et qui n'est pas trop sensible à l'humidité : elle a paru à l'Exposition de l'Automobile-Club, où elle a été fort remarquée.

III

Régulateurs.

L'extension des moteurs à gaz aux services les plus divers et notamment à l'éclairage électrique a fait croître les exigences des industriels qui les emploient ; on demande aujourd'hui non seulement une grande régularité cyclique (1), mais encore une régularité moyenne qu'on obtiendrait à grand'peine des meilleures machines à vapeur. Les moteurs à explosion à quatre temps sont pourtant assez mal conditionnés à cet égard, il faut bien le reconnaître, puisqu'ils doivent maintenir l'égalité entre le couple moteur et le couple résistant par application *de tout ou rien* ; c'est en effet le seul moyen de leur conserver un bon rendement. Sacrifie-t-on au contraire ce principe, en agissant sur la composition du mélange, on réalise, il est vrai, une régularité remarquable par la suppression des passages à vide, mais on s'expose aussitôt à des ratés et à des combustions incomplètes qui compromettent gravement le rendement.

(1) Voir à ce sujet tome II, page 150.

Il est assez difficile d'échapper à ce dilemme. M. Letombe a cherché une solution du problème dans une variation de la compression, laquelle aurait pour effet de réduire par en bas la surface du diagramme et de diminuer conséquemment le travail moteur par coup de piston ; on diminuerait de la sorte la puissance tout en augmentant le rendement thermique. L'idée est assurément heureuse, et nous avons déjà dit ce que nous en pensons.

M. Heirman (1) a proposé un cycle nouveau, dont nous avons indiqué précédemment la forme, et qui pourrait bien contribuer lui aussi à améliorer la régularité des moteurs. Cet ingénieur admettrait dans le cylindre un mélange comprimé à l'avance, dans un réservoir spécial ; la quantité admise varierait, sous la dépendance du régulateur et l'explosion ne se produirait qu'au moment même de la fermeture de la soupape d'admission. On réaliserait ainsi une détente variable d'un mélange tonnant de richesse invariable, absolument comme dans la machine à vapeur. Il est indéniable que cette manière d'opérer aurait d'heureux résultats au point de vue de la vitesse et du rendement ; mais elle soulèverait d'autres critiques, que nous avons déjà exprimées et que nous ne redirons pas ici.

Le même ingénieur a eu une autre idée, à laquelle nous devons aussi une mention : il a proposé de relier le moteur aux outils et appareils qu'il commande par une transmission annulaire à cônes d'Ewans (2) à vitesse variable. On transmettrait le travail du moteur à l'un des cônes et l'on attaquerait les appareils d'utilisation par l'autre. Un régulateur agirait sur l'anneau pour lui faire prendre une position d'équilibre proportionnant le travail du moteur à la demande qui lui en serait faite par l'appareil d'utilisation ; la vitesse du moteur varierait, mais non pas celle de l'appareil qu'il commande ; le diagramme du moteur resterait identique et le travail total développé se réglerait uniquement par le nombre de tours effectués par le moteur en une minute. En d'autres termes, on régulariserait le travail développé en agissant, non plus sur l'un des éléments du travail, la force, mais sur l'autre, la vitesse. Ce procédé est compliqué, mais il n'est pas toujours irréalisable et nous entrevoyons des cas dans lesquels on l'appliquerait avantageusement.

(1) *Quelques mots sur la question des moteurs à gaz pauvres*, Bruxelles 1897.

(2) Voir ce qui sera dit de l'embrayage Ewans au chapitre suivant, page 404.

Les difficultés de réglage que présentent les moteurs à compression et explosion constituent un des plus solides arguments qu'on puisse faire valoir en faveur des moteurs à combustion : c'est à ce point de vue qu'il faut se placer pour discuter les mérites relatifs des deux genres de machines, quand on aborde les grandes puissances, de 300 ou 400 chevaux par cylindre ; l'avantage théorique du cycle à explosion disparaît alors devant les inconvénients pratiques de ces déflagrations brutales, qu'on atténue, il est vrai, mais qu'on ne saurait amortir entièrement. Certaines ruptures d'arbres, de manivelles et de cylindres pourraient être rappelées pour appuyer ici notre opinion.

On dispose, en moteurs à gaz, d'un grand nombre de moyens de régler la marche ; énumérons-les pour mémoire.

Fermeture de l'admission du gaz (tout ou rien) ;

Suppression totale de l'admission du mélange ;

Même suppression, quand l'admission se fait par une soupape automobile, en laissant ouverte la soupape d'échappement ;

Admission d'air seule avec suppression de la compression ;

Fermeture de l'échappement ;

Variation du point d'allumage ;

Variation du dosage du mélange ;

Variation du volume du mélange admis.

Il est évident que ce dernier moyen paraît le meilleur de tous ; mais il n'est directement applicable qu'aux moteurs à combustion. Toutefois dans les moteurs Charon, Niel, Champion, etc., il y a variation du volume admis, mais avec changement de compression ; M. Ganz fait varier aussi le volume en maintenant sa richesse ; M. Letombe a eu l'idée de faire de la surcompression quand le volume admis diminue et s'appauvrit. Toutes ces solutions présentent un égal intérêt.

Nous avons déjà décrit un grand nombre de régulateurs, en faisant ressortir leurs avantages particuliers et leurs dispositions spéciales : nous ne reviendrons pas sur ce qui a été dit.

Signalons toutefois une intéressante modification de l'excellent régulateur Crossley, que l'on dispose horizontalement, ainsi qu'on le voit sur la figure 125. Dans les gros moteurs, ce régulateur est actionné directement par le gros pignon, et non plus par un engre-

nage claveté sur l'arbre de distribution ; le jeu combiné de ces mul-

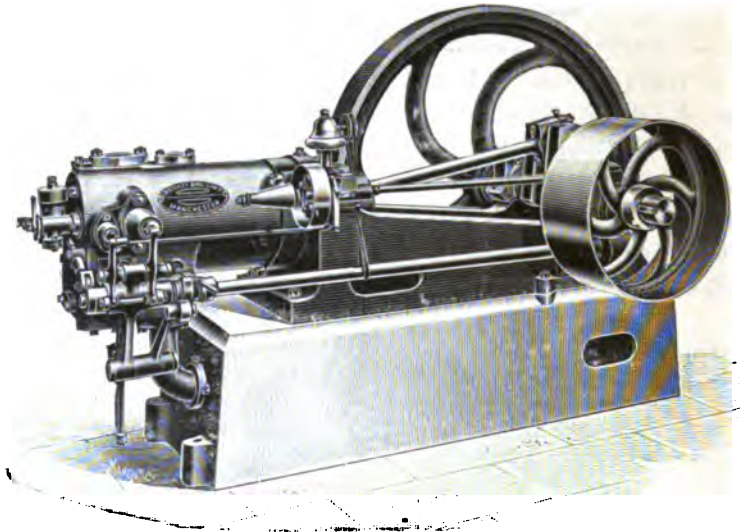


Fig. 125

tiples engrenages avait le défaut quelquefois de nuire à la sensibilité du régulateur.

Régulateur Simplex.

Les ingénieurs habiles, qui ont créé le moteur Simplex, MM. Delamare-Deboutteville et Malandin, ont fait breveter un nouveau dispositif de régulateur à air, qui présente des particularités originales pratiques et de nature à assurer une régularité parfaite.

Voici d'abord la légende relative à la figure 126 :

T, glissière animée d'un mouvement horizontal de va-et-vient ;

R, ressort en boîte, à tension réglable par les écrous X ;

M, couteau maintenu horizontal par le ressort R ;

N, tige de la soupape à gaz ouverte sous la poussée du ressort M.

Le couteau M est articulé sur l'axe A, muni d'un étoquiau E qui limite ses positions extrêmes ; ce couteau porte lui-même un étoquiau P qui s'enclenche à un moment donné sur un ressort plat S. Dans le mouvement de va-et-vient du régulateur, ce ressort S vient à cha-

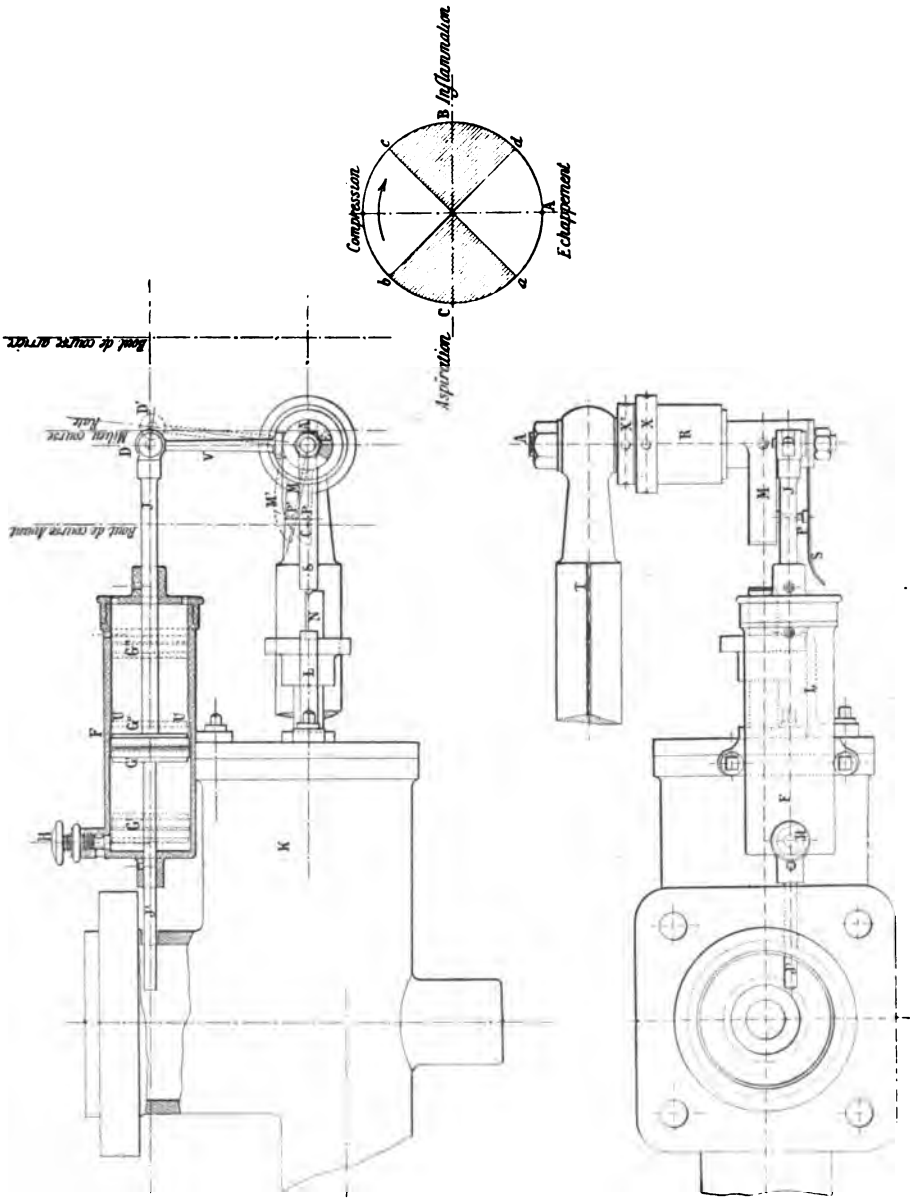


Fig. 126. — Régulateur Simplex.

que course rencontrer un butoir fixe L, qui l'écarte de la quantité nécessaire pour dépasser l'étoquiau P et laisser retomber le couteau lorsqu'il a été enclenché.

F, cylindre métallique alésé à deux diamètres différents réunis par le raccordement conique V situé vers son milieu ;

G, piston traversé par la tige JJ', laquelle porte en son extrémité une chape D faisant charnière ; celle-ci commande le couteau M par l'intermédiaire de la bielle V ;

H, trou de fuite, fermé plus ou moins hermétiquement par une vis.

Le fonctionnement de l'appareil est aisément compréhensible. La pompe à air F, commandée par l'arbre à demi-vitesse du moteur à quatre temps, admet et refoule $\frac{n}{2}$ cylindrées quand le moteur fait n tours ; mais la vis H, convenablement réglée, laissera s'échapper cet air, à moins que toutefois la vitesse ne s'accélère. Dans ce cas, il s'accumulera derrière le piston une certaine quantité d'air comprimé qui créera une résistance et fera lever le couteau M par l'intermédiaire de JDV. Cette résistance étant devenue suffisante pour amener M dans la position M', l'étoquiau P passera au-dessus du ressort S et s'y accrochera, grâce à la tension de ce ressort plat ; le couteau ne rencontrera donc plus la tige N de la soupape à gaz et l'admission sera suspendue.

Mais, dans le mouvement avant, S rencontre le butoir L, qui l'écarte d'une quantité suffisante pour permettre à l'étoquiau P de retomber dans la position horizontale ; le couteau M revient alors en arrière et le mouvement recommence comme il vient d'être dit.

L'épure dessinée à côté de la figure montre que le piston B aspire de l'air de C en B et le refoule depuis B jusqu'en A. C'est alors que le piston tombe dans la chambre de plus grand diamètre d'alésage ; l'air n'a plus ainsi d'action sur le piston et M retombe dans sa position horizontale d'équilibre, à moins qu'il ne se soit élevé assez pour enclencher dans la position M'. La position G'' du piston correspond à cette position M' du couteau.

Cet appareil a une sensibilité remarquable, ainsi que nous l'avons constaté sur le moteur installé à Seraing, aux ateliers Cockerill, et qui est alimenté de gaz de hauts fourneaux de richesse variable : grâce à ce régulateur, ce moteur marche avec une grande régularité.

Régulateur Capitaine.

Dans le moteur Capitaine, la régulation s'effectue par la pompe d'alimentation de pétrole et par la soupape de décharge ; la vitesse ayant pris une allure supérieure à celle de régime, la pompe cesse de fonctionner et la soupape de décharge ne se ferme plus. Ce double résultat est obtenu par l'action d'un régulateur à choc très curieux, représenté par les figures ci-dessous.

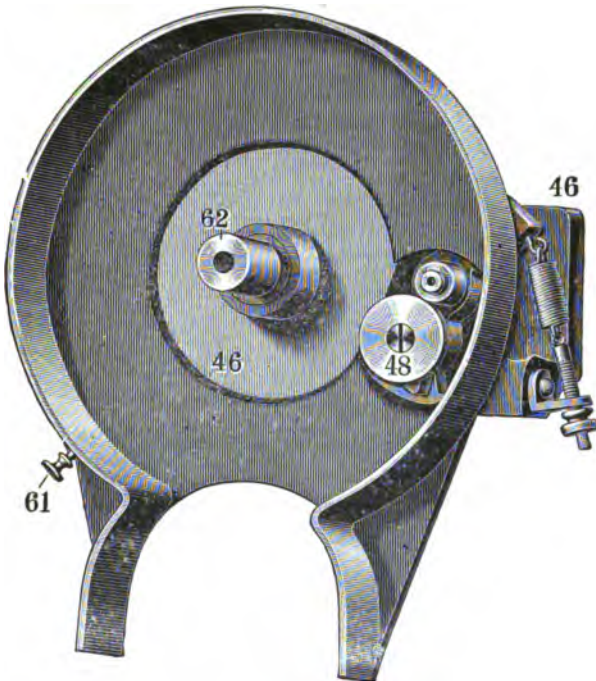


Fig. 127. — Régulateur Capitaine.

Le mouvement est transmis de l'arbre de couche à un arbre auxiliaire 62 par une paire d'engrenages entourés d'une enveloppe de protection 46 ; l'arbre 62 est muni d'une came 59, agissant sur le galet 58 porté par l'arbre 57 (fig. 127).

Or, la grande roue dentée du train d'engrenages présente elle-même un bossage, qui bute contre un autre galet, marqué du numéro 48, fixé sur la pièce 47, laquelle est maintenue par un ressort à

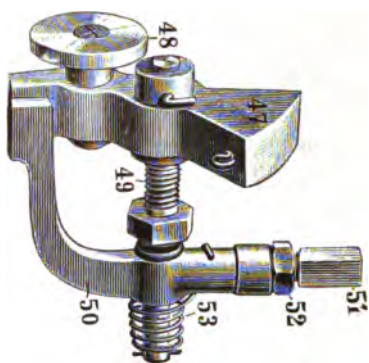


Fig. 128

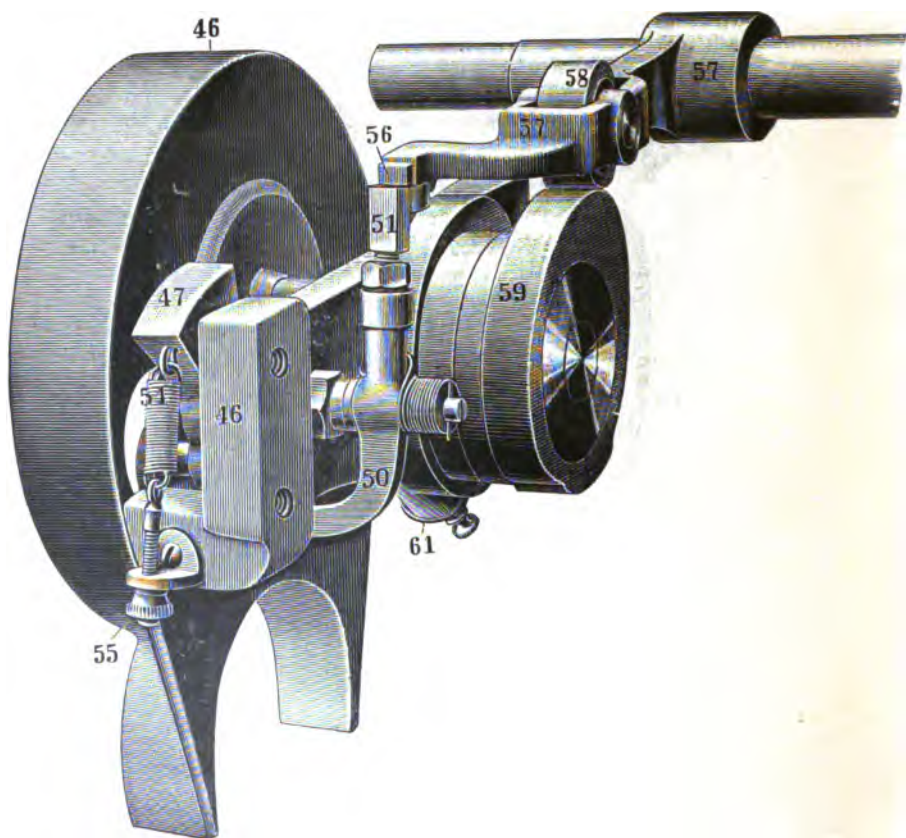


Fig. 129. — Commande du régulateur Capitaine.

boudin 54, visible sur la figure 128 ; les chocs du bossage font osciller cette pièce 47 et avec elle le balancier 50. Plus la vitesse du moteur est grande, plus ces chocs sont répétés ; pour un rythme déterminé, c'est-à-dire pour un nombre de tours voulu, le balancier 50 est déplacé de telle façon que son extrémité 51 vienne se placer sous le menton 56 du levier supportant précisément le galet 58. Pour cette position, ce galet n'est plus touché par la came 59 et il y a immobilité de l'arbre 57, auquel est dévolu la fonction de régulation. Les impulsions motrices cessent donc et la vitesse ralentit. Le nombre et la violence des chocs sur 48 diminuant, le ressort ramène la pièce 47 dans sa position première, et le moteur redevient actif.

On comprend que le déplacement de cette pièce 47 est fonction à la fois de la vitesse de la machine et de la tension du ressort ; on réglera donc au régime voulu l'allure du moteur en tendant plus ou moins ce ressort 54 par la vis molletée 55. Ce type de régulateur est original et nouveau et son action est très efficace ; on a d'ailleurs, de grandes facilités pour établir la vitesse que l'on veut.

Régulateur Japy

Le moteur Japy porte un très intéressant et très sensible régulateur à boules, logé dans la poulie, qui remplit sa fonction avec une grande aisance et maintient rigoureusement la machine à la vitesse que l'on veut. Il est représenté en coupe et élévation sur la figure 130.

Deux leviers à boules massives agissent sur une bague, portant un cône ou un plan incliné ; une augmentation de vitesse donnant la prépondérance à la force centrifuge sur la tension du ressort qui relie les boules, les boules s'écartent et tirent en dehors la bague et son cône. Un galet appuyant sur le cône est donc plus ou moins écarté de l'axe et le levier qui le porte transmet ce déplacement à un second levier, qui vient pousser un verrou d'enclenchement contre la tige de la soupape de décharge. Ce verrou cale la soupape et la maintient ouverte aussi longtemps que s'exerce son action. Le moteur ne prend donc plus de mélange tonnant par sa soupape automobile d'admission et la vitesse ralentit fatalement.

Il faut observer que la plus faible variation de vitesse suffit pour

enclencher la tige de la soupape de décharge, car le rapport des leviers est très grand et le verrou n'exige qu'un très minime déplacement pour agir. Pour que le verrou fonctionne bien, il importe qu'il

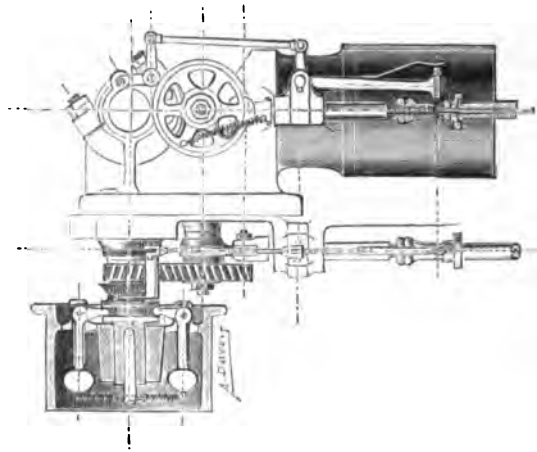


Fig. 130. — Régulateur Japy.

y ait un millimètre environ de jeu entre le crochet du verrou et l'arrêt de la tige, de façon à ce que cet arrêt ait le temps de se dégager pendant que la came fait reculer la soupape.

En modifiant la tension du ressort à boudin reliant les deux boules, on règle la vitesse à son gré.

Régulateur Dawson.

Ce régulateur est placé dans le volant même de la machine, et il mérite d'être décrit pour sa simplicité et son ingéniosité.

Une masse centrifuge *M*, oscillante autour du piston *o*, mais rappelée vers le centre par le ressort à boudin *R*, participe au mouvement du volant. Les déplacements de *M*, sous l'action de la force centrifuge, fonction de la vitesse de rotation, ont pour effet de changer le rayon et le calage de l'excentrique *a*, lequel agit sur le levier *L* d'admission du gaz, par l'intermédiaire du galet *b*, pivoté sur l'extrémité de ce levier. La tension du ressort se règle à volonté en agissant sur l'écrou *e*.

Ce genre de régulateurs est très sensible, mais on ne peut évidem-

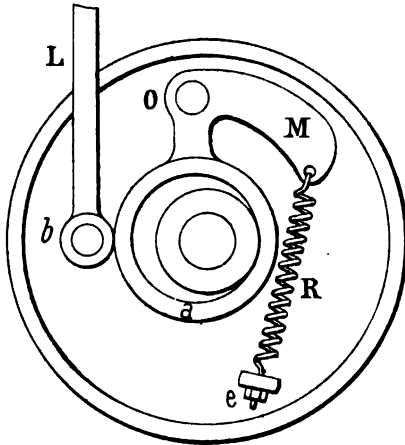


Fig. 131

ment pas les régler en marche, ce qui est, d'ailleurs, un léger inconvénient.

IV

Carburateurs.

Je croyais avoir épuisé dans le tome II la description des divers modèles de carburateurs qu'on pouvait imaginer ; il n'en est rien cependant, car on prend tous les jours de nouveaux brevets et l'on invente des dispositifs différents. Ce n'est pas à dire qu'ils présentent tous des innovations essentielles ou des perfectionnements remarquables, mais il s'y présente des modifications de détail souvent intéressantes et qui pourront contribuer à faire découvrir enfin des appareils de carburation opérant un mélange intime du combustible avec le comburant et ne s'encrassant jamais.

Nous décrirons donc à la suite un certain nombre d'appareils et nous présenterons enfin quelques lampes à pétrole destinées à chauffer les carburateurs et les tubes d'allumage.

Carburateur Fessard.

C'est un carburateur agissant par pulvérisation et vaporisation. Il se compose d'un vase à niveau constant, d'un pulvérisateur à double ajutage et d'un serpentin vaporisateur.

Le niveau est maintenu constant dans le vase par un robinet à flotteur, qui débite le pétrole reçu en charge au fur et à mesure que la consommation tend à faire baisser le niveau. Le pétrole est aspiré dans le pulvérisateur. Cet appareil comporte deux ajutages disposés angulairement, dont on règle la distance par le vissage plus ou moins complet de l'un ou de l'autre dans la boîte constituant le corps du pulvérisateur; l'ajutage vertical amène le pétrole, l'autre permet l'entrée de l'air puisé dans l'atmosphère et appelé par le jeu même du moteur.

Le vaporisateur est formé d'un serpentin dont les spires sont enroulées sur la cheminée d'allumage du moteur; il est traversé par le courant d'air et de pétrole pulvérisé. On peut aussi loger ces spires dans la cheminée elle-même et on augmente ainsi l'activité de l'appareil.

La constance du niveau dans le vase assure une régularité parfaite de la marche du moteur; la pulvérisation a pour effet de produire un mélange intime du comburant et du combustible, et de contribuer à une combustion entière et complète. Enfin l'ensemble de cet appareil est très ramassé, peu encombrant et il se place très facilement sur les moteurs.

Appliqué au moteur Pygmée, ce carburateur a donné les meilleurs résultats.

Carburateur Southall.

Brayton avait, dans son premier moteur, utilisé pour la carburation une boîte garnie de filasse, qu'il imbitait de pétrole par une pompe d'injection et à travers laquelle l'air était appelé dans le cylindre (1). Southall revient à ce procédé, et il l'applique de la manière suivante.

(1) Cf: Tome I^{er}, page 113.

Une mèche M, ayant la forme de la figure 132, trempe par ses deux bouts libres dans un godet d'huile A à niveau constant : la constance du niveau est obtenue par une sorte de flacon de Mariotte B, dont le tube d'écoulement débouche dans A, de sorte que l'air ne puisse y

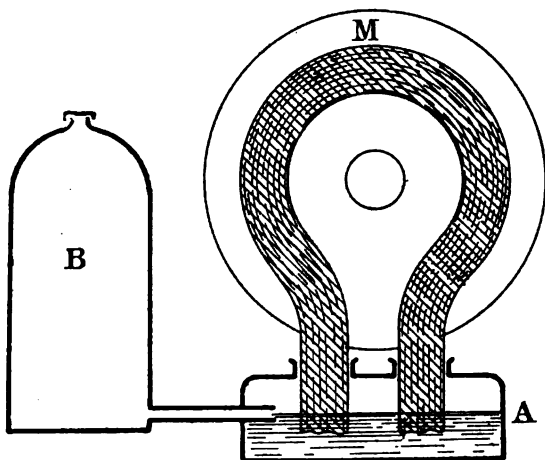


Fig. 132

rentrer que lorsque l'orifice de ce tube est découvert. La mèche est encastree dans un canal circulaire, dans lequel est pratiquée une série de trous que l'air doit traverser pour aboutir à la soupape d'admission du cylindre; cet air entraîne avec lui de fines gouttelettes d'huile, cédées par la mèche. Le mélange carburé passe alors par une chambre à haute température qui complète la gazéification et contribue à assurer l'homogénéité du produit.

Carbureteur Petréano.

Cet appareil est un des derniers par ordre de date et c'est pour cela sans doute que c'est un des meilleurs (fig. 133).

Un tube central r est parcouru par les gaz de la décharge, qui élèvent sa température et celle du cylindre V dont il est enveloppé : le tube est garni d'une chemise en tissu d'amiante d , spongieux et perméable, constamment humecté du carbure liquide, lequel est introduit dans le cylindre par un orifice pratiqué à la partie supérieure

du cylindre; l'air à carburer y pénètre par un second orifice, visible sur la droite de notre dessin.

Quatre entonnoirs, dont deux sont eux-mêmes garnis d'amiante, forment des chicanes dans le cylindre V et obligent le carbure et l'air

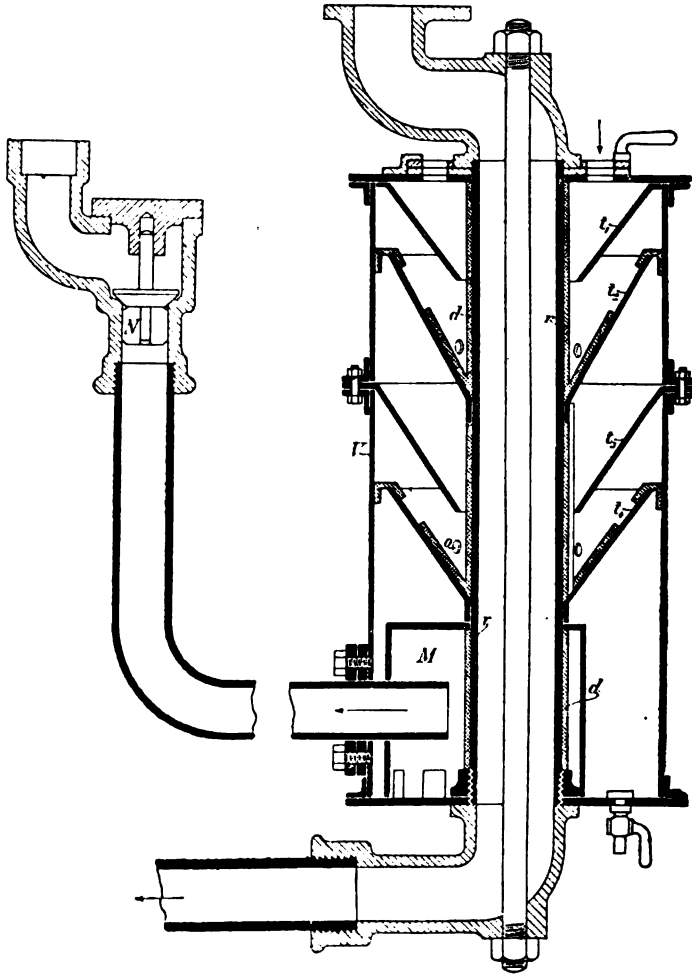


Fig. 133

de se mêler et de se diffuser entièrement l'un dans l'autre. On a ménagé ainsi dans cet appareil de larges surfaces d'évaporation. L'air

carburé arrive finalement dans la chambre inférieure M et il passe de là au cylindre, à travers la valve d'admission N.

Les trous O percés à la base des cônes ont pour objet de laisser couler les huiles plus denses et moins volatiles, dont l'évaporation est plus difficile et qui nuisent à la régularité du fonctionnement des appareils à carburation. Ces huiles lourdes s'accablent au fond du caisson V et on les en extrait de temps en temps par le robinet placé sur le fond.

Le carburateur Petréano a l'avantage de former un mélange très homogène, dont la combustion s'opère dans les meilleures conditions dans le cylindre.

On a réussi à appliquer cet instrument à la vaporisation des alcools et les résultats obtenus ont été excellents, s'il faut en croire les documents qu'on nous a fournis, et dont nous avons déjà parlé ci-dessus.

Vaporisateur Capitaine.

Ce vaporisateur, qui est en fonte, est pourvu de grandes ailettes, marquées par le chiffre 2 sur la figure 134 ; il est fixé sur la traverse 5, qui lui débite le pétrole par l'orifice 11. Un appel d'air est fait à travers le carburateur, et on lui adjoit quelquefois un pulvérisateur qui n'est pas représenté sur notre dessin. L'extrémité ouverte 10 pénètre jusqu'au centre de la chambre d'explosion. A la mise en route, on chauffe les ailettes par une lampe à pétrole ou un éolypile ; une enveloppe isolante recouvre l'appareil, pour empêcher son refroidissement. Après dix minutes de fonctionnement, l'explosion du moteur suffit pour maintenir la

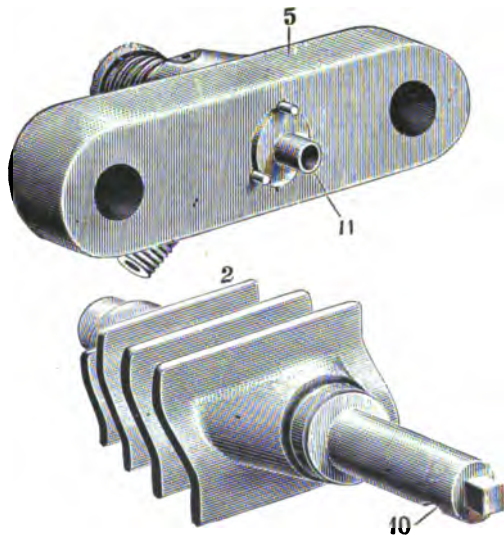


Fig. 134. — Vaporisateur Capitaine.

température des ailettes au degré voulu. Il convient de se rappeler que cet appareil sert à la fois, dans le moteur Capitaine, de carburateur et d'inflammeur.

Dans certains moteurs, le vaporisateur est introduit entièrement dans la chambre de combustion et sa température est ainsi maintenue plus sûrement.

Vaporisateur Fielding.

Ce carburateur est parfaitement étudié : il se compose d'un tube N dans l'axe duquel est injecté le pétrole par l'orifice B. L'air, chauffé d'abord dans le tube P, vient se mêler au carbure avant d'être admis au cylindre, à travers la valve à tige verticale, placée entre le vaporisa-

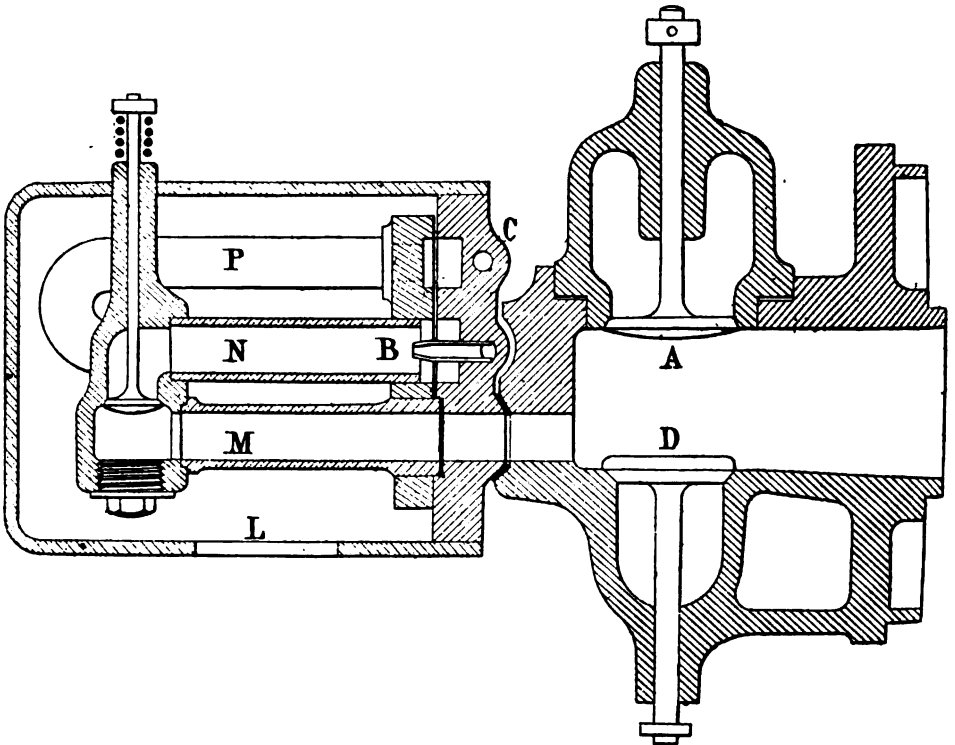


Fig. 135. — Vaporisateur Fielding.

teur N et le tube à allumage M. Tout l'appareil est logé dans une caisse cubique, chauffée par une lampe dont la flamme pénètre par l'ouverture L.

Ce carburateur est appliqué contre la culasse du cylindre ; A est la soupape d'admission d'air, D est la soupape de décharge.

C'est une idée fort rationnelle que d'avoir groupé ainsi dans une chambre close les tubes de chauffage d'air, de vaporisation et d'allumage.

Vaporisateur Campbell.

L'air est aspiré dans le cylindre par le piston moteur à travers la conduite F ; il suit le canal B, formant le corps du vaporisateur, et entre par l'ouverture A, qui débouche dans l'atmosphère : la soupape S est donc la soupape d'admission et l'on voit, sur la figure 136 qu'elle est automobile. Le pétrole est débité par le canal a, à travers les trous multiples percés dans le siège même de la soupape. Le vaporisateur est chauffé par la lampe L ; il est entouré d'une chemise isolante, percée d'ouvertures suffisantes pour que le tirage se fasse dans de bonnes conditions. La même lampe chauffe le tube d'allumage D.

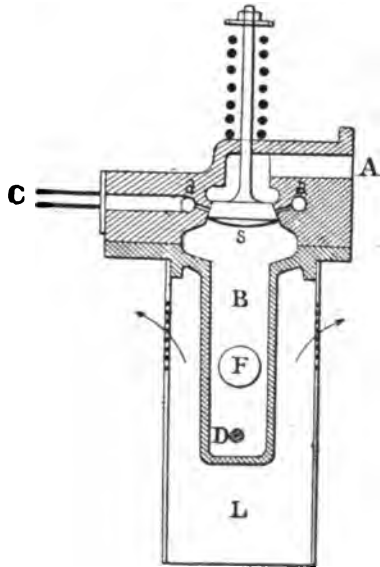


Fig. 136

En somme, le pétrole est divisé par les trous multiples du siège, il est vaporisé par l'enceinte B et entraîné par l'air allant de A vers F dans le cylindre.

Cet appareil fort simple fonctionne bien, mais sa puissance de vaporisation paraît assez réduite et il y a lieu de veiller à ce que la chambre B soit maintenue bien chaude, lorsque le moteur travaille à pleine charge.

Vaporisateur Howard.

Le pétrole est vaporisé dans un véritable générateur chauffé par une lampe à courant d'air forcé. Il consiste en un corps quadrangulaire en fonte, dans lequel sont ménagés côte à côte deux conduits cylindriques A et B (fig. 137) et, en dessous d'eux, un canal *c* de section rectangulaire, constituant en réalité le gazéificateur le plus actif. Le pétrole pulvérisé arrive, par l'ajustage D, sous un état de division extrême, avec le courant d'air qui l'entraîne.

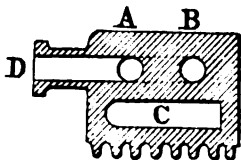


Fig. 137

Le vaporisateur, pourvu d'aillettes à sa partie inférieure, est placé obliquement dans une cheminée, dont les parois sont revêtues d'amiante, et que chauffe le chalumeau formé par la lampe: le métal est donc maintenu à une température très élevée. L'inflamateur du moteur est toutefois installé dans la même enceinte, au-dessous du vaporisateur, de manière à recevoir le premier coup de feu et à parer à une détérioration rapide de la fonte.

La poussière d'hydrocarbure entre en A et elle y rencontre un courant d'air chaud, venant de traverser le canal parallèle B; combustible et comburant se trouvent mélangés par le remous formé et ils pénètrent ensemble, par une boîte de raccord, dans la partie la plus basse du canal *c*, où la vaporisation se complète, en même temps que les vapeurs se surchauffent. Le moteur est ainsi alimenté d'un mélange tonnant parfait et à haute température, car la chapelle d'admission est en contact et à la suite immédiate du vaporisateur.

Le réglage du moteur Howard est effectué par un dosage de la quantité du liquide injecté dans le pulvérisateur; le régulateur modère la vitesse en faisant échapper la tige de la pompe à pétrole au doigt qui la commande.

Vaporisateur Akroyd.

C'est une ingénieuse idée que de confier au vaporisateur lui-même, le réglage de sa température; ce réglage s'impose d'ailleurs dans les moteurs dans lesquels, comme dans le moteur Hornsby-Akroyd,

l'allumage se fait spontanément à la suite de la compression du mélange dans le vaporisateur. En effet, un excès de température expose à des allumages prématurés ; une température trop basse peut d'autre part empêcher l'allumage et donner des ratés.

M. Akroyd place l'admission d'air sous la dépendance d'un appareil autorégulateur, qui fait passer l'air par des chemins différents suivant le besoin (fig. 138).

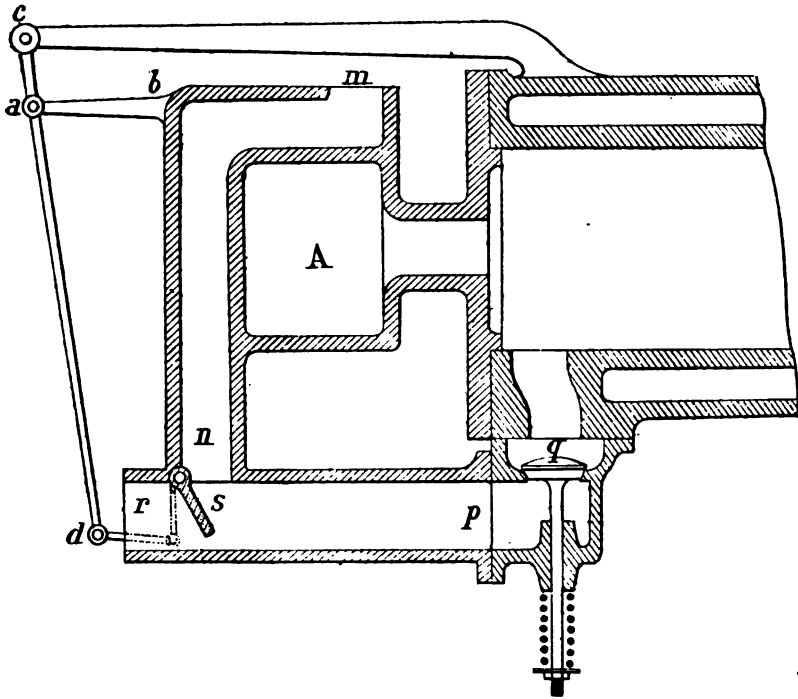


Fig. 138

La dilatation du bras *ab* fait mouvoir le levier *cd*, lequel ouvre plus ou moins le clapet *s* ; ce clapet étant fermé, l'air passe entièrement par le canal *m n p q* en longeant le vaporisateur A. La température de cette enceinte A venant à baisser pour une cause ou l'autre, *ab* se contracte et le clapet vient barrer plus ou moins le chemin précédent et une partie de l'air entre alors directement par l'ouverture *r*. Le vaporisateur n'étant alors plus réfrigéré par le courant d'air, sa température monte et le clapet obture de nouveau plus ou moins l'en-

trée r par laquelle l'air a libre accès vers la soupape d'admission figurée en q .

Ce dispositif a l'avantage de chauffer l'air admis au cylindre : ce moteur fonctionne donc sans le secours d'aucune source de chaleur extérieure ; la lampe ne sert que pour la mise en train, ainsi que nous l'avons dit en décrivant précédemment ce moteur (1). L'auto-régulation du vaporisateur a pour effet de mieux assurer le fonctionnement de l'allumage spontané par compression en évitant les explosions prématurées. Cette invention est donc rationnelle ; l'appareil est d'ailleurs assez simple et peu coûteux.

Vaporisateur Ganz.

Ce vaporisateur est celui de MM. Banki et Csonk.

Une boîte en fonte communique par une tubulure avec la soupape d'aspiration ; elle est chauffée par les gaz de la décharge : le piston appelle l'air extérieur à travers cette boîte. Le pétrole arrivant d'un réservoir en charge pénètre latéralement dans la boîte et remplit, à niveau constant, une série de quatre godets reliés entre eux. Dans la partie supérieure de ces godets plongent les extrémités de vis à pointeau réglables à volonté, et percées dans toute leur longueur, et l'air pulvérise la goutte d'huile qui monte dans le godet ; la vapeur ainsi formée se mêle avec l'air qui traverse la boîte, et cette rencontre des deux courants produit un brassage énergique de la vapeur dans l'air qui l'entraîne.

Le niveau du pétrole est maintenu constant dans les godets grâce à un vase intermédiaire pourvu d'un tube indicateur en verre et d'un robinet à flotteur qui règle l'arrivée du pétrole.

Carburateur Loyal.

Cet appareil se compose d'un réservoir divisé en deux compartiments ; celui du dessus est rempli d'essence de pétrole, celui du bas est traversé par le courant d'air appelé par le piston dans la première phase du cycle.

(1) Voir tome II, page 270.

Le diaphragme de séparation des compartiments est conique et le liquide débouche par une ouverture, pratiquée au sommet du cône et tombe sur un volant, ayant la forme d'un parapluie. Or, l'appel d'air le fait tourner rapidement sur son axe et ce mouvement favorise l'évaporation et assure le brassage du carbure et de l'air. Plus le moteur marche vite et plus aussi le volant tourne rapidement en évaporant une quantité proportionnelle d'essence. L'idée est neuve et originale.

Lampe Japy.

La maison Japy a créé une lampe fort ingénieuse, par laquelle elle opère la mise en train de son moteur à pétrole. C'est un éolypile dans lequel l'ascension du pétrole au vaporisateur est produite par la pression de l'air. Le pétrole est introduit par *b* dans le récipient *h*; le piston à main *c* opère la compression de l'air dont on utilise la charge.

Le pétrole monte en *i*: on le vaporise d'abord en brûlant un peu d'essence ou d'alcool dans la coupe *d*; la chaleur de la flamme produit ensuite la vaporisation de l'huile, dont le jet brûle dans un cône protecteur. La combustion du carbure est complète et cette lampe ne donne pas d'odeur sensible. L'orifice du jet de vapeur de pétrole ne se bouche jamais, attendu que le brûleur porte un réservoir inférieur qui retient les impuretés. Il suffit de veiller à entretenir dans l'appareil la pression d'air nécessaire à son bon fonctionnement. Cette pression, qui est marquée par un manomètre vissé sur le réservoir, se maintient très longtemps.

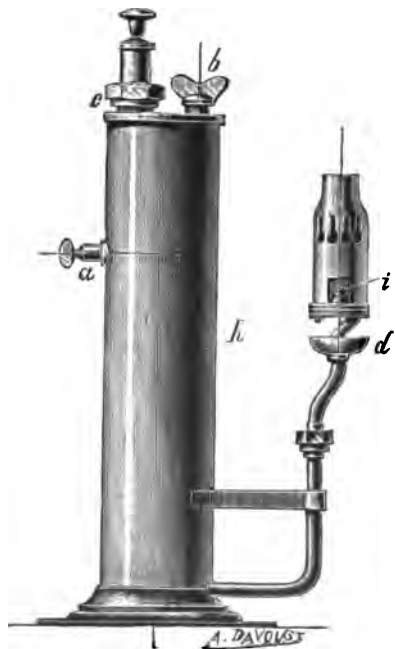


Fig. 139. — Lampe Japy.

Le brûleur-vaporisateur est en nickel et il se nettoie aisément ; en

effet, ses formes sont rectangulaires et deux trous, fermés par des écrous, permettent d'introduire dans les conduits un fil de fer ou de cuivre pour détacher les dépôts plus ou moins adhérents qui pourraient s'y déposer et les obstruer.

MM. Japy fournissent d'ailleurs avec leur lampe des vaporisateurs de rechange qu'on visse en place avec la plus grande facilité et qui assurent une marche excellente et continue, si on les retire de temps à autre pour les nettoyer.

Lampe Suédoise.

Dans cet appareil, on utilise encore l'air comprimé et la chaleur même du foyer pour produire l'ascension de l'huile et sa gazéification continue.

Le réservoir à pétrole est un cylindre de peu de hauteur relativement à son diamètre ; une petite pompe à piston horizontal, parallèle à la base du cylindre, permet de développer une certaine pression d'air dans le réservoir, à la surface de l'huile, qui monte ainsi dans le gazéificateur. Celui-ci est formé de deux tubes en U, dont les plans sont perpendiculaires l'un à l'autre : leurs branches débouchent en haut dans une boîte commune. Le liquide pénètre dans un des U par la partie inférieure, sa vapeur monte dans la boîte commune et redescend dans l'autre U. Celui-ci est percé d'un trou pratiqué dans la concavité de ses branches, par lequel la vapeur s'échappe en formant un jet vertical, qui brûle et chauffe les deux U du vaporisateur. Un peu d'alcool brûlé dans une petite coupe opère le premier chauffage de mise en train. Cette lampe a été introduite en France par M. Lamotte de Paris.

Lampe Southall.

Une boîte cylindrique, percée d'un trou central, et surmontée d'une cheminée, est bourrée de déchets de coton, saturés de pétrole : un courant d'air, produit par un ventilateur à main, traverse le coton, se carbure et peut être enflammé au sortir de la cheminée.

Comme le service de cette lampe n'est que temporaire et qu'on ne lui demande que de chauffer un appareil de carburation et d'allumage,

la quantité de pétrole dont on a pu imbiber le coton suffit pour assurer ce résultat.

Brûleur Longuemare.

Les brûleurs G (fig. 140) sont alimentés par le tube J qui leur amène le liquide combustible renfermé dans le réservoir L; une certaine pression d'air déterminée dans ce réservoir par une pompe, qui lui est reliée par K, détermine l'écoulement du liquide. Les vis F, munies d'une large tête moletée, permettent de régler le débit du liquide, qui traverse un tube chauffé par la flamme elle-même et faisant l'office de vaporisateur; la vapeur s'échappe par un trou capillaire percé dans l'axe de la cheminée G. L'air comburant arrive par une série de trous pratiqués dans la paroi de cette cheminée.

Pour la mise en train, on brûle un peu d'essence dans la cuvette H.

La flamme est très chaude et d'une remarquable fixité, et elle a pu être appliquée aux moteurs des voitures automobiles.

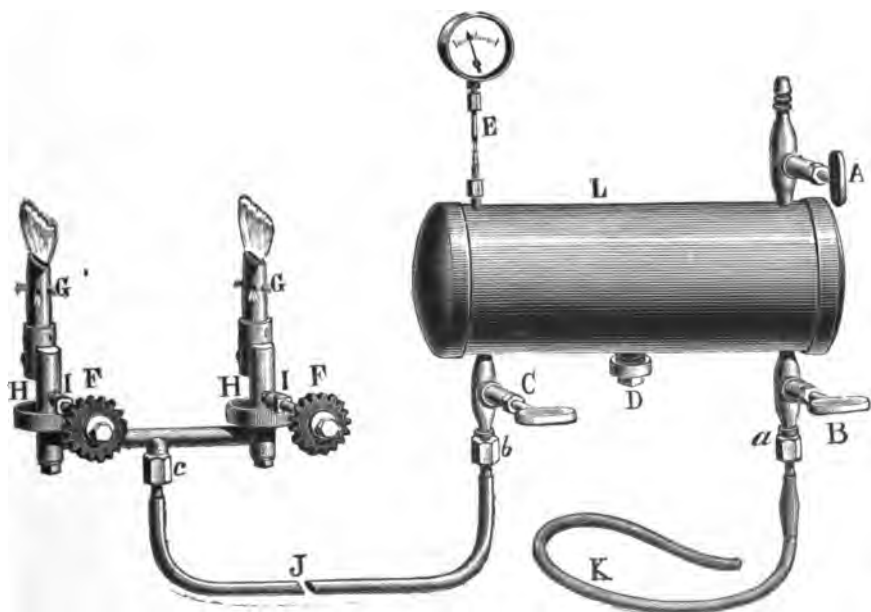


Fig. 140. — Brûleur Longuemare.

Vaporisateurs électriques.

Si l'on disposait d'un courant suffisamment intense, on pourrait utiliser l'électricité non seulement pour l'allumage, mais encore pour la vaporisation dans les moteurs à pétrole. Il faudrait à cet effet établir une résistance sur un conducteur et faire passer le pétrole liquide ou pulvérisé à son contact, dans un conduit suffisamment bien isolé pour employer le mieux possible la chaleur coûteuse obtenue par le passage du courant. On entrevoit la possibilité de la chose et plusieurs inventeurs ont proposé de la réaliser; les journaux techniques et les recueils de brevets ont mentionné ces tentatives, mais nous ne les connaissons pas autrement; peut-être ces projets ne sont-ils restés qu'à l'état d'ébauches.

Southey enroule un fil de platine en hélice et il l'enveloppe d'amiante; au centre des spires se trouve un tube en cuivre à chicanes, le long duquel le pétrole coule goutte à goutte et dans lequel il se vaporise. Rowbotham forme une bobine résistante, qu'il protège par une enveloppe et qu'il introduit dans la chambre de vaporisation. Ce mode de chauffage serait évidemment ruineux si le courant devait circuler continuellement dans ces appareils; mais on peut se borner à recourir à la chaleur du courant pour la mise en route du moteur, et dès lors la dépense est fort réduite.

Quoiqu'il en soit, nous avons peine à croire que ce soit là une bonne solution du problème de la vaporisation et nous avouons que c'est uniquement pour l'originalité de la conception que nous avons jugé bon de la signaler dans ce livre; les inventeurs qui seraient tentés de recourir à ce procédé sauront du moins que leur idée a déjà germé dans d'autres esprits que le leur.

V

Appareils de mise en train.

Nous avons déjà décrit dans notre second volume (1) les appareils de mise en train Clerk, Williams, Crossley, Simplex, Atkinson, Pinkney, Stockport, Niel, etc.; nous compléterons cette étude par les renseignements qui suivent, relatifs soit à des dispositifs nouveaux, soit à des modifications heureuses apportées à des appareils plus anciens.

Self-Starter Fielding.

Un réservoir en tôle, muni d'un manomètre, est chargé d'air comprimé par une pompe à bras ou par le moteur lui-même, ainsi que nous l'expliquerons plus loin; la pression de l'air est utilisée pour la mise en marche. A cet effet, le piston est amené à fond de course de compression et l'on ouvre le robinet R (fig. 141) de prise de gaz (2) et le robinet R' d'issue, placé au pied du tube *t* débouchant en face de l'extrémité du tube à incandescence *t'*; le gaz entré par R traverse le canal B et chasse les produits de combustion accumulés derrière le piston, remplit la chambre d'explosion E et vient enfin brûler au bout du tube *t*, en s'enflammant au contact du tube à incandescence. Quand la flamme est bien lumineuse, on ferme la prise de gaz: la chambre est alors remplie de gaz à la pression atmosphérique. On ouvre le clapet C, qui laisse pénétrer dans la chambre l'air comprimé dans le réservoir: cet air se mélange au gaz pour former un mélange explosif comprimé dont la tension peut même devenir assez grande pour pousser le piston en avant. Mais la teneur en comburant devient en même temps suffisante pour provoquer une explosion du mélange, et le piston est lancé: il suffit alors de mettre au point les robinets pour que le moteur prenne graduellement sa vitesse.

Il nous reste à dire comment le moteur est utilisé lui-même à fin de journée pour comprimer de l'air dans le réservoir; l'arrivée du

(1) Voir tome II, pages 7 et 307.

(2) Ce robinet, placé sur le côté, n'est pas visible sur notre dessin, qui ne laisse voir que l'orifice d'amenée du gaz, marqué R.

gaz étant supprimée, le moteur continue de tourner sous l'impulsion des lourds volants dont sont munis les moteurs Fielding : en réglant convenablement la tension du clapet, qui joue alors le rôle de clapet de retenue, l'air comprimé derrière le piston force ce clapet et pénètre dans le réservoir en tôle. Il peut arriver que par défaut d'étanchéité, ce réservoir perde un peu de pression dans l'intervalle de l'arrêt, si celui-ci est très prolongé ; la pompe à bras permet dans ce

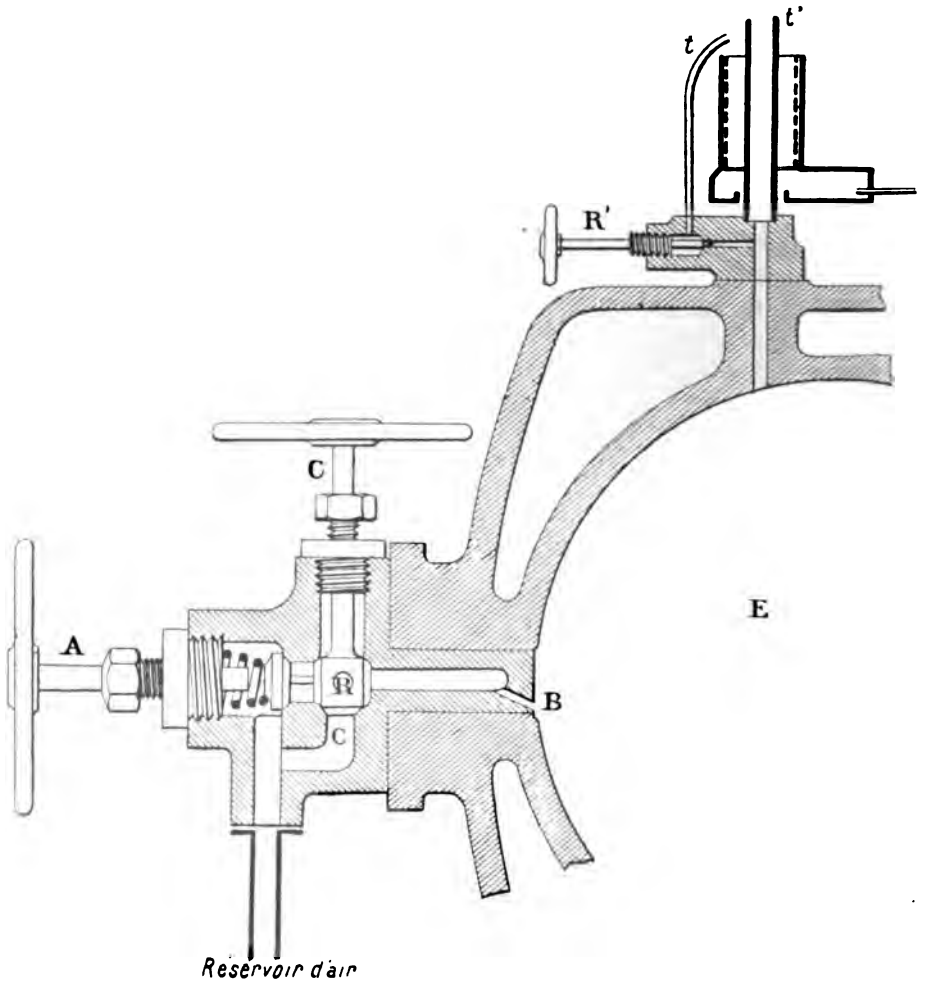


Fig. 141. — Self-starter Fielding.

cas de compléter la pression : un manomètre donne le moyen de juger de la nécessité de cette opération.

Cet appareil fonctionne bien, ainsi que nous avons pu en juger nous-même. L'inclinaison du canal B, par lequel le gaz débouche dans le cylindre, facilite l'expulsion des gaz brûlés et la mise en train coûte en somme peu de gaz : il y a assurément un tour de main à acquérir pour la manœuvre des divers robinets, mais les conducteurs de machine l'acquièrent aisément.

Self-Starter de Deutz (Otto).

Une pompe à main refoule dans le cylindre la charge de mise en train ; mais, dans les moteurs à un cylindre, il est nécessaire de retenir le piston pendant cette opération : un appareil de retenue du volant remplit cette fonction. C'est un taquet élastique, formé d'un bouton muni d'une tige qui glisse dans un cylindre ; un ressort en spirale logé dans ce cylindre presse le bouton contre la jante du volant. Le cylindre tourne autour d'un axe horizontal : au moment de la mise de feu, le taquet qui est arc-bouté contre la jante cède, le cylindre est entraîné par le volant et il tombe dans la position verticale.

Self-Starter Andrew.

Le tube d'allumage est mis en communication, par son extrémité supérieure, avec une boîte à soupape A dans laquelle se trouve un clapet maintenu ouvert par un ressort. Une boîte analogue B est disposée de l'autre côté du cylindre, au-dessus de la soupape de décharge. Ces deux soupapes constituent tout l'appareil, qui est d'une simplicité remarquable.

Pour opérer une mise en route, on place le moteur dans une position telle que le cylindre communique avec le tube d'allumage ; c'est la phase d'explosion. On chauffe alors ce tube au rouge-blanc ; puis, par la boîte B, on fait entrer du gaz, lequel se mêle à l'air resté dans le cylindre, à la suite d'une compression préalable, et forme dans le cylindre un mélange tonnant. Bientôt ce mélange atteint le tube d'allumage. A ce moment, l'explosion se produit ; mais le clapet de la

boîte A est disposé de telle sorte que la pression développée le referme ; la soupape de la boîte B se ferme aussi et le piston se trouve lancé assez vivement pour faire au moins deux ou trois tours. Si l'on ouvre alors vivement le robinet de gaz du moteur, le moteur se met en route sans plus de travail.

VI

Accouplements et Transmissions.

Nous avons déjà fait ressortir, dans notre tome II (page 321), les avantages que présentent, dans l'application des moteurs, les accouplements élastiques Raffard, Snyers, etc. ; (1) ils permettent de connecter des axes de moteur et de réceptrice avec une grande facilité, en tolérant même une certaine dénivellation de ces axes ; on les emploie très commodément pour raccorder un moteur avec une machine à vapeur ou une machine hydraulique, et, comme on les règle pour un maximum donné de puissance, ils constituent en somme des accoupleurs dynamométriques.

Accouplement Zodel.

On emploie beaucoup aujourd'hui en Suisse un nouvel accouplement, dû à M. Zodel, et appelé à friction élastique par ruban : il est construit à Lyon par M. Fournier. Il a l'avantage d'être moins coûteux que l'appareil Raffard et il ne fonctionne pas moins bien. Deux plateaux concentriques A et B (fig. 142) calés respectivement sur les arbres à relier, laissent entre eux un jeu considérable : ils portent des évidements *a*, *b*, *c*, etc. ménagés en quinconce, de telle façon

(1) A ce propos, relevons une erreur commise dans le tome II ; nous avons eu tort d'accoler au nom de M. Snyers, celui de M. Hoppenstedt, qui n'a été que son agent, et non pas son collaborateur. Une faute d'impression a fait énoncer en millimètres la longueur des lamelles, alors que nous avons écrit centimètres ; ainsi les lamelles ont 8 centimètres de hauteur et non 8 millimètres. Ajoutons enfin que la pénétration des lamelles dans les cannelures peut être augmentée à volonté.

que le plein d'une des couronnes ait en face de lui un évidement, correspondant à son milieu. Un ruban de cuir ou une tresse de coton passe alternativement à travers les évidements de l'une et de l'autre jante et ses extrémités sont cousues ou collées, de manière à constituer une corde sans fin. Ce ruban détermine entre les deux couronnes une liaison, dans laquelle l'élasticité du ruban est en jeu, en même temps que le frottement déterminé par les enroulements de la bande : M. Zodel a démontré ce dernier fait en coupant le ruban en un point,

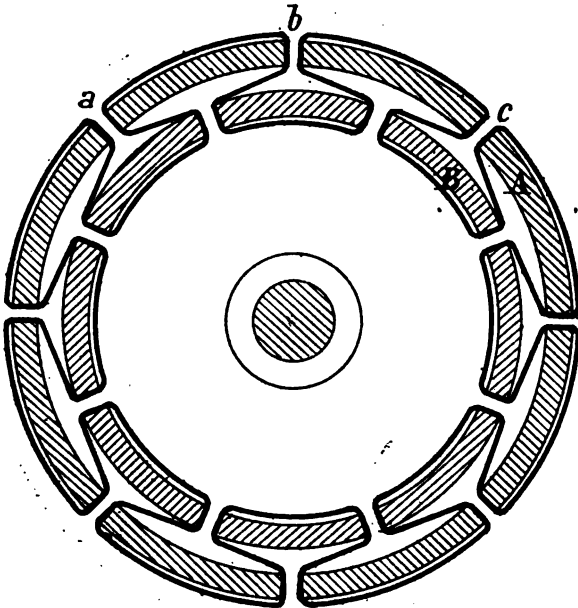


Fig. 142

ce qui n'a pas empêché le mouvement d'être transmis d'une poulie à l'autre.

Lorsque la puissance à transmettre varie, la friction et la tension augmentent ou diminuent, et les disques prennent l'un par rapport à l'autre une nouvelle position angulaire; il s'en suit que les changements de vitesse et les variations du couple moteur n'ont d'autre effet que de faire tendre ou de faire glisser le ruban, ce qui régularise la vitesse et l'effort transmis et atténue tous les chocs du moteur.

Ajoutons que l'emploi d'un ruban limite à un maximum l'effort transmis, au cas où une surcharge excessive se produirait soudainement. Un court-circuit, par exemple, ne pourrait occasionner d'autre dégât que la rupture du ruban, ce qui est peu de chose et se remplace aisément.

Disons enfin que l'accouplement Zodel isole les axes accouplés aussi bien que le joint Raffard.

Les données suivantes sont pleines d'intérêt; elles correspondent à une vitesse de 100 tours :

Puissance en chevaux	10	30	65	150
Diamètre des plateaux	400 ^{mm}	600	800	1.000
Largeur des plateaux	300 ^{mm}	390	450	530
Largeur du ruban	50 ^{mm}	65	75	90
Nombre d'évidements	8	10	12	14
Poids	90 ^k	180	370	650

Embrayage Lindsay

M. Lindsay a pris l'idée de son embrayage dans un phénomène bien connu. Si une corde, fixée par une de ses extrémités, fait plusieurs circonvolutions autour d'un arbre animé d'un mouvement de rotation, elle constitue un frein, à condition que l'arbre tourne dans le sens voulu pour que les spires de la corde tendent à se resserrer : qu'on exerce en effet une légère tension sur le bout libre, on développera une pression énorme sur l'arbre et la puissance du frein ainsi réalisé pourra devenir très considérable. Au lieu d'employer une corde, l'ingénieur anglais recourt à une hélice en acier doux, de section rectangulaire, dont il fixe une extrémité à l'arbre sur lequel il faut faire frein : la moindre tension exercée sur l'autre bout déterminera un frottement énergétique sur l'arbre.

L'application aux embrayages ressort immédiatement de cet exposé.

Supposons qu'il s'agisse d'établir une liaison entre deux arbres placés en prolongement, dont l'un est moteur et l'autre conduit. Comme le frottement serait trop grand pour qu'on puisse le produire sur les arbres eux-mêmes, la spirale est enroulée sur un manchon de plus

grand diamètre, fait en fonte très dure, trempée, parfaitement polie et inusable. Pour donner plus d'élasticité à la spirale d'acier, elle est amincie vers la partie sur laquelle on exerce une tension, et sa section s'accroît continûment et régulièrement jusqu'à l'autre extrémité, fixée dans l'arbre à entraîner. Or, l'extrémité renforcée de la spirale est attachée sur l'arbre à conduire ; un plateau mobile permet d'exercer sur l'autre extrémité, plus flexible, une tension progressive, qui détermine sur le manchon claveté sur l'arbre moteur un frottement, duquel ré-

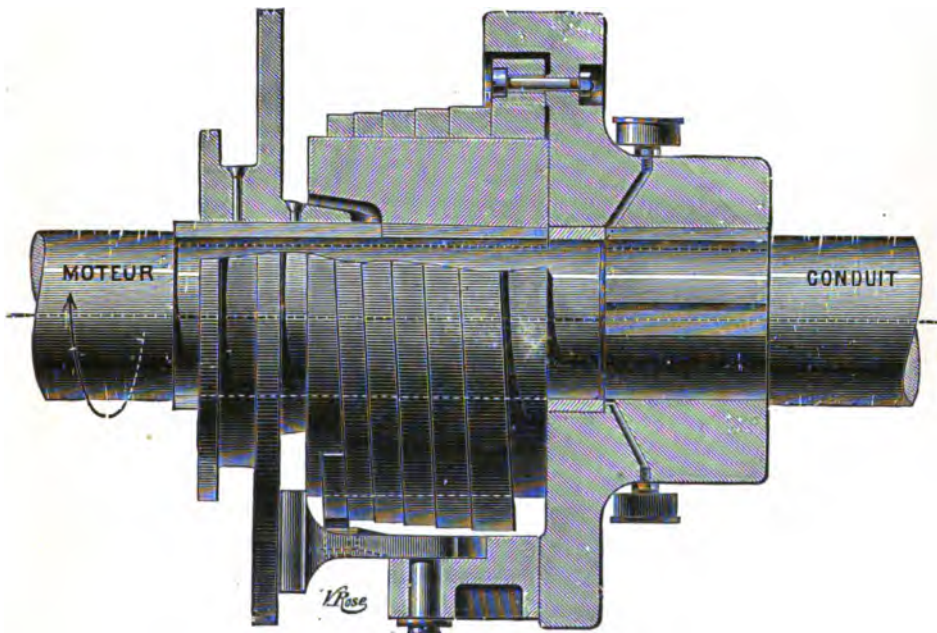


Fig. 143. — Embrayage d'accouplement Lindsay.

sulte l'entraînement. La tension se règle à volonté ; l'embrayage est progressif, mais le débrayage est instantané. Cet embrayage est représenté sur la figure 143.

La figure 144 fait voir un autre dispositif.

Il est appliqué à l'embrayage d'une poulie. Cette poulie est clavetée sur un cône en fonte dure, fou sur l'arbre. La spirale est emmanchée librement sur le cône, et notre dessin montre la position occupée par elle au débrayage ; elle porte à son extrémité un talon en contact avec une nervure transversale d'un plateau mobile que le mouvement de

manœuvre permet de faire coulisser le long d'une clavette engagée à moitié dans l'arbre. Le plateau porte deux talons et deux pattes en équerre emprisonnant la spirale. Pour embrayer, on pousse le plateau mobile vers la droite et l'on amène la spirale sur le cône; il

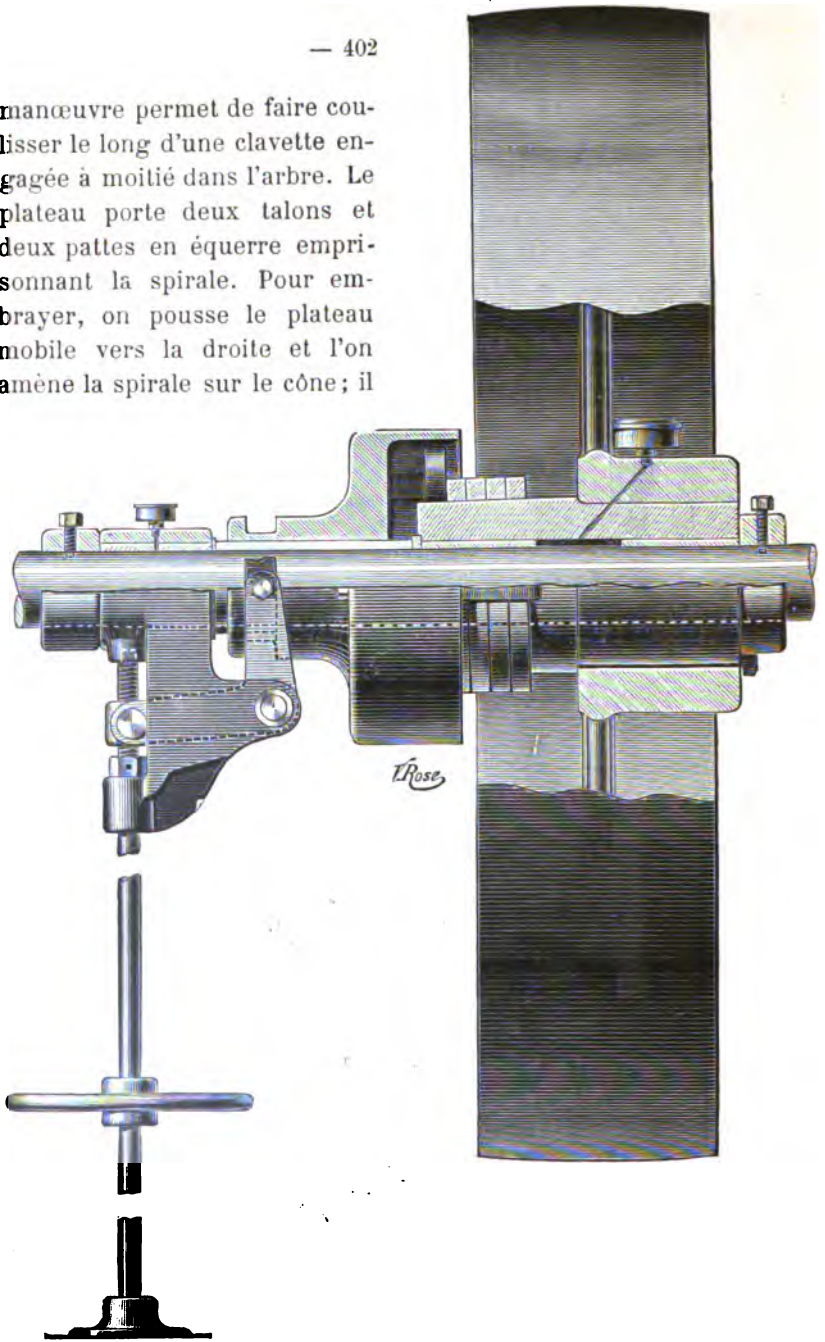


Fig. 144. — Embrayage Lindsay à cône.

en résulte un frottement qui entraîne le cône. La spirale agit alors comme une frette. Il n'y a qu'à la ramener dans sa position première quand on veut débrayer.

Faisons observer que la spirale doit être graissée : on met l'appareil à l'abri des poussières en l'enfermant dans une boîte étanche.

Dans le cas où la résistance deviendrait supérieure à l'effort que peut transmettre l'appareil, il y aurait glissement ; ce genre d'embrayage limite donc la puissance à transmettre.

Cette dernière disposition s'adapte aisément aux poulies des moteurs à gaz ; le moteur est d'abord mis en marche, puis on embraye doucement la transmission. Elle convient aussi très bien aux automobiles.

M. Lelorrain, à Paris, est le représentant de M. Lindsay ; il a fait déjà de nombreuses applications du système en France, notamment aux moulins Truffaut, quasi de Javel.

Embrayage Villard-Bonnafous.

Cet embrayage se compose d'une cuvette de friction cylindrique, clavetée sur l'arbre à entraîner, à l'intérieur de laquelle frotte un ruban en acier doublé de cuir, attaché par des manetons sur l'arbre entraîneur et commandé par un levier coudé à chape. Un manchon à gorge glisse sur cet arbre le long d'une clavette-guide ; un galet dont il est muni roule sur une console portée par la cuvette de friction.

Pour embrayer, on pousse ce manchon contre le support du ruban ; ce mouvement fait déplacer le levier coudé et ouvre le ruban, lequel s'applique ainsi contre la paroi intérieure de la cuvette et l'entraîne avec lui. On règle la pression du ruban en allongeant ou raccourcissant la bielle. Pour débrayer, on ramène en arrière le manchon à gorge ; le ruban se referme et repose alors sur un limbe circulaire de l'appareil porte-ruban.

L'embrayage est progressif, et produit un démarrage très doux. Il a été appliqué avec succès sur des automobiles Peugeot et autres et peut aussi être employé à transmettre une centaine de chevaux.

Commande Ewans.

On est fréquemment embarrassé dans l'installation des moteurs par l'exiguïté de l'emplacement dont on dispose : le cas se présente surtout dans les petites stations d'électricité. On n'a pas l'espace voulu

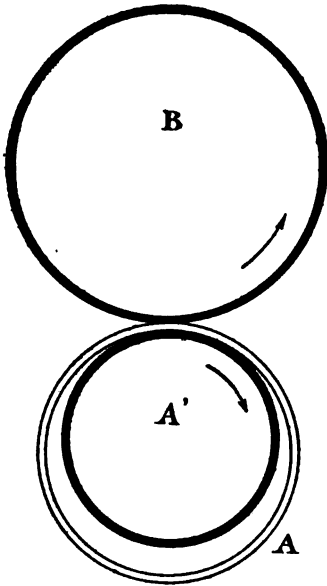


Fig. 145

pour de longues courroies et, d'autre part, la commande directe d'une dynamo n'est pas toujours possible, soit que le moteur tourne trop lentement ou que la dynamo tourne trop vite : il importe donc de disposer d'un moyen différent pour transmettre le mouvement à l'appareil électrogène. Ce moyen est fourni par le système Ewans, introduit d'Amérique en France et vulgarisé chez nous par M. Bourdilliat, ingénieur à Grenoble : la commande est effectuée par une courroie libre conjuguant deux poulies par friction immédiate et non par adhérence à distance.

La figure 145 montre le principe sur lequel repose cette transmission. Une courroie sans fin A, toujours placée sur la poulie conduite A', a quelques centimètres de plus que le développement circonférentiel de cette poulie, et l'entraîne par la friction qu'exerce directement sur elle la poulie motrice B. Il importe que les points de contact de la courroie ne soient pas sur la ligne des centres des poulies, car la pression serait insuffisante pour provoquer l'entraînement : il faut au contraire que la poulie motrice exerce sur la courroie une poussée oblique, suivant le sens du mouvement de rotation de la poulie conduite. La réaction sur l'arbre de cette dernière n'est ainsi qu'une des composantes de l'effort total, au lieu d'en être la résultante, comme cela arrive dans les courroies employées suivant le mode habituel.

Il est à conseiller de placer côte à côte deux, trois, voire même quatre courroies libres sur la poulie menée, afin d'éviter les inégalités

de frictions que produiraient les variations d'épaisseur d'une courroie unique. La poulie conduite doit être pourvue de joues, pour empêcher la chute des courroies.

On embraye la dynamo en la faisant glisser, à l'aide d'une vis centrale, sur un cadre à rails; un déplacement de dix millimètres est plus que suffisant; il est prudent d'établir sur le cadre une vis de butée pour empêcher les ouvriers de produire un serrage trop énergique, qui ferait chauffer la courroie et pourrait provoquer son décollement.

Les courroies Ewans peuvent transmettre jusqu'à 30 chevaux, si la vitesse à la circonférence atteint 25 mètres. Ce système permet d'attaquer deux dynamos diamétralement opposées au même volant. Il faut évidemment que le moteur ait une grande régularité cyclique, sinon la lumière manquerait de la fixité qu'on est en droit d'exiger dans une bonne installation. Il est indifférent que la courroie s'allonge; un cuir de qualité ordinaire, bien collé sur la jonction, rend des services excellents et durables.

La commande Ewans présente une grande souplesse qui permet de l'appliquer utilement aux appareils fonctionnant par intermittences et avec des résistances variables; elle donnerait une solution heureuse des difficultés rencontrées dans la traction des tramways et des automobiles.

Ce mode de transmission de mouvement peut s'étendre aux machines à vitesse variable, car les courroies flottantes s'adaptent aussi aux cônes et donnent de bons résultats. On dispose alors contre les cônes une vis, manœuvrée par un volant et déplaçant un écrou qui entraîne longitudinalement la courroie et fait varier le rapport des vitesses. Un autre volant, agissant à la fois par des vis de rappel sur les deux paliers d'un des cônes, sert à embrayer et à débrayer.

Un dispositif particulier est applicable aux cas dans lesquels on veut commander des outils à une vitesse uniforme par un moteur dont la vitesse varie. Dans cette hypothèse, la position de la courroie est modifiée par un puissant régulateur centrifuge; les oscillations du manchon de ce régulateur font tourner un axe, qui actionne par engrenage conique une vis et son écrou, ce dernier étant libre d'avancer et non de tourner. Cet écrou entraîne la courroie sans fin interposée entre les cônes, suivant les variations de la vitesse qu'elle compense automatiquement.

C'est cet appareil que M. Heirman, de Charleroi, a proposé d'employer⁽¹⁾ pour proportionner le travail du moteur au travail résistant sans modifier le diagramme et en faisant varier seulement sa vitesse. Le mouvement du moteur est transmis à l'un des cônes et l'on attaque les appareils d'utilisation par l'autre. Le régulateur des cônes agirait sur la courroie annulaire pour lui faire prendre une position d'équilibre proportionnant le travail moteur à la demande qui lui est faite par l'outil travailleur ; la vitesse de cet outil demeurerait donc invariable, tandis que celle de la machine motrice changerait ; mais l'admission de gaz et par suite le diagramme de chaque coup ne changerait pas.

VII

Amortisseurs.

Le bruit produit par la décharge des moteurs, bien qu'atténué dans une certaine mesure par les pots d'échappement qu'on emploie généralement, ne laisse pas que d'être fort désagréable dans le calme des nuits ; souvent les voisins se plaignent de ne plus pouvoir dormir, quand on installe près d'eux des moteurs d'une certaine puissance, pour éclairer des flots de maisons ou des habitations qui exigent de la lumière jusqu'à une heure avancée. Il importe donc d'étouffer le plus possible ce bruit cadencé et agaçant d'une décharge de moteur.

On y arrive sûrement, mais à grands frais, en installant le moteur en sous-sol dans des cours ou des jardins, et en dirigeant les gaz de l'échappement dans un large carneau, logé lui-même dans le sol, et aboutissant à une cheminée d'évacuation assez longue pour que les gaz débouchent à l'air avec une vitesse et une pression très faible. Si l'on manque d'espace, on peut réaliser des chicanes dans ces carneaux sur le chemin des gaz, ou leur faire traverser des chambres plus spacieuses, jouant le rôle d'amortisseurs. Ces chambres donnent d'excellents résultats.

(1) Edmond Heirman. *Quelques mots sur la question des gaz pauvres*, Charleroi, 1897.

On a proposé aussi des amortisseurs spéciaux et nous avons décrit dans le tome II, celui de Boehme ; il en existe d'autres, fondés sur le même principe d'atténuation des pressions et des vitesses par frottement contre des obstacles successifs.

Signalons notamment l'appareil ingénieux de M. Chevalet, ingénieur-gazier bien connu, qui emploie des anneaux de scrubber. Ce sont des cuvettes en fonte ou en poterie, dont le fond est percé d'un grand nombre de trous, surmontés d'une petite cheminée ; d'un côté, elles présentent un rebord étroit, de l'autre une large gorge d'emboitage. On empile ces anneaux les uns sur les autres, en introduisant les rebords de l'anneau supérieur dans la gorge de celui qui est en dessous ; on peut même consolider l'édifice et assurer une certaine étanchéité à l'ensemble en garnissant les joints avec du mastic Serbat. Les cuvettes sont remplies de copeaux de bois, qu'on arrose par un jet d'eau tombant de haut en bas et marchant en sens inverse des gaz brûlés. Cet appareil donne de très bons effets et il désinfecte les produits de décharge des moteurs à pétrole.

M. Serment a construit une boîte d'amortissement, dans laquelle le courant de gaz s'étale et tourbillonne avant de se décharger dans l'atmosphère. C'est un pot cylindrique en fonte, fermé par un couvercle ; les gaz brûlés y pénètrent tangentiellément, ils y tournent puis ils s'échappent par un tuyau vertical traversant le couvercle. Le diaphragme qui fait tourner les gaz est constitué très simplement par une cloche de fonte excentrée.

M. Serret a fait breveter un modèle de pot, qui oblige le courant de se briser et de changer de direction ; ces chicanes ont pour effet de diminuer la vitesse des gaz et de les amener à l'air avec une vitesse aussi faible que possible. C'est là en effet l'objet de tous les appareils de ce genre.

On a aussi inventé des appareils *amortisseurs* désinfecteurs.

Les moteurs à pétrole n'embaument généralement pas les maisons dans lesquelles on les installe, et les voitures automobiles en circulation dans nos rues se chargent de l'apprendre à qui ignore ce fait ou veut en douter. Le passant en est plus affecté que les chauffeurs.

Qu'est-ce qui sort d'un moteur plus ou moins bien réglé ? De l'acide carbonique, ce qui est normal ; de l'oxygène, dont on ne sau-

rait se plaindre ; et de l'oxyde de carbone et des hydrocarbures non brûlés, produits toxiques et nauséabonds.

Un chimiste, dont on ne nous dit pas le nom (1), a absorbé ces gaz et vapeurs par de l'oxyde de cuivre, des chromates, et un mélange breveté dans lequel se trouvent des oxydes de platine, d'iridium, de palladium et de matière inerte. Ce composé devient incandescent à la température de la décharge et parfait la combustion des gaz mal brûlés.

Il convient d'employer des procédés spéciaux pour supprimer les vibrations que les moteurs installés en sous-sol pourraient imprimer aux bâtiments tout entiers et qu'ils transmettent même souvent aux habitations voisines. Et d'abord, il est nécessaire que le massif de fondation du moteur soit absolument indépendant des fondations de l'édifice ; la stabilité sera donc obtenue par la masse propre, et non point par des liaisons rigides du bloc de maçonnerie servant de base au moteur. Tout au plus l'appuiera-t-on latéralement en interposant entre ce bloc et les constructions des pièces de caoutchouc, de liège ou de toute autre substance élastique et compressible pouvant faire l'office d'un coussin amortisseur. A défaut de mieux, on pourrait quelquefois se contenter de cales de bois, quoique ce moyen d'isolation soit assez précaire.

Mais on ne peut pas toujours réaliser cette indépendance entre les fondations de l'édifice et le massif du moteur ; il faut alors trouver un moyen d'empêcher les vibrations de la machine de se transmettre à sa maçonnerie de support. On y parvient en interposant directement entre le socle et le massif un matelas élastique, permettant de donner à la machine l'assiette dont elle a besoin et défendant néanmoins aux trépidations de se communiquer au sol. Ce matelas, serré fortement par les boulons de fondation, amortira les chocs et les vibrations tout en maintenant le moteur. Plusieurs substances élastiques conviennent à cet usage. Signalons toutefois plus particulièrement un tissu formé de fibres végétales, souples quoique résistantes, particulièrement imputrescibles, fabriqué à Paris par M. Lelorrain ; c'est un véritable matelas, de 13 centimètres d'épaisseur, dont on réduit la hauteur de moitié par le serrage des boulons, et qui constitue alors

(1) Voir *Locomotion automobile*, 23 juin 1898.

une base résistante, bien qu'isolante; cet isolant a été employé à la Belle Jardinière, sous des machines de 500 chevaux, et il y donne des résultats très satisfaisants.

Il mérite une description spéciale.

Le tissu Lelorrain est fait en fibres de coco; il forme des matelas de 6 à 7 centimètres d'épaisseur, qu'on superpose en les croisant. On les recouvre d'une double rangée de pièces de chêne de 5 centimètres d'épaisseur chacune, disposées simplement l'une à côté de l'autre sans liaison d'aucune sorte; ces rangées sont aussi croisées l'une

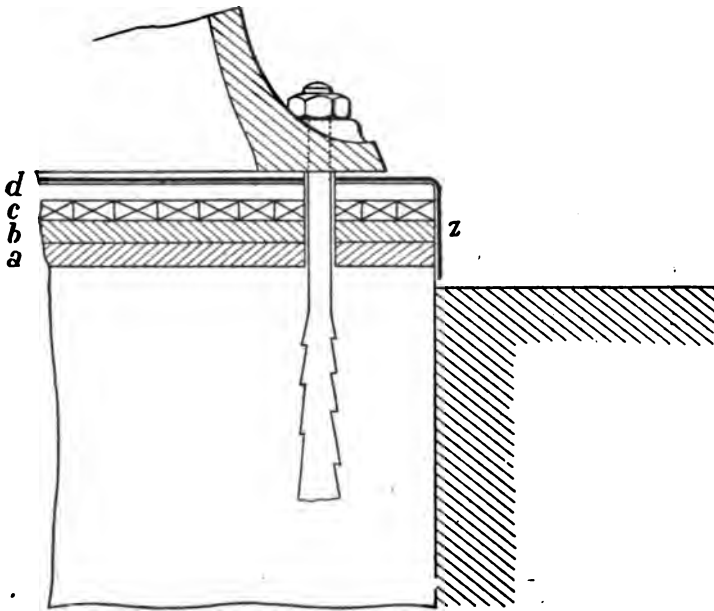


Fig. 146

sur l'autre, ainsi que le fait voir la figure 146 : *a* et *b* sont les matelas, *c* et *d* les pièces de bois. On recouvre le tout d'une feuille de zinc *z* rabattue, pour empêcher que les huiles et l'eau ne viennent imprégner le tissu; puis on serre à bloc le moteur sur le massif, de manière à réduire à 6 centimètres environ l'épaisseur des matelas. L'isolement sera parfait, si l'on prend des précautions analogues pour toutes les tuyauteries, et notamment pour les conduites de décharge, qui pourraient communiquer leurs vibrations à leurs supports.

Pour empêcher la combustion de la fibre on la recouvre alors d'une feuille de carton d'amiante.

VIII

Graissage.

On sait quelle est l'importance de la qualité des huiles de graissage des cylindres de moteurs un peu surmenés sur leur bon fonctionnement; certains moteurs développent alors quelquefois des températures si élevées que les pistons se calent, si les matières lubrifiantes brûlent et se décomposent. Il importe donc d'employer des huiles minérales dont le point d'inflammation soit aussi élevé que possible; on améliorera ainsi dans une large mesure le rendement organique d'une machine.

On peut étudier simplement l'inflammabilité d'une huile en chauffant sur un bain de sable un petit récipient rempli de cette huile dans laquelle on plonge un thermomètre; en approchant de temps en temps de la surface une allumette allumée, on verra à quelle température on peut enflammer les vapeurs d'huile.

Mais on opère plus sûrement et plus exactement à l'aide de l'appareil Luchaire. Il se compose essentiellement d'un récipient à double enveloppe, dans lequel plonge un thermomètre; il est muni d'un couvercle amovible, présentant sur le côté une ouverture contre laquelle on dispose une petite lampe, dont la flamme brûle tout contre cette ouverture. Pour procéder à un essai, on introduit dans le récipient l'huile dont on veut connaître la température d'inflammabilité: l'enveloppe avait été remplie préalablement d'une huile végétale très fine (huile d'olive par exemple); l'huile à essayer est donc chauffée au bain-marie. On allume le brûleur sous l'appareil et la petite lampe de côté. Quand la température atteint un degré déterminé, la partie supérieure se remplit de vapeurs inflammables, qui forment bientôt un mélange explosif; la lampe y met le feu, une petite détonation a lieu, la lampe est éteinte du coup et l'observateur,

prévenu que l'essai est fini, relève la température marquée au thermomètre ; c'est le degré cherché d'inflammabilité.

Le **graissage** des cylindres de moteurs à une importance considérable, car il contribue **grandement** à leur bon fonctionnement : des artifices nombreux ont été employés par les **constructeurs pour assurer** une parfaite lubrification de la paroi et la maintenir en cas d'échauffement anormal. Le plus souvent on pratique des rainures circulaires autour du piston, de manière à ce que l'huile arrose toute la surface du cylindre ; malheureusement ces rainures sont exposées à s'obstruer par la formation d'un cambouis dur, à la suite d'une marche prolongée ; on risque alors de voir gripper le piston dans le cylindre. On est prévenu du danger par une diminution sensible de la puissance du moteur, qui se manifeste par un ralentissement : il importe alors de prendre quelques précautions. On ne doit pas songer à démonter le piston et à nettoyer ses rainures, car c'est un travail énorme, qui ne peut se faire qu'un dimanche ; il faut se garder aussi d'inonder le cylindre d'huile, dans l'idée qu'elle a pu faire défaut ; elle n'a pas manqué, mais elle s'est mal distribuée. On arrive souvent à de bons résultats, en introduisant par les graisseurs un peu d'huile de pétrole dans le cylindre ; elle dissout les concrétions de carbure et peut même détacher les cambouis : on fait quelques centaines de tours de volant et l'on reprend le graissage à l'huile grasse.

Quelques constructeurs de moteurs de voitures disposent sur le pourtour du cylindre trois graisseurs occupant les sommets d'un triangle équilatéral : le lubrifiant se répartit ainsi sur une circonférence et les parois sont abondamment huilées, sans que toutefois il y ait inondation, si l'on ne prolonge pas trop longtemps ce graissage. Il ne faut y recourir d'ailleurs qu'exceptionnellement, alors que la puissance fléchit ou que la vitesse semble diminuer. La pratique a démontré que ce dispositif est réellement avantageux.

M. Hamelle a construit un appareil mécanique qui réalise un graissage rationnel des points soumis à des pressions différentes et à des frottements inégaux, en permettant de régler les divers débits indépendamment les uns des autres, et de proportionner le graissage à la vitesse de rotation des organes à lubrifier. Un récipient rectangulaire, bien clos, est rempli d'huile ; des conduits y sont branchés et rayonnent vers les pièces à graisser. Une poulie à gorge, commandée

par un boyau, fait mouvoir le mécanisme intérieur, lequel se compose d'une série de pompes foulantes placées en charge, sans clapet d'aspiration, donnant de deux à quinze coups par minute, suivant le besoin de l'organe desservi.

M. Holt a inventé un graisseur automatique de cylindre, qui nous paraît fort pratique et qui est certainement très intéressant. C'est un appareil à base circulaire, que l'on visse sur le cylindre, et qui porte à sa partie inférieure une soupape conique, livrant passage au lubrifiant ; la tige de cette soupape est appuyée contre un diaphragme supérieur, qui constitue le couvercle du graisseur, et qui s'infléchit chaque fois qu'il se produit un certain vide dans le cylindre, notamment dans la phase d'aspiration. Il découle donc à ce moment une goutte d'huile dans le cylindre.

Une autre idée a été brevetée au bénéfice de M. Brunler ; cet ingénieur suppose qu'on emploie un piston creux, dans l'intérieur duquel un canal, pratiqué dans la tige même du piston, amène de l'huile sous pression, laquelle vient irriguer les segments par des petits trous pratiqués au fond des rainures. Il semble que ces conduits doivent se boucher rapidement.

CHAPITRE DIXIÈME

APPLICATIONS DES MOTEURS A GAZ ET A PÉTROLE

Le moteur à gaz était, à son début, le moteur de la petite industrie et, dans ma première édition de 1886 (1), j'énumérais avec une certaine complaisance tous les métiers qui demandaient à l'énergie des gaz tonnants la puissance motrice dont ils avaient besoin ; je citais des charcutiers, des menuisiers, des couteliers, des confectionneurs, des imprimeurs, des orfèvres, des fabricants de dentelles, des tisseurs de rubans, des apprêteurs, etc., ayant monté des machines à gaz de 1/2, 1, 2, 4, voire même six chevaux dans leurs modestes ateliers.

Depuis lors les choses ont marché grand train ; les moteurs de six chevaux sont devenus des moteurs de 200 chevaux ; ils n'actionnent plus seulement des hachoirs à viande, des tours, des machines à coudre, des métiers à tisser et des presses, mais on les a appliqués dans la grande industrie à faire mouvoir toute espèce de machines et d'outils. En maintes circonstances, ils ont pris la place de la machine à vapeur, en procurant une économie réelle et indiscutable à ceux qui n'ont pas craint de leur donner la préférence. Il existe aujourd'hui des installations de plus de 1000 chevaux, dans lesquelles les moteurs sont alimentés par de véritables usines à gaz pauvre, dans lesquelles on consomme par cheval-heure effectif moins de 650 grammes de charbon en marche industrielle et courante.

On commence même à envisager aujourd'hui des installations plus grandioses encore, desquelles on escompte des résultats inattendus et, nous l'avouons, assez problématiques. Quelque partisan que nous soyons des moteurs à gaz et des gaz pauvres, dont nous plaidons la

(1) Cf. page 271.

cause depuis plus de douze ans, nous nous permettrons d'émettre un doute sur les chiffres suivants alignés par M. Humphrey. Cet ingénieur enthousiaste a formé le projet d'une usine développant tout le cours de l'année une puissance de 10.000 chevaux. Il suppose une installation de gazogènes Mond, alimentant des moteurs capables de donner 7.000 chevaux électriques aux bornes ; le matériel de production du gaz coûterait un demi-million ; les constructions, les moteurs, les dynamos et leurs accessoires sont estimés à trois millions ; les dépenses d'exploitation par année de travail ininterrompu reviendraient, pour 8760 heures, à un million encore. Sur cette base, le kilowatt-heure serait obtenu au prix de 2 centimes !

Nous citons ces chiffres pour faire mieux ressortir la situation présente des moteurs à gaz, dont on pourrait compromettre l'avenir en allant trop vite, mais qui sont appelés à se multiplier de plus en plus, et à étendre leurs applications.

Disons, avec regrets, que la France est à cet égard grandement dépassé par l'Angleterre et par l'Allemagne : le prix élevé du gaz chez nous et les hauts prix auxquels on vendait naguère les moteurs à gaz ont paralysé leur essor (1).

Nous ne saurions dire combien il y a de moteurs à gaz en France, mais nous savons que Paris en compte tout au plus 3.000, développant au maximum 10.000 chevaux effectifs. La Compagnie parisienne vend au plus 8 millions de mètres cubes, sur 300 millions, pour la production de la force motrice.

La Compagnie générale pour l'éclairage et le chauffage par le gaz, qui compte 19 usines en France et en Belgique et débite 27 millions de mètres cubes par an, n'alimente que 1.453 chevaux ! Toutes les sociétés gazières relatent dans leurs rapports annuels de semblables proportions entre les quantités de gaz consommées dans les moteurs et brûlées dans les becs. Par contre, en Angleterre, il y a, dans les grandes villes, un moteur à gaz par 500 habitants, quelquefois même par 360 habitants : à ce compte, il y en aurait donc plus de 7.000 à Paris !

Mais l'Allemagne a fait aux moteurs à gaz une situation plus belle encore.

(1) Il semble pourtant que le prix des moteurs, à égalité de puissance, ait diminué de moitié depuis quinze ans ; ainsi le prix d'un moteur de 8 chevaux aujourd'hui est celui d'un moteur de 4 d'autrefois. Il est vrai que les dimensions du cylindre sont presque les mêmes.

En 1896, les usines à gaz allemandes alimentaient 15.644 moteurs d'une puissance totale de 52.694 chevaux effectifs (1); sur ce nombre, 739 moteurs, d'une puissance de 7831 chevaux, (10 chevaux et demi en moyenne), servaient à la production de la lumière électrique; les autres, d'une puissance moyenne de 3,37 chevaux étaient appliqués aux usages industriels et domestiques. La consommation par cheval et par an ne dépassait généralement pas 800 mètres cubes; toutefois à Barmen elle a atteint 1.500 mètres. En admettant que des moteurs de 3,37 chevaux consomment 800 litres par cheval-heure effectif, le nombre d'heures de service atteindrait 10.000 par an, soit 3^h,20^m par jour; ce nombre d'heures doublerait dans les centres industriels analogues à Barmen.

Le prix du gaz n'est cependant guère moins élevé en Allemagne qu'en France; il varie de 25 centimes à Altona, Brème et Mayence à 18 à Stettin, Essen et Cologne et 17 à Bochum. A Leipzig, il est de 21,5 centimes, à Berlin de 19,5, à Francfort de 19. Les forts consommateurs obtiennent, il est vrai sur ces prix des remises qui leur permettent d'utiliser pour les plus gros moteurs le gaz d'éclairage. Mais nous jouissons de ces mêmes conditions dans la plupart de nos villes de France; à Lille, le mètre cube brûlé en moteur ne se paie même que 15 centimes.

La concurrence faite au gaz par l'électricité amènera certainement les producteurs de gaz à baisser leurs prix et elle les forcera à chercher dans les moteurs la consommation qu'ils auront perdue aux brûleurs: d'ici quelques années, la plupart des contrats auront été renouvelés et nous ne doutons pas que les usines à gaz ne fassent alors de diplomatiques concessions à ceux qui installeront des moteurs dans leurs habitations ou dans leur industrie. Il est regrettable qu'elles ne l'aient pas fait plus tôt.

Transport et distribution de l'énergie.

Au risque de nous répéter, nous redirons ce que nous avons déjà affirmé et prouvé surabondamment dans nos deux premiers volu-

(1) Le nombre total de moteurs installés en Allemagne dépasse aujourd'hui 33.000; leur puissance est d'environ 100.000 chevaux. Les usines à gaz vendent 17 pour cent de leur production pour le service des moteurs.

mes, (1) à savoir que les moteurs à gaz constituent le meilleur agent de distribution et de transport de l'énergie : citons à l'appui de ce dire quelques chiffres recueillis et commentés par M. Nelson Perry dans un curieux mémoire lu à l'*American Institute of Electrical Engineers* : d'après cet ingénieur, un tuyau de 0^m,15 de diamètre pourrait débiter par heure 168 mètres cubes de gaz sous une charge de 10 centimètres d'eau à la distance de 3.200 mètres; on alimenterait donc aisément un moteur de 240 chevaux, consommant 700 litres à l'heure par cheval effectif. Or, une conduite de fonte de 15 centimètres ne pèse que 47,3 kilogrammes au mètre, soit, pour 3.200 mètres, un poids de 151 tonnes environ. C'est une dépense de 18.500 francs. Or, l'auteur établit par un calcul, dont nous ne retiendrons que les conclusions, que pour transmettre à cette distance la même quantité d'énergie sous une tension de 220 volts, il faudrait employer au moins 24.200 kilogrammes de cuivre. La dépense serait donc plus grande. La perte d'énergie causée par le transport du gaz ne dépasserait d'ailleurs pas 0,25 %. En employant même des courants triphasés à haut voltage, comme on le fait aujourd'hui, on n'obtiendrait pas d'aussi beaux rendements. D'autre part, les commodités offertes par les moteurs à gaz et les facilités de leur emploi sont comparables à celles qu'on admire tant des dynamos réceptrices à triphase.

Une canalisation de gaz présenterait donc de grands avantages et l'on serait sûr de trouver une clientèle assez large pour remunérer les capitaux engagés dans une entreprise de ce genre.

C'est ce qu'avaient compris les créateurs de l'usine à gaz de Sucy-en-Brie, qui ont établi un vaste réseau desservant Sucy, Boissy-Saint-Léger, Limeil, Brévannes, Bonneuil, Valenton, Ormesson et Chennevières; la canalisation atteint déjà 40 kilomètres. Le gaz est vendu au prix de 20 centimes le mètre cube, de telle sorte que le prix du cheval-heure revient au plus à 18 centimes, tous frais compris. Le fait de mettre le gaz à bas prix à la disposition des petits industriels, sur un long réseau suburbain, constitue une solution brillante du grave problème de la décentralisation du travail et de la constitution de l'atelier familial dans la maison même de l'ouvrier. Le moteur à gaz devient ainsi un puissant et merveilleux agent de bien-être et de moralisation : il nous plaît de le faire ressortir ici.

(1) Voir à cet égard, tome 1^{er}, page 415 et tome II, page 340.

Élévations d'eau.

C'est en Allemagne, à Düren, en 1884, que fut faite la première grande application des moteurs à gaz à l'élévation des eaux dans une usine hydraulique : d'après M. Max Munzel, à qui nous empruntons les renseignements qui suivent (1), cette innovation fut couronnée de succès et l'exemple fut suivi immédiatement à Coblenze, Rothevill, Furth, Carlsruhe, etc. ; à Munster, on monta bientôt une installation alimentée au gaz Dowson. Depuis lors, les ingénieurs hydrauliciens donnent presque partout la préférence aux moteurs à gaz sur les machines à vapeur. Au début, le travail était transmis aux pompes au moyen d'engrenages et l'on ne pouvait guère faire autrement, vu la grande différence de rotation entre les moteurs et les pompes. Mais la vitesse de ces dernières ayant été augmentée et portée à 80 tours par minute, on eut recours aux transmissions par courroies.

M. Munzel cite comme exemples d'installation de petites usines celles de Leer et de Treuen : toutes deux possèdent des pompes à deux cylindres avec pistons plongeurs à simple effet, attelés à des manivelles calées à 180° l'une de l'autre ; l'effet de cette disposition est de fournir une production égale à celle d'une pompe à double effet et elle facilite l'accès des valves. La tige du piston plongeur est fondue d'une pièce avec lui ainsi que la traverse, qui se meut dans deux guides, formés par la prolongation du cylindre. Les pistons ont 13 centimètres de diamètre et leur course est de 30 centimètres : à 72 tours, chaque paire de pompes monte 38 mètres cubes d'eau à une hauteur de 60 mètres. Les moteurs ont une puissance de 10 chevaux, mais ils peuvent faire onze chevaux sans fatigue. La chambre des machines mesure 10^m,80 de longueur sur 7^m,50 de largeur ; l'établissement complet ne couvre que 217 mètres carrés.

A Goettingue, les pompes sont triples ; la variation du travail par révolution ne dépassant pas 20 %, l'énergie absorbée est très constante, et l'on entraîne l'arbre sans être obligé de recourir à l'emploi d'un volant spécial : ce genre de pompes est maintenant très répandu, car ces machines sont très avantageuses. Les pompes puisent

(1) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 16 mars 1895 ; *Journal du gaz et de l'électricité*, 31 janvier 1895, page 209.

l'eau dans un puits situé à 78 mètres de l'usine et elles l'envoient dans un réservoir situé à près de 3 kilomètres de distance et surélevé de 46 mètres. On installa d'abord, en 1892, une pompe triple actionnée par un moteur de 10 chevaux; mais on y ajouta bientôt un moteur de 12 chevaux et une pompe élevant 67 mètres cubes à l'heure. Ces deux pompes ont même course de 30 centimètres, mais leurs pistons ont un diamètre de 100 et de 150 millimètres; elles font 75 tours par minute, alors que les moteurs sont réglés à 180 révolutions. La salle des pompes a 10^m,80 de long et 7^m,80 de large; une seule chambre combinée d'air et d'aspiration sert pour les deux pompes; elles n'ont aussi qu'un tuyau unique de refoulement de 200 millimètres.

A Constance, le moteur est à un seul cylindre et il développe 23 chevaux par 160 tours; les pompes donnent 75 coups à la minute et elles montent 175 mètres cubes d'eau à 24^m,60 de hauteur.

L'usine de Wolfenbüttel possède un arbre de débrayage permettant d'actionner n'importe quelle pompe par l'un ou l'autre des moteurs. La machinerie est disposée au pied d'une tour en pierre portant un réservoir circulaire de 11^m,82 de diamètre intérieur. Les pistons des pompes à triple effet ont 185 millimètres de diamètre, 300 de course et elles font 75 tours; les moteurs tournent à 170 tours et développent chacun 25 chevaux. L'arbre intermédiaire est mû à raison de 125 révolutions; des poulies fixe et folle le réunissent aux pompes.

Un homme suffit pour mettre en mouvement le volant d'un moteur, quand les courroies portent sur une poulie folle; il embraille sur les poulies fixes, quand la vitesse de régime est atteinte. S'il faut actionner deux pompes à la fois, le second moteur est mis en route à l'aide du premier, au moyen de l'arbre intermédiaire.

Un gazogène Dowson alimente les moteurs de Munster; mais un second appareil de secours, identique au premier, lui est adjoint pour parer aux accidents. La puissance motrice est fournie par deux moteurs de 30 chevaux. Le puits est situé dans la salle même des machines; sa profondeur est telle qu'il a fallu placer les pompes dans le puits lui-même, en contrebas du sol. Les pompes sont doubles, avec pistons différentiels; les moteurs font 140 tours, mais cette vitesse est réduite à 30 tours sur l'arbre des pompes. L'installation tout entière, y compris les magasins à combustible, couvre un espace rectangulaire de 19^m,50 sur 14^m,70.

C'est aussi par un gazogène que sont alimentés les moteurs de la belle usine de Bâle, possédant deux séries indépendantes de pompes capables d'envoyer chacune 430 mètres cubes à 92^m,50 de hauteur. Le moteur, construit dans les ateliers de Deutz, est à deux cylindres opposés de 520 millimètres de diamètre et 760 millimètres de course; il fait 140 tours, et développe aisément 210 chevaux effectifs. Les pompes sont triples à simple effet, comme dans les stations décrites ci-dessus; les pistons plongeurs ont 260 millimètres de diamètre et 700 de course; les valves sont annulaires avec cinq cercles; la levée sur les sièges est de 10 millimètres. Au-dessous des valves, se trouve une grande chambre d'aspiration; sur la conduite est disposée une chambre à air construite en tôle de fer. L'arbre de commande des pompes, faisant 60 tours, est entraîné par dix câbles de coton de 50 millimètres de diamètre. La mise en route du moteur est opérée par une petite machine hydraulique de 8 chevaux, permettant de donner au moteur une vitesse de 20 tours à la minute, alors que les tuyaux de refoulement sont ouverts sur le puits lui-même: le moteur ayant fait quelques tours à ce régime, les inflammations deviennent régulières et la vitesse croît rapidement jusqu'à sa valeur normale; la machine hydraulique s'arrête alors automatiquement, le *by-pass* des pompes est fermé et les pompes travaillent.

Une canalisation relie l'usine à gaz de Bâle au gazomètre de la station hydraulique, de façon à ce que, si le moteur devait être mis en marche à un moment inattendu, on pourrait le faire sans avoir à attendre que le gazogène fût en bonne allure.

Les usines hydrauliques de Rothemburg, de Nierstein, d'Obercassel, de Presseck sont mues par des moteurs à gazoline; celle de Hohenstein est pourvue d'un moteur à pétrole.

Au point de vue mécanique, le fonctionnement de ces usines est excellent; au point de vue économique, il est remarquable. Dans la première installation de Düren on réalisait déjà 228.523 kilogrammètres par mètre cube de gaz, ce qui équivalait à un rendement net de plus de 10 % en eau montée; aujourd'hui le chiffre est considérablement augmenté, ainsi qu'on le voit par le tableau suivant, dans lequel les installations sont classées par ordre chronologique.

VILLES	NOMBRE		PUISSANCE	TRAVAIL en kilogrammètres par mètre cube de gaz
	de moteurs	de cylindres		
Düren	2	2	40	228.523
Quedlinburg	1	1	15	237.407
Coblence	2	3	40	260.605
Carlsruhe	2	2	50	253.695
Bingen	1	1	12	251.721
Gœttingue	1	1	10	253.695
Constance	1	1	16	344.019

Dans les installations au gaz pauvre, on obtient généralement le résultat, relevé à Munster, de 229.411 kilogrammètres par kilogramme de coke et d'antracite ; à Bâle, le kilogramme de coke a donné 313.000 kilogrammètres.

Avec de la gazoline, on a développé à Rothembourg 491.377 kilogrammètres par kilogramme d'essence ; à Hohenstein, le kilogramme de pétrole lampant a permis de produire 253.231 kilogrammètres.

Il n'est dès lors pas étonnant que l'emploi des moteurs se répande en Allemagne pour les distributions d'eau et que la maison Otto, de Deutz, ait monté près de 60 installations de ce genre représentant plus de mille chevaux de puissance.

En Angleterre, de nombreux *waterworks* sont mus par des moteurs à gaz ; nous signalerons les usines de Birmingham, Gloucester, Godalming, Ross, Teignmouth, Wellington, Montgomery, Malborough, Londres (County Concil) montées par MM. Crossley ; celle d'Uxdrige, pourvue d'un moteur Atkinson ; celle de Kenilworth, avec un moteur Clerk ; celle des docks de Sunderland avec un moteur Tangye, etc. Les résultats ne sont pas moins heureux qu'en Allemagne ; l'usine de Montgomery, dont l'*Engineer* a donné une description, nous en fournit la preuve. Les pompes installées dans le puits à plus de 30 mètres du sol, refoulent 16 mètres cubes par heure, sous une charge de 55 mètres dans un réservoir situé à 390 mètres de distance horizontale. Le prix du mètre cube d'eau montée ne dépasse guère 3 centimes, alors que le mètre cube de gaz est payé 13 centimes. A Uxbridge, on marche au gaz pauvre, fourni par des gazogènes Dowson ; la

dépense en anthracite a été d'environ 720 grammes par cheval-heure en eau montée ; par cheval-heure indiqué sur les moteurs elle n'était que de 455 grammes.

La France a été devancée par l'Allemagne et l'Angleterre dans cette voie et nous n'avons guère à signaler que les usines de Brunoy et de Laval et celle de la ville d'Eu.

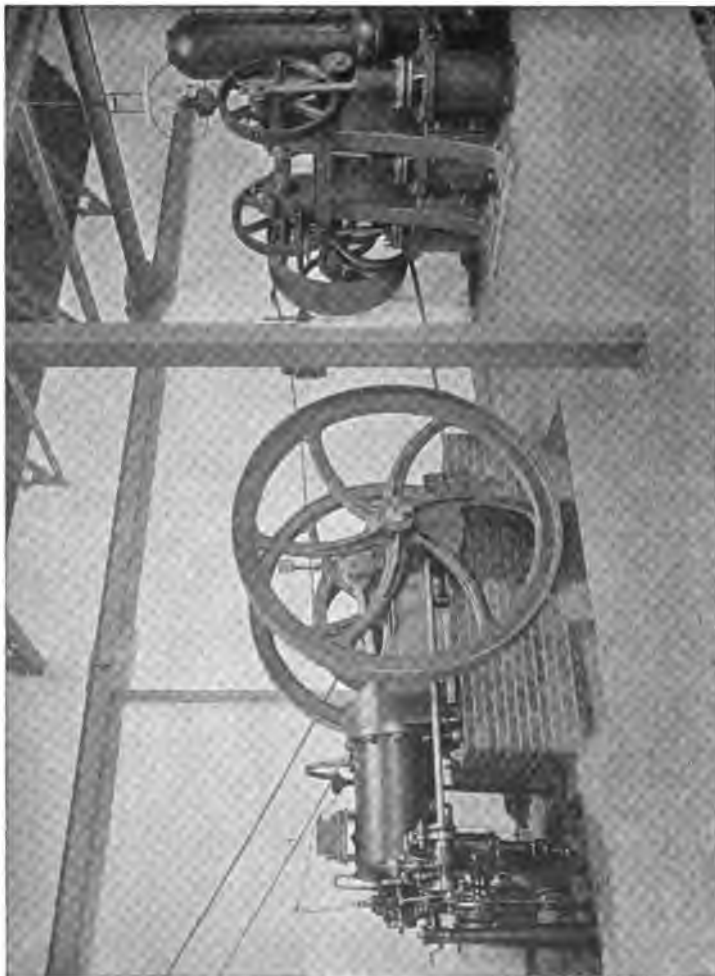


Fig. 147. — Usine hydraulique de Brunoy (Simplex).

L'usine de Brunoy (Seine-et-Oise) possède deux pompes à trois

plongeurs, commandées par deux moteurs Simplex de 25 et de 40 chevaux, alimentés de gaz pauvre par des gazogènes du système Buire-Lencachez. Les moteurs commandent directement et par poulie folle et fixe une deuxième transmission montée sur le bâti même de la pompe (fig. 147). Le moteur de 25 chevaux fait 180 tours par minute et l'arbre principal attaqué en fait 160 ; le mouvement de celui-ci est transmis à l'arbre des pompes au moyen de roues dentées, qui réduisent la vitesse à 40 révolutions par minute. La pompe est verticale ; chacun des trois plongeurs a 265 millimètres de diamètre et leur course commune est de 350 millimètres ; la conduite d'aspiration a 250 millimètres de diamètre, celle de refoulement a le même diamètre. L'eau est refoulée à 60 mètres de hauteur dans un réservoir placé à 1.800 mètres de distance ; en marche courante, le volume débité par cette pompe est de 28 litres par seconde, soit environ 100 mètres cubes par heure. Les clapets d'aspiration et de refoulement sont disposés circulairement ; ils sont en caoutchouc et battent sur des sièges en bronze vissés dans les boîtes à clapet ; ils sont maintenus sur leur siège par des ressorts à boudin, appuyant d'une part sur une rondelle en bronze et d'autre part sur un butoir également en bronze. Cette installation a commencé de fonctionner en juillet 1895.

La ville de Laval était alimentée autrefois par des machines élévatoires mues par turbines prenant l'eau à un barrage de la Mayenne, établi au centre même de la ville. Malheureusement, en cas de sécheresse, le débit de la Mayenne ne suffisait plus pour actionner ces turbines, et la ville se trouvait mal alimentée au moment où la demande devenait la plus forte ; il fallut créer une nouvelle usine élévatrice et ce travail fut confié à MM. Matter et C^o de Rouen, qui appliquèrent leur moteur Simplex et le gazogène Buire-Lencachez. La pompe employée est à piston plongeur double ; elle est établie sur un bâti en fonte d'une pièce la reliant à la large glissière de la bielle et à l'arbre manivelle ; la transmission du mouvement entre le moteur et la pompe s'effectue au moyen d'une paire d'engrenages commandés par courroie avec dispositif de poulie fixe et folle. Le volume d'eau à élever est de 250 mètres cubes par heure. La prise d'eau se fait au-dessous du barrage de Bootz ; la conduite d'amenée a 230 mètres de long et 400 millimètres de diamètre : l'aspiration se fait par deux tuyaux verticaux dans un grand réservoir horizontal en fonte à

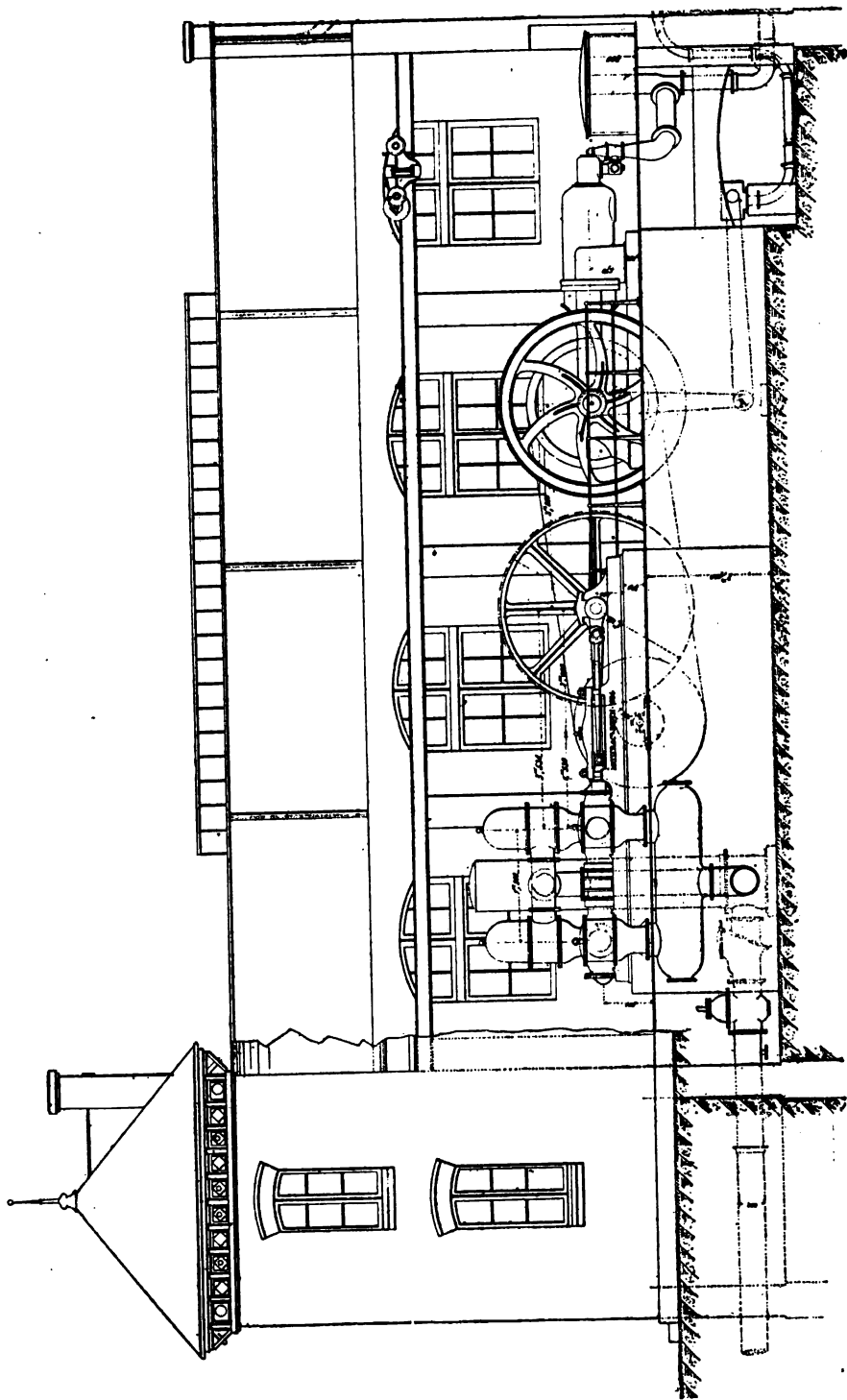


Fig. 148. — Usine hydraulique de Laval (Simplex).

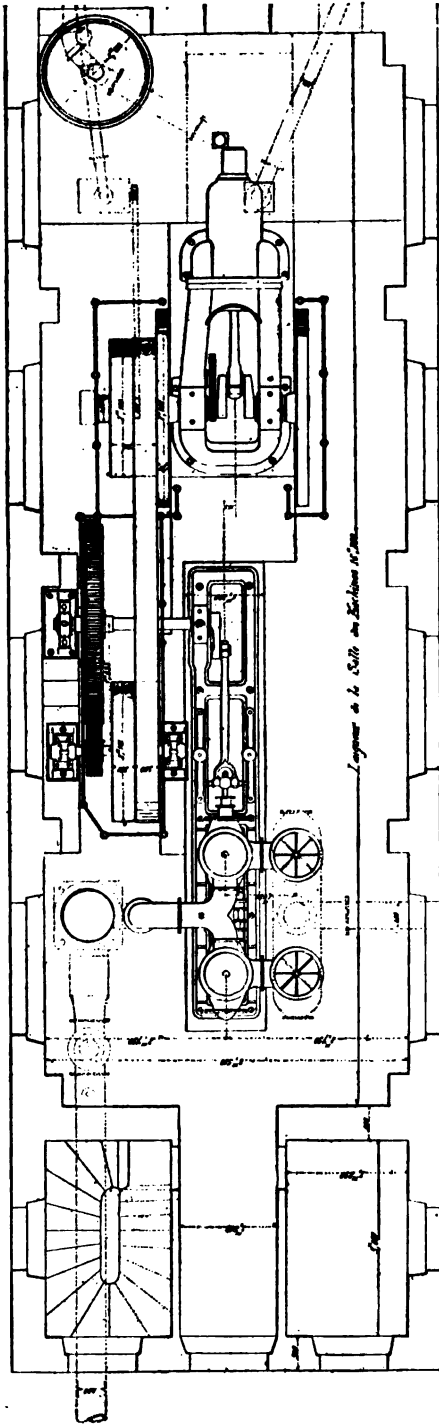


Fig. 149. — Usine hydraulique de Laval.

chambre d'air pour amortir les coups de bélier de la colonne d'eau aspirée. Les corps de pompe sont ovoïdes pour faciliter le dégagement de l'eau ; les chapelles d'aspiration et de refoulement sont semblables, et constituées par deux boîtes en fonte renfermant chacune dix-neuf petits clapets en caoutchouc renforcés par une plaque de métal et chargés par un ressort. Ils présentent une grande section de passage, attendu qu'une levée de 140 millimètres donne 720 centimètres carrés de section ; leur retombée est instantanée et silencieuse. Au refoulement, les deux chapelles sont surmontées de couvercles formant deux réservoirs d'air ; elles sont réunies entre elles par une calotte aboutissant à un autre grand réservoir ayant 4 mètres de hauteur et 800 millimètres de diamètre, construit en tôle de fer, timbré à 8 kilogrammes. A la partie inférieure, se trouve un gros clapet de retenue de 400 millimètres de diamètre, suivi

Echelle $\frac{1}{50}$.

Paris le 20 Novembre 1880
A. B.

M^r Ridet Architecte de La Ville de Laval.

M^r Marchand Ingénieur-voyer de la Ville de Laval.

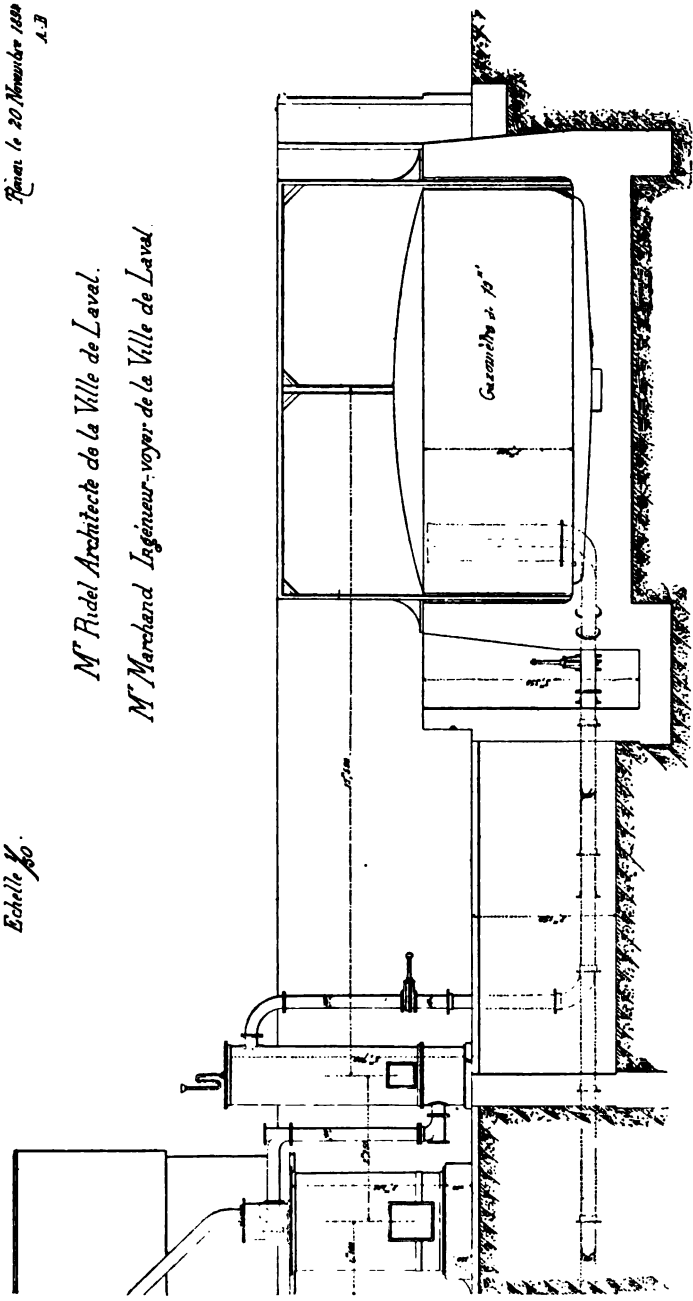


Fig. 150. — Gazogènes de l'usine de Laval (Buire-Lencauchez).

d'une vanne, qu'on ferme en cas de réparation à la conduite. Une

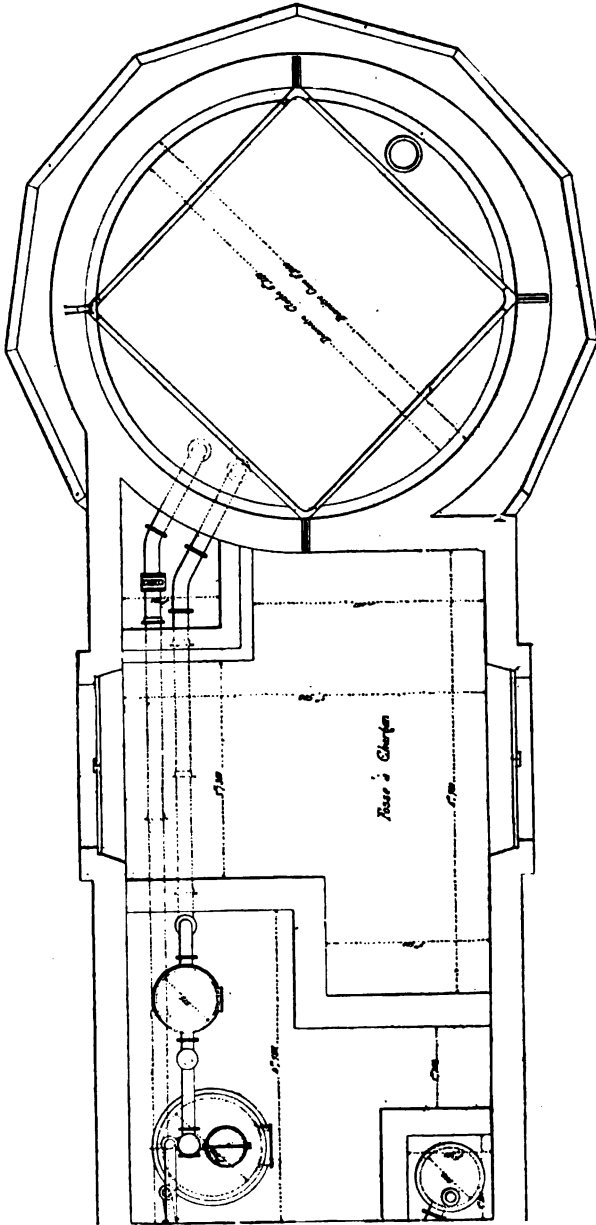


Fig. 151. — Gazogènes de l'usine de Laval.

petite pompe refoule de l'air dans le réservoir pour remplacer celui qui est dissous par l'eau.

Le moteur Simplex a une puissance de 80 chevaux effectifs, ce qui est plus que suffisant pour mouvoir la pompe à sa vitesse normale de 30 tours. Le cahier des charges stipulait que la pompe élèverait 69 litres par seconde, et la dépense d'antracite ne devait point dépasser 650 grammes par cheval-heure effectif. Les essais furent faits par une commission déléguée par la municipalité et la consommation constatée fut inférieure à la garantie. La dépense n'atteignait pas 800 grammes par cheval en eau montée, alors que dans les mêmes conditions une machine à vapeur eût exigé pour le moins 1.500 grammes. Ce résultat méritait d'être relevé : il a été publié par M. J. Pérard, ingénieur-directeur des Eaux de Laval.

L'usine d'Eu est actionnée par des moteurs Niel de 56 chevaux, marchant au gaz pauvre fourni par un gazogène Fichet et Heurtey ; la consommation garantie est de 650 grammes d'antracite par cheval-heure effectif.

Stations d'Electricité.

Les moteurs à gaz pourraient trouver de nombreuses applications dans les stations centrales d'électricité : par suite de circonstances qu'il serait difficile d'analyser et trop long d'exposer, on ne leur a pas fait la place qui leur revenait. On en jugera par les chiffres suivants.

Le nombre des stations d'électricité desservant non seulement les besoins de l'éclairage, mais encore toutes les autres applications de l'électricité, telles que les services de tramways, s'élevait pour la France et l'Algérie, Paris excepté, au 1^{er} janvier 1897, à 422 s'étendant à 424 communes. Le nombre correspondant de stations au 1^{er} janvier 1896 n'était que de 378.

La puissance totale de ces stations était de 48.942 chevaux, au lieu de 47.712 chevaux au 1^{er} janvier 1896. Elle était fournie par :

Force hydraulique	18.331 chevaux
Moteurs à vapeur.	23.575
» à gaz pauvre	386
» à gaz de ville	1.622
» à pétrole	28
	<hr/>
	48.942

Les stations se subdivisaient comme il suit au point de vue de la force motrice employée.

Force motrice	Nombre de stations en	
	1897	1896
Force hydraulique	197	182
Hydraulique et vapenr.	91	48
Moteurs à vapeur	108	128
» à gaz pauvre	8	6
» à gaz de ville.	16	13
» à pétrole	2	1
	<hr/> 422	<hr/> 378

Sur les 422 stations, 24 étaient exploitées par les usines à gaz, 17 seulement par les municipalités et 381 par des concessionnaires spéciaux ou par des établissements produisant déjà l'électricité pour leur propre besoin; cette catégorie paraît assez considérable.

Sur les 24 stations exploitées par les usines à gaz, 15 emploient la vapeur représentant 3.915 chevaux, et 9 les moteurs à gaz pour 910 chevaux.

Ces derniers chiffres sont très significatifs et donneraient lieu à de longs développements.

Les stations exploitées par les municipalités elles-mêmes ne disposaient que de 1.400 chevaux environ.

L'année 1897 a été marquée par un léger progrès des moteurs à gaz et à pétrole; en effet, il y avait, au 1^{er} janvier 1898, environ 450 stations centrales en France, distribuant de l'énergie électrique aux particuliers et aux municipalités. Dans ce nombre on en comptait 215 actionnées exclusivement par les moteurs hydrauliques; 48 par moteurs hydrauliques avec machine à vapeur ou à gaz, de réserve ou auxiliaires; 151 employant exclusivement des machines à vapeur; 30 actionnées par moteurs à gaz, parmi lesquels 6 à gaz pauvre; et enfin 3 par moteurs à pétrole, ces derniers de 12, 16 et 20 chevaux.

L'année 1897 a vu se fonder 37 stations centrales nouvelles; 5 ont disparu ou sombré.

Il serait très intéressant de pouvoir comparer le prix de revient du kilowatt-heure produit dans diverses stations par moteurs à gaz de ville, à gaz pauvre ou par machines à vapeur: nous sommes convaincus que ce parallèle serait de nature à faire croître la clientèle des mo-

teurs à gaz parmi les fondateurs et administrateurs des stations centrales. Nous renverrons nos lecteurs à ce que nous avons dit sur ce sujet dans notre tome II (1), et nous nous contenterons de dire ce que consomme une grande station de Paris actionnée par des machines à vapeur.

L'Usine Municipale d'Électricité des Halles Centrales de Paris, fonctionne depuis plusieurs années et elle peut être considérée comme réalisant les conditions normales d'exploitation ; c'est d'ailleurs une grosse usine, qui a coûté 1.300.000 francs et qui produit par année plus d'un million de kilowatts. Or, le prix du kilowatt ressortait, en 1893, à 43,76 centimes : le service de l'usine absorbait 50 % de la dépense totale, les charges administratives, et d'exploitation s'élevaient à 31 % et le reste, soit 19 %, était absorbé par les charges diverses de capital et de monopole. La consommation de charbon par kilowatt-heure a atteint le chiffre énorme de 3^k,974 (2). Nous retenons ce dernier renseignement.

Cette consommation est évidemment excessive, car dans une station de grande importance, on consomme généralement 2 kilogrammes de charbon par kilowatt-heure ; mais elle constitue un fait.

Or, l'usine de Dessau de M. von Oechelhaeuser a consommé en moyenne annuelle 1.240 litres de gaz par kilowatt-heure, et l'on pourrait certainement abaisser ce chiffre à 1.100 litres avec de bons moteurs ; les usines marchant au gaz pauvre consomment environ 1^k,25 de charbon par kilowatt.

Ces chiffres ont leur éloquence !

On pourra essayer de diminuer leur portée en citant quelques essais malheureux d'application des moteurs à gaz pauvre dans certaines villes, qui se sont vues obligées de remplacer des gazogènes par des chaudières et des moteurs à gaz par des machines à vapeur. Nous connaissons ces exemples ; mais ils prouvent seulement que les ingénieurs chargés de ces installations n'ont pas su choisir judicieusement le moteur et le constructeur, ou bien qu'ils se sont trouvés aux prises avec des difficultés plus grandes.

Les services que les moteurs peuvent rendre dans les stations centrales sont d'ailleurs fort variés.

(1) Page 349.

(2) Ce charbon coûte, rendu à l'usine, 26 fr.,90 la tonne.

Dans les stations centrales d'électricité, pour lesquelles le débit est très variable suivant les heures de la journée et de la nuit, on est obligé d'établir comme réserve d'importantes batteries d'accumulateurs, que l'on charge pendant les périodes de moindre consommation et qui restituent l'énergie emmagasinée au moment du besoin. Ces batteries ont le défaut de coûter cher, d'être d'un entretien coûteux, d'exiger des soins particuliers et d'occuper beaucoup de place. Il serait souvent plus avantageux d'employer comme réserve un moteur à gaz, qui interviendrait comme renfort au moment où la machine motrice se trouverait surchargée. C'est l'idée qu'a eue M. Perry; mais il importait pour la faire accepter de déterminer la consommation d'un moteur sous charge variable; il l'a fait pour un moteur dont il n'indique pas le type et il a observé que les dépenses de gaz étaient, pour une puissance de 12 chevaux nominaux, de 1.350 litres par cheval quand il développait 1 cheval, de 590 litres quand il faisait 4 chevaux et de 450 litres, à son maximum de 12 chevaux. Ces chiffres sont tout à l'honneur du moteur essayé par M. Perry et on ne les relèverait pas sur tous les moteurs. L'idée de l'ingénieur américain méritait néanmoins d'être signalée ici, car il serait très logique en certains cas de faire des moteurs à gaz des agents d'accumulation et de réserve.

Les arguments que nous avons fait valoir ci-dessus en faveur des distributions d'énergie par canalisation de gaz militeraient aussi en faveur de l'établissement de sous-stations, alimentées par une usine à gaz centrale, et engendrant sur place l'énergie dont elles ont besoin pour le réseau qu'elles desservent. Cette combinaison du gaz et de l'électricité donnerait satisfaction à la nombreuse clientèle qui réclame l'électricité et elle permettrait souvent aux compagnies gazières de conserver leurs usines et d'en tirer parti avantageusement pour elles et leurs abonnés.

Nous avons donné déjà la description d'un certain nombre de stations centrales actionnées par des moteurs à gaz et nous nous exposerions à de peu intéressantes redites en entreprenant de donner ici de nouvelles monographies de semblables installations. Nous nous contenterons donc de recueillir quelques données qui nous ont été fournies ou que nous avons puisées dans les revues techniques.

Un cas qui n'est pas vulgaire est celui de cette station de Wauheska

signalée par le *Journal des Usines à gaz* (5 novembre 1893) dans lequel un moteur Otto de 100 chevaux est accouplé à une machine à vapeur de même puissance. L'arbre de renvoi, attaqué par le moteur, porte une poulie de grande masse, tournant à 690 tours. Un renvoi à griffes permet d'opérer toute sorte de combinaisons et de faire marcher l'une ou l'autre des dynamos par le moteur, par la machine à vapeur ou par les deux à la fois.

La station centrale de Tarrasa, en Catalogne, est actionnée par trois moteurs Crossley de 25 chevaux, alimentés de gaz pauvre, fourni par un gazogène Dowson : les dynamos sont du type Crampton. Cette installation, faite par les soins de M. Walls, ingénieur de la maison Julius Neville, de Barcelone, a donné d'excellents résultats. Des essais exécutés sous la direction de M. Prats, professeur à l'École Industrielle de Barcelone, ont permis de constater une dépense de 994 grammes de coke et d'anhracite par kilowatt disponible au tableau de la station. Etant donné le prix du charbon en Espagne, l'emploi de l'anhracite n'est pas onéreux et il est permis de comparer ces 994 grammes de coke et d'anhracite aux 2 kilogrammes de charbon de Cardiff qu'aurait dépensés une machine à vapeur pour produire un kilowatt. L'exemple de Tarrasa pourra décider les ingénieurs espagnols à donner encore la préférence aux moteurs à gaz et aux gazogènes.

Les applications des moteurs aux installations électriques privées se multiplient aussi, et nous avons à en signaler de très heureuses.

L'éclairage du Casino de Royan, fait par la Compagnie des Moteurs Niel est une des meilleures installations du genre ; la nouveauté des problèmes qu'il a fallu résoudre justifie la description détaillée que nous ferons de ce beau travail d'ingénieur (1).

La salle des machines mesure 11^m,50 sur 11 mètres ; les machines forment trois groupes, un de 80 chevaux et deux de 40. Le moteur de 80 chevaux est à deux cylindres parallèles, du type de ceux installés déjà à Reims, Calais, Toulon et Valence, en Espagne. Ses dimensions sont les suivantes :

Diamètre des cylindres	380 ^m / _m
Course du piston	0 ^m ,600
Vitesse de régime	160 révolutions

(1) Nous empruntons les chiffres et les données qui suivent à l'excellente revue *l'Énergie Électrique*, numéro du 16 novembre 1895.

Une large courroie de cuir commande une dynamo de la Société Alsacienne de 110 volts et 400 ampères.

Les deux autres moteurs sont monocylindriques et actionnent chacun, à la vitesse de 170 tours à la minute, une dynamo de 200 ampères des mêmes constructeurs.

Les trois moteurs sont munis d'un appareil spécial de mise en marche de la Compagnie Niel. L'alimentation est assurée par deux compteurs à gaz de 500 becs placés à chaque extrémité du bâtiment et reliés ensemble par une conduite générale de gaz de 150 millimètres, longeant la salle des machines. Chaque poche à gaz est indépendante et, s'il survenait un accident à l'un des moteurs, la simple manœuvre d'un robinet l'isolerait complètement de la canalisation du gaz.

Les trois moteurs ont chacun deux lourds volants et les trois dynamos sont munies de poulies-volants d'un poids considérable, qui assure à la lumière une fixité remarquable.

Les deux dynamos de 200 ampères tournent à la vitesse de 700 tours par minute et la dynamo de 400 ampères à la vitesse de 600 tours par minute.

Toutes les dynamos aboutissent à un tableau général de groupement à 9 directions.

On a cru pouvoir se dispenser d'installer une batterie d'accumulateurs, ce qui est peut-être un peu téméraire.

L'entreprise comportait l'installation de tout le service des eaux, nécessaires au Casino ; or le pays est entièrement dépourvu d'eau douce.

Il fallait, en outre, et dans ces conditions de pénurie d'eau, assurer le refroidissement des cylindres de moteurs à gaz.

Enfin, les deux points essentiels de tout ce programme étaient surtout d'éviter toute trépidation et tout bruit à l'intérieur du Casino, et de n'apporter aucun trouble aux villas voisines, soit par l'échappement, soit par l'aspiration.

Toutes ces difficultés ont été résolues avec un rare bonheur de la façon suivante : les trépidations ont été à peu près complètement supprimées au moyen d'un radier en béton de 0^m,80 d'épaisseur établi à une profondeur d'environ 1^m,60 dans le sol, et complètement indépendant des fondations du Casino. Sur ce radier a été élevé le bâtiment des machines, ainsi que les massifs des moteurs et des dynamos. Pour éviter le

bruit strident, le *sifflement* qu'on entend généralement dans les moteurs à gaz de grande puissance au moment de l'aspiration, la Compagnie des Moteurs Niel a disposé à l'intérieur de la salle des machines deux cheminées en brique débouchant dans un caniveau général d'aspiration d'air qui longe toute la salle et arrive à l'air libre au-dessus du toit. A cet endroit, un véritable matelas de coke de cornue, reposant sur un grillage, filtre pour ainsi dire l'air au fur et à mesure de son aspiration et amortit complètement le sifflement que nous signalions plus haut.

Les pots d'échappement de chaque cylindre reposent dans un caniveau général, lequel longe extérieurement toute la salle des machines et aboutit à chaque extrémité à une cheminée carrée de 1 mètre de côté. Dans la hauteur de chaque cheminée, plusieurs dalles de pierre, percées d'ouvertures établies en quinconces, tamisent la veine gazeuse, en empêchent l'évacuation d'un seul jet et en amortissent absolument le bruit.

Voici le détail des frais d'établissement de cette belle installation :

160 chevaux : moteurs à gaz, tuyauterie, transports et montage	60 000
Dynamos et leurs accessoires, courroies, tableaux de groupement, montage	20 500
Service de l'eau, pompes, tuyauterie	4 000
Canalisation électrique principale de la station et divers . . .	5 500
Ensemble de l'installation pour la station d'électricité proprement dite.	90 000

L'*Énergie Électrique* nous fait connaître quelques chiffres d'exploitation de la première campagne.

Le relevé des deux compteurs à gaz pour 74 journées de marche, du 25 août au 6 octobre inclus, forme un total de 31.653 mètres cubes.

Le nombre des kilowatts-heure relevé d'après les feuilles de service de l'électricien s'élève :

Pour le grand éclairage à . . .	25 580 kilowatts-heure
— service de nuit. . . .	4 425,2
Soit à un total de . . .	29 955,2 kilowatts-heure.

Ce qui nous donne une consommation de :

$$\frac{31\ 653}{29\ 955,2} = 1\ 056 \text{ litres par kilowatt-heure.}$$

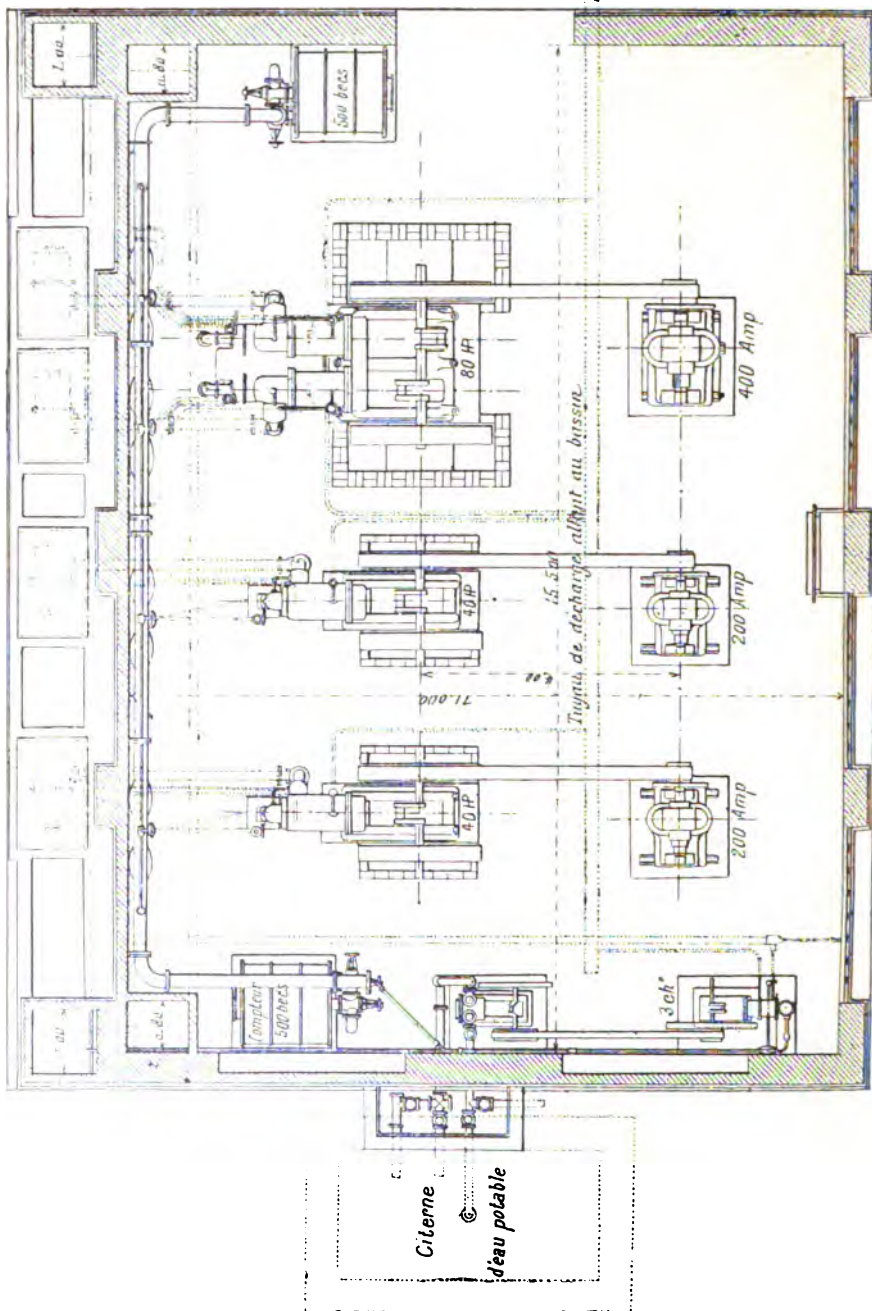


Fig. 152. — Casino de Royan (Motours Niel).

Les frais de production du kilowatt-heure ressortent à 40 centimes, le gaz étant payé 30 centimes.

L'amortissement d'une semblable installation, qui ne fonctionne que deux mois par an, pourrait être fait en 20 années. Mais alors même qu'il faudrait compter 10 % d'amortissement, on arriverait au total de :

Amortissement	9 000
Frais d'exploitation	13 775,90
Total	<u>22 775,90</u>

pour 29.935,2 kilowatts-heure.

Ce qui porte le prix de revient du kilowatt-heure à 0 fr.,76 avec du gaz à 0 fr.,30 le mètre cube.

Dans la plupart des villes où le gaz est vendu aux moteurs au prix de 0,20 et même 0 fr.,15, le kilowatt-heure ne reviendrait, amortissement à 10 % compris, qu'à 0,66 ou 0 fr.,60.

Ces résultats sont très intéressants.

Une autre belle installation, dont *l'Énergie Électrique* nous donne encore la description (1) est celle qui a été faite par la Société des Industries Économiques (Moteurs Charon) à l'Imprimerie Nationale à Paris.

On sait que cette imprimerie est installée rue Vieille-du-Temple, dans l'ancien hôtel de Rohan : un personnel nombreux de 1800 ouvriers et employés est entassé dans des salles étroites, obscures et mal aérées, dans lesquelles les conditions hygiéniques de l'existence sont fort mal réalisées. Il fallait supprimer l'éclairage au gaz, qui vicia l'air et produit une chaleur malsaine, d'autant plus intolérable que, dans cet établissement, les heures de veille sont aussi nombreuses que celles du travail de jour. Malheureusement les fonds manquaient et la réforme, qui s'imposait pourtant, était constamment remise à l'année suivante et à un budget mieux équilibré.

C'est alors que la Société des Industries Économiques offrit au Ministère de la Justice une combinaison permettant d'installer l'éclairage électrique à l'Imprimerie Nationale sans qu'il dût rien en coûter à cet établissement. Cette combinaison repose sur les bases suivantes :

La Société des Industries Économiques a fait, à ses frais, toute l'installation comprenant :

1) Numéro du 1^{er} avril 1897.

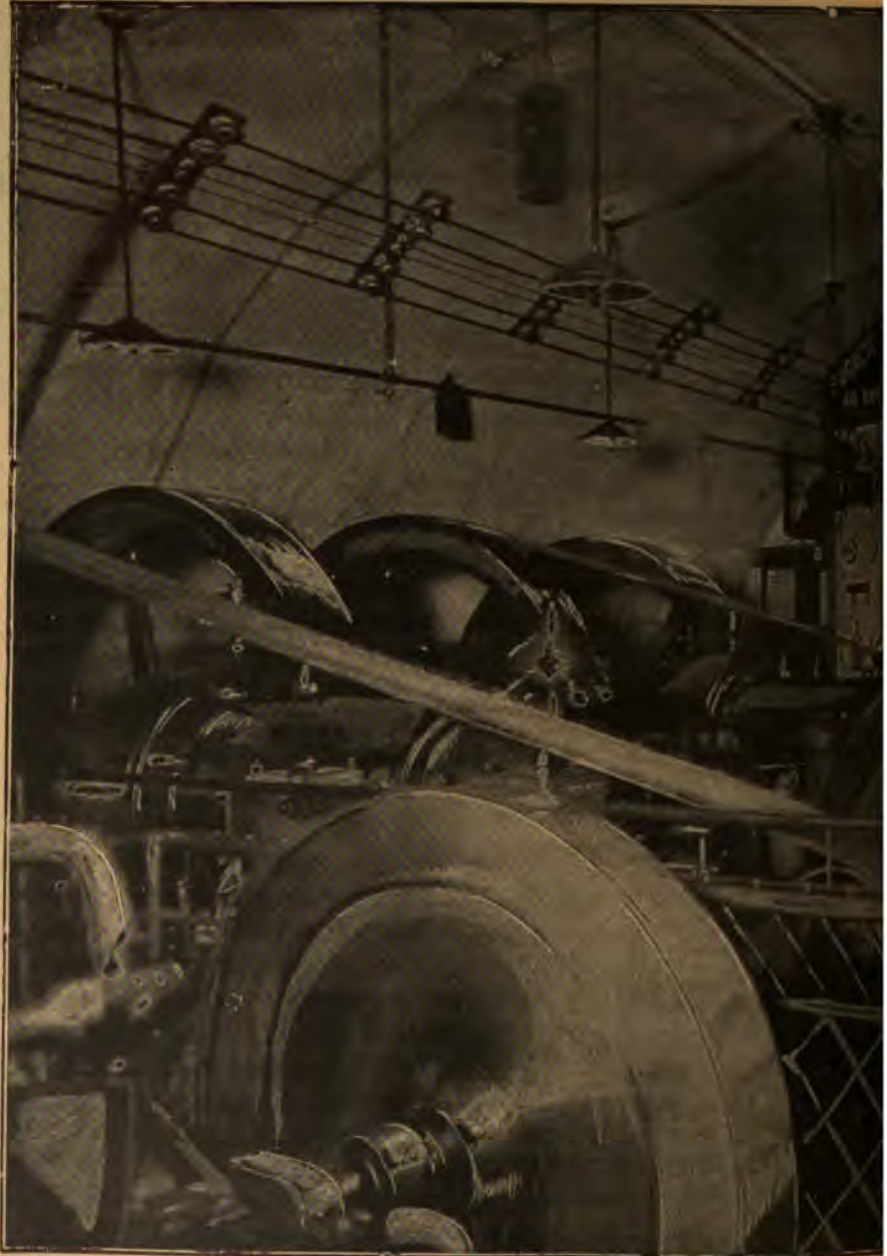
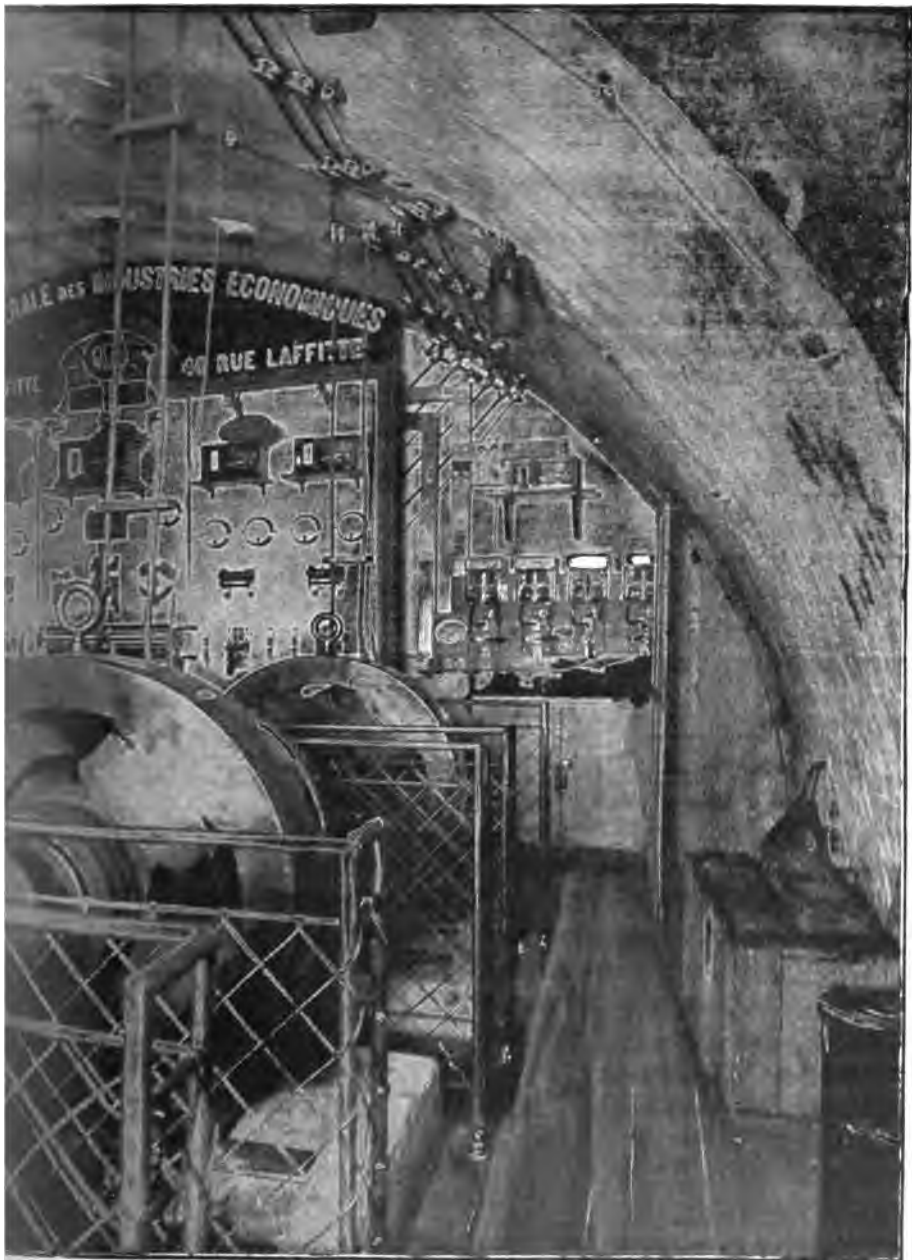


Fig. 153. — Salle des Moteurs



Imprimerie Nationale (Charon)

Une salle de machines avec une puissance de 200 chevaux environ, en moteurs à gaz « Charon », une salle d'accumulateurs et une canalisation pour 2 à 3.000 lampes de 16 bougies.

La Société Générale des Industries Economiques est chargée de l'exploitation pendant treize ans. Pendant ces 13 ans, elle donne à l'Imprimerie Nationale la lumière électrique à un prix inférieur à celui que cette dernière payait autrefois pour son éclairage au gaz. Néanmoins, en ce laps de temps, la Société des Industries Économiques doit récupérer l'amortissement de son matériel, payer les frais d'exploitation et réaliser, s'il se peut, le bénéfice auquel elle a droit. Au bout de treize ans, l'installation se trouvant complètement amortie, deviendra la propriété de l'Imprimerie Nationale, c'est-à-dire du Ministère de la Justice.

En résumé l'Etat n'a rien eu à déboursier pour installer l'éclairage électrique à l'Imprimerie Nationale. Celle-ci paiera, pendant 13 ans, son éclairage électrique bien moins cher qu'elle ne payait son éclairage au gaz et, à l'expiration des 13 années, elle deviendra propriétaire de toute l'installation, ce qui lui permettra alors de s'éclairer elle-même à des prix presque dérisoires.

Voilà pour la partie économique. Passons maintenant à la partie technique et décrivons en détail cette installation d'éclairage électrique par moteurs à gaz qui est certainement, dans son genre, une des plus importantes parmi les installations privées. Elle a été complètement étudiée par les ingénieurs de la Société des Industries Économiques sous le contrôle de MM. Ribourt, Bourdon et Vigreux, ingénieurs chargés par le Ministre de la Justice et par l'Imprimerie Nationale de surveiller l'exécution des travaux.

L'installation, nous l'avons dit, comprend :

- Une salle de machine ;
- Une salle d'accumulateurs ;
- Une canalisation électrique.

La canalisation électrique a été confiée par la Société des Industries Économiques à la maison Jean et Bouchon. Celle-ci a installé tout d'abord 2.000 lampes ; mais ce nombre augmenta rapidement et il existe aujourd'hui environ 2.500 lampes en fonctionnement, et tout fait prévoir prochainement le chiffre de 3.000.

La batterie d'accumulateurs a été montée par la maison Pisca. Elle

comprend 61 éléments d'une capacité de 1.050 ampères-heure. Chaque élément est composé de 48 plaques pesant ensemble 209 kilogrammes. Les positives sont des plaques rainées à formation mixte « Planté » et électro-chimique. Les plaques négatives sont à pastilles, à grande capacité.

Le montage est des plus simples, avec plaques jumelles suspendues extérieurement à de doubles tubes en verre ; l'écartement des plaques est assuré par leur suspension même et, de plus, par des tubes en verre accrochés par le haut à des porte-tubes extérieurs également en verre.

On fut fort embarrassé de trouver une place pour loger les moteurs. La Direction ne put disposer que de deux caves voûtées mesurant au total 20 mètres de longueur (fig. 153) sur 8 mètres de largeur, et c'est dans ce local exigu qu'il fallut loger 200 chevaux-vapeur ! Le problème a été résolu d'une façon très satisfaisante sinon élégante ; la figure 154 est un plan de l'installation.

L'installation comprend actuellement : 4 moteurs Charon de 45 chevaux chacun ;

4 dynamos construites par la Compagnie de Fives-Lille dans ses ateliers de Givors-sur-Lyon.

Les accessoires nécessaires, et enfin le tableau de distribution.

Ce dernier, en marbre blanc, occupe le fond de la salle ainsi que le montre la figure 153, et permet d'avoir à portée de la main tous les commutateurs, interrupteurs, réducteurs et appareils de mise en marche. Le haut du panneau est occupé par les instruments de mesure.

La charge et la décharge des accumulateurs sont contrôlées par un wattmètre enregistreur « Richard » dont les feuilles sont divisées en deux parties : la ligne du milieu de la feuille correspond au zéro ; la partie supérieure enregistre la décharge et la partie inférieure, la charge.

Ce wattmètre est constamment contrôlé lui-même par un ampèremètre spécial « Chauvin et Arnoux », permettant des indications dans les deux sens, pour la charge et la décharge, et, de plus, par des ampèremètres enregistreurs correspondants à chaque machine, et, enfin, par des compteurs Elihu Thomson inscrivant la consommation de l'Imprimerie Nationale.

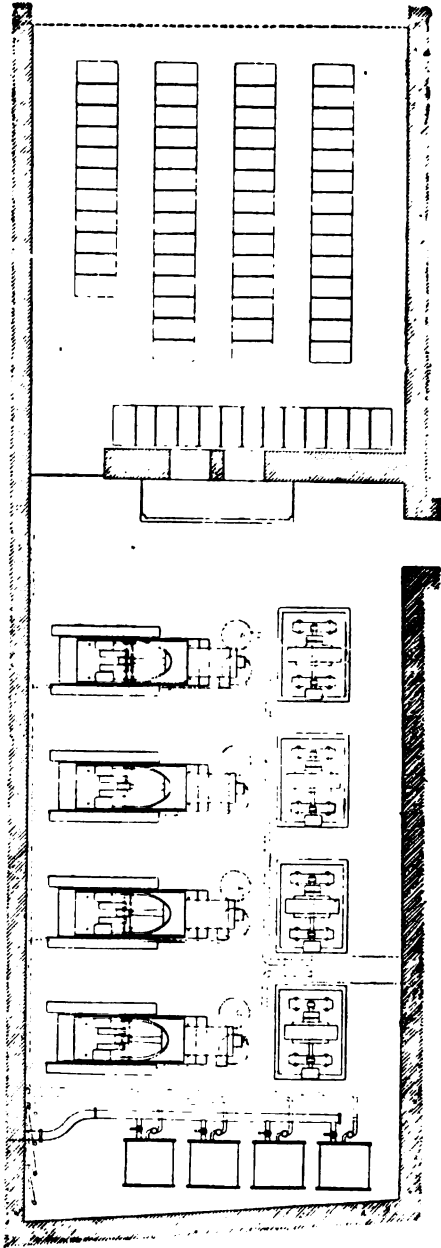


Fig. 154. — Moteurs Charon à l'Imprimerie Nationale.

Par surcroît de précaution, ces compteurs sont eux-mêmes précédés d'un ampèremètre totalisateur.

Les dynamos sont commandées directement par courroies : ces machines sont tétrapolaires. Les inducteurs sont venus de fonte avec la boîte et les supports de paliers. Notons une particularité curieuse : la carcasse polaire consiste en un cylindre creux en fonte ou anneau polaire reliant magnétiquement tous les pôles de l'inducteur. Ce système a l'avantage de permettre au changement de polarité de l'induit de se faire graduellement sans aucune étincelle au collecteur. Ces dynamos agissent en effet comme réceptrices pour le démarrage des moteurs à gaz, ce qui rend la manœuvre des plus simples.

L'enroulement de ces machines est du type à tambour.

Pour éviter l'échauffement pendant les longues marches, les bras portant le noyau feuilleté sont en hélice, ce qui produit une ventilation efficace de l'induit.

Le nombre des lampes à incandescence de diverses intensités est de plus de 2.500 actuellement.

L'installation complète a coûté environ 200.000 francs.

Les moteurs marchent toujours à pleine charge, attendu que la batterie absorbe l'énergie non dépensée aux lampes; dans ces conditions, excellentes pour les moteurs, et surtout pour le moteur Charon, on obtient aux bornes des dynamos 352 watts par cheval-heure effectif, soit plus de 1.100 watts par mètre cube de gaz. Ce résultat est très remarquable et nous tenions à le relever et à le signaler ici.

Le résultat économique est le suivant : autrefois l'Imprimerie Nationale était éclairée par 1.500 becs de gaz et l'administration déboursait annuellement de ce chef de 120.000 à 150.000 francs. Aujourd'hui, avec la même dépense, les services reçoivent le double de lumière et la Société des Industries Économiques affirme qu'elle ne regrette pas son marché, qui lui laissera un bénéfice sensible à l'expiration des treize années pour lesquelles elle a traité. Ainsi se trouve confirmée la thèse, que j'ai énoncée il y a plus de dix ans, et qu'on trouva alors paradoxale, à savoir qu'il était plus avantageux de brûler le gaz dans des machines que dans des becs pour faire de l'éclairage.

Les pères bénédictins de Solesmes ont aussi éclairé leur beau monastère à l'électricité et c'est à un moteur Simplex, alimenté par un gazogène Buire-Lencachez, qu'ils ont donné la préférence. Les figures 155 et 156 donnent le plan complet de cette petite station, dont le fonctionnement n'a pas laissé à désirer.

Enfin tout récemment une usine électrique, actionnée par des moteurs à gaz, a été construite dans une des cours du Palais Bourbon pour l'éclairage de la Chambre des Députés et de l'Hôtel de la Présidence.

L'usine comprend deux moteurs de 30 chevaux et quatre de 50, mais on a prévu une installation de 400 chevaux. L'allumage des moteurs est électrique et le courant est pris sur les balais de la batterie d'accumulateurs. Le démarrage des moteurs se fait aussi électriquement. Cette belle installation a été entreprise par la Compagnie parisienne, qui a placé là des moteurs Lenoir.

Le moteur à gaz a enfin trouvé une nouvelle clientèle dans les usines de tramways électriques.

L'établissement de Lausanne occupe le premier rang dans l'espèce.

La force motrice est fournie par deux groupes de moteurs Crossley de 130 chevaux chacun, alimentés par deux gazogènes Fichet et

ABBAYE DE SOLESMES.
 Projet d'Installation d'un moteur "Simplex" gaz pauvre de 60 ch..
 Système E. Delamare De/boutteville et.
 L. Malandin

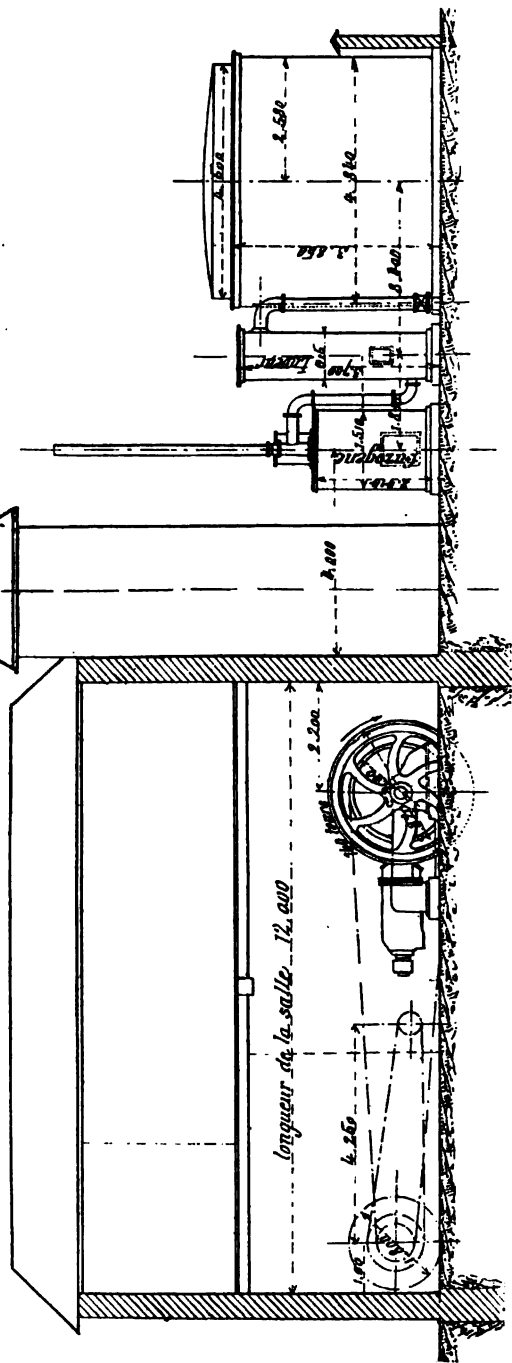


Fig. 165

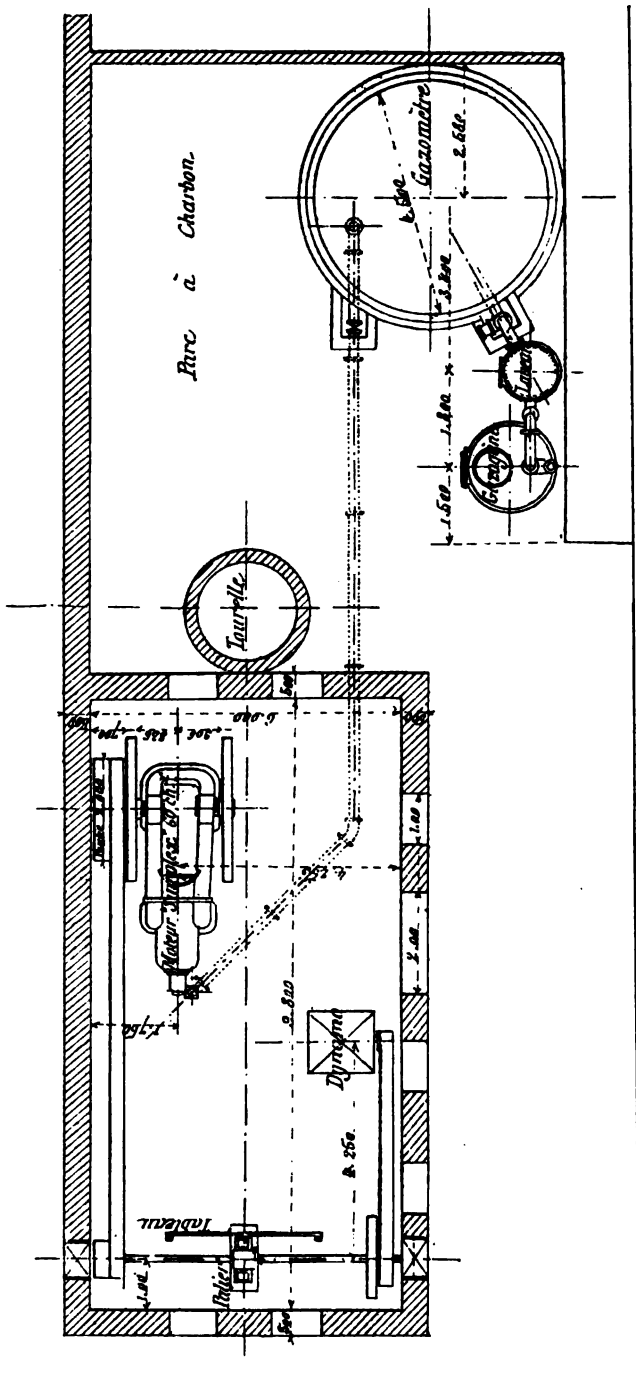
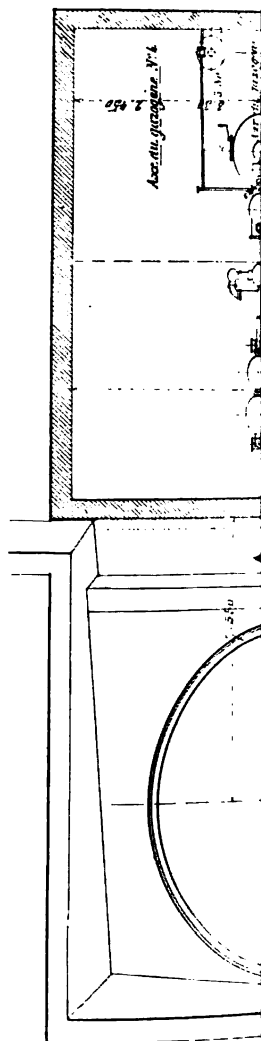
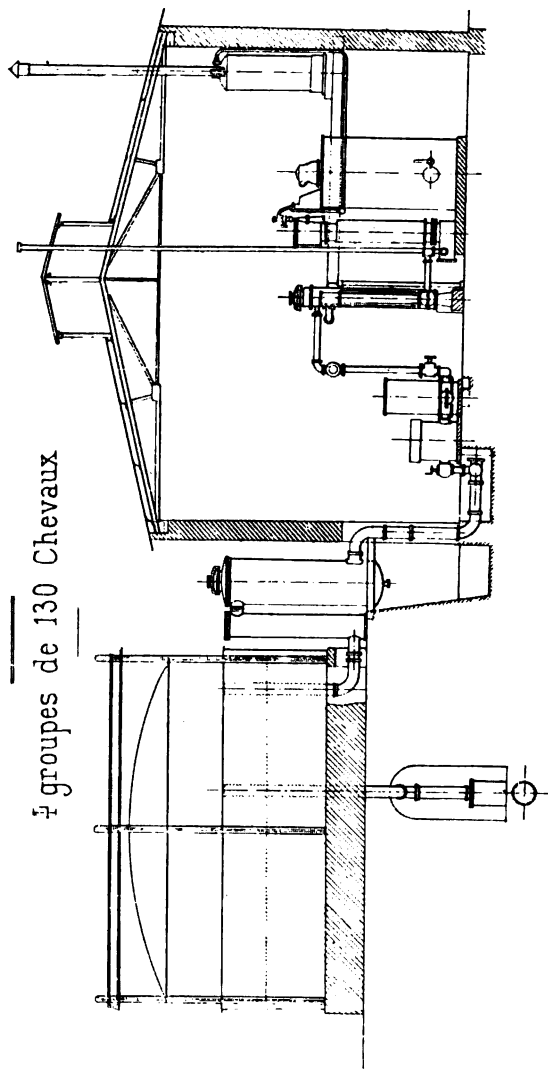


Fig. 156.

Installation de Force motrice au gaz mixte de l'Usine des Tramways Lausannois.

Echelle de $\frac{1}{200}$
4 groupes de 130 Chevaux



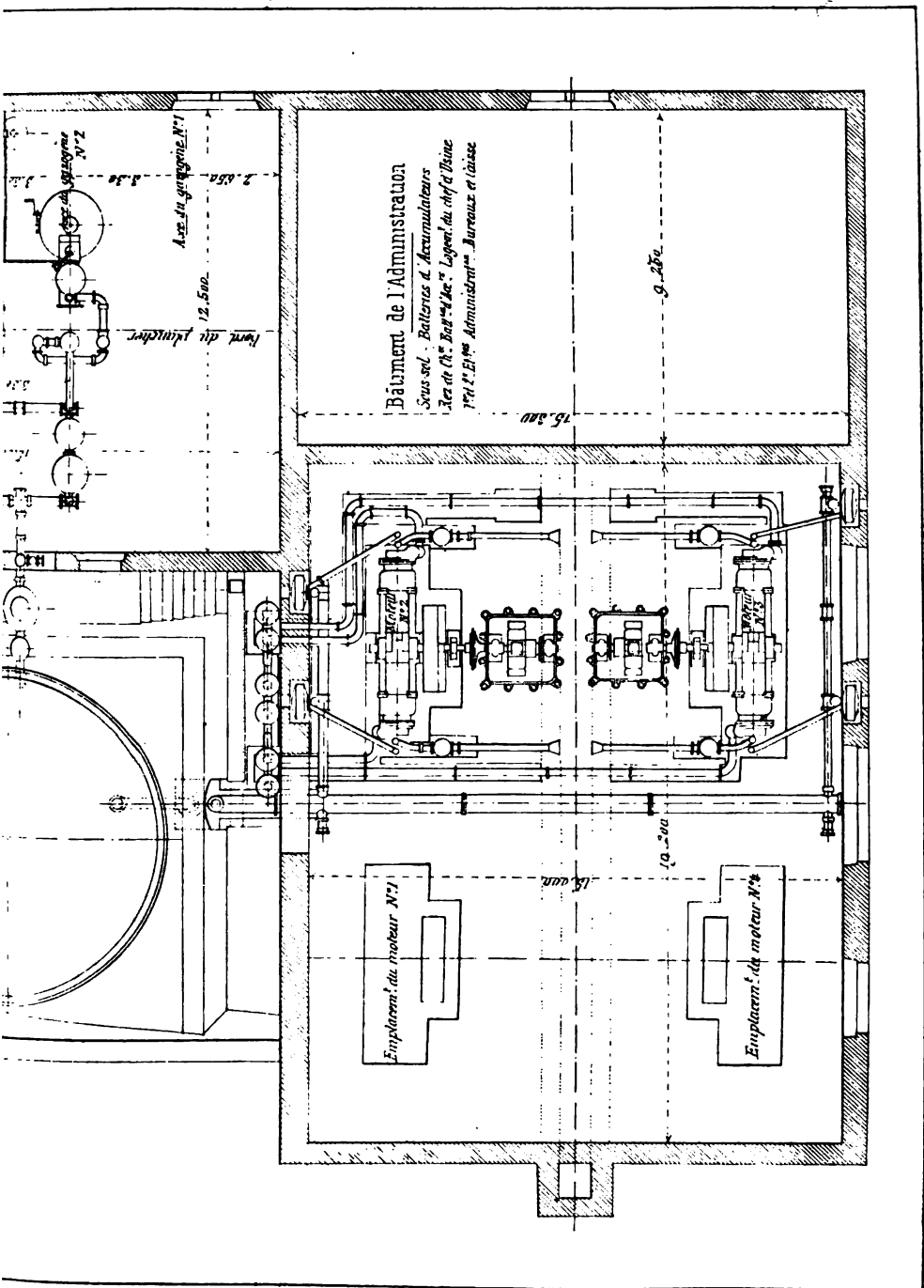


Fig. 157

Heurley; la figure 157 donne le plan de cette belle installation, destinée à être doublée à bref délai.

Chaque gazogène peut produire le gaz correspondant à une puissance de 150 chevaux. La vapeur est fournie par deux petites chaudières verticales de 8 mètres carrés de surface de chauffe; une seule suffit pour l'alimentation des deux gazogènes. Après sa sortie du gazogène et des épurateurs, le gaz se rend dans un gazomètre de 160 mètres cubes et de là aux moteurs par une canalisation de 50 centimètres de diamètre.

Les moteurs Crossley sont à deux cylindres opposés, à trois paliers, avec un volant du poids de 6.500 kilogrammes et de 2^m,40 de diamètre. L'allumage se fait par des bougies en porcelaine maintenues incandescentes par un brûleur alimenté par le gaz des gazogènes. La vitesse normale est de 160 tours par minute.

Chaque moteur à gaz commande directement une dynamo Thury à 6 pôles par l'intermédiaire d'un manchon d'accouplement, dans lequel on a remplacé les bagues en caoutchouc par une simple cordelette.

Le bâtiment de l'usine génératrice a été porté au compte des frais d'établissement pour une somme de 145.690 fr.,85; les gazogènes, moteurs et accessoires, pour 106.429 fr., 45 et les installations électriques pour 216.396 fr.,55.

L'installation électrique de l'usine comprend une batterie d'accumulateurs Pollak de 300 éléments possédant 700 ampères-heure de capacité à la décharge en 3 heures, groupés en parallèle avec les génératrices et la ligne, et destinés à servir à la fois de régulateur pour les énormes variations de charge et de réserve en cas d'accident aux machines. Les éléments de réserve, au nombre de 114, sont groupés 3 à 3 à l'aide d'un réducteur automatique Thury.

La charge des éléments de réserve s'effectue en deux séries par un survolteur constitué par un moteur de 12 chevaux à 550 volts, commandant directement une génératrice à basse tension d'égale puissance.

Le tableau est prévu pour 4 groupes; il est placé sur une galerie isolée d'où l'on domine la salle des machines; il renferme les appareils nécessaires aux deux groupes et aux cinq artères qui alimentent le réseau.

Le fonctionnement de l'installation est très satisfaisant. L'amortissement du bruit de l'échappement a donné lieu à quelques difficultés au début; elles ont été complètement surmontées par une légère adjonction au type normal d'amortisseur Crossley.

Le service des gazogènes est extrêmement simple; un homme suffit pour le service des deux gazogènes, lors même qu'ils travaillent à pleine charge.

Il en est de même pour le service des moteurs et du tableau. L'équipe normale comprend trois hommes, dont un pour les gazogènes, un pour les moteurs et un pour le tableau.

Les consommations sont restées en dessous des garanties, tant pour le charbon, comme quantité et comme prix, que pour l'eau de lavage et de refroidissement et le graissage.

Le gazogène Fichet et Heurtey permet l'emploi de charbons maigres très menus; on a utilisé en partie des anthracites belges de 14/20 millimètres, des charbons maigres d'Anzin de 13/20, et des charbons maigres de Cessous (Haute-Loire) de 15/25. Le prix de ces charbons en gare de Lausanne est sensiblement inférieur à 35 francs la tonne qui a été garanti comme prix maximum par la maison Fichet et Heurtey. Ces charbons sont transportés par un wagon spécial de la gare au dépôt et de là à l'usine par un couloir en bois; la manutention et le camionnage sont donc réduits à un minimum.

La consommation de charbon, déterminée sur des relevés de trois mois d'exploitation, est de 882 grammes par kilowatt, ce qui équivaut à 577 grammes par cheval-heure; mais en réalité la consommation est inférieure à ce chiffre, car les relevés quotidiens ne font aucune distinction entre la consommation pendant les heures de travail et celle des appareils au repos. Ainsi, il y a, chaque jour, arrêt des moteurs de minuit à six heures du matin, et cependant le gazogène est maintenu allumé; de plus, il y a toujours un gazogène allumé et un moteur de rechange prêt à être mis en route au premier signal. Le relevé mentionné plus haut ne fait aucune distinction entre les heures de marche et d'arrêt et la consommation du gazogène de rechange; tout est compté en bloc. Il en résulte que le chiffre de 577 grammes par cheval-heure est très notablement supérieur au chiffre réel. Celui-ci doit être de 540 à 550 grammes.

Cette installation fait le plus grand honneur à MM. Fichet et Heurley qui l'ont entreprise et en ont assumé la responsabilité.

Voici d'ailleurs ce que nous avons lu dans le premier rapport fait par M. Palaz, administrateur délégué, aux actionnaires :

« La préférence qui a été donnée au moteur à gaz sur la machine à vapeur a été entièrement justifiée par les résultats de l'exploitation. Malgré les conditions si défavorables du réseau, qui font que la consommation d'énergie électrique par kilomètre-voiture est double de ce qu'on constate ailleurs, la consommation de charbon par kilomètre-voiture n'a pas dépassé 1.150 grammes, en y comprenant encore la dépense nécessitée pour l'éclairage de l'usine, du dépôt, des bureaux, des stations et des voitures, ainsi que le chauffage des voitures. C'est un résultat très remarquable ».

Même succès aux tramways de Zurich (*Centrale Zuricherbahn*) : cette station a été étudiée par M. Meyer (1).

Cette Compagnie de tramways n'exploite à Zurich qu'une ligne de 2.100 mètres, alimentée par une canalisation aérienne; mais cette ligne présente des rampes de 7 % et des courbes de 16 mètres de rayon, ce qui n'empêche pas les voitures de faire le trajet en moins de six minutes : 26 voyageurs peuvent y prendre place.

La puissance motrice est fournie par deux moteurs Crossley, marchant au gaz Dowson : chaque moteur est pourvu d'un gazogène et d'une dynamo, de manière à ce que l'usine possède deux groupes électrogènes distincts, dont l'un constitue une réserve en cas d'accident.

Les moteurs ont les dimensions suivantes :

Diamètre du cylindre	429 ^m / _m
Course du piston	0 ^m ,607
Vitesse en tours par minute	160
Diamètre des volants	2 ^m ,40
Largeur de la courroie	330 ^m / _m

Les gazogènes ont été construits par MM. Hirzel de Leipzig : voici leurs dimensions principales.

Surface de chauffe de la chaudière.	4 mètres carrés
Gazogène : diamètre du foyer.	0 ^m ,75
— hauteur de la cave sur grille.	2 ^m ,10

(1) Voir *Revue Industrielle*, 11 avril 1890.

Production de gaz par heure	800 mètres cubes
Colonne à coke : diamètre	1 mètre
Hauteur	5 mètres

L'épurateur renferme de la sciure de bois imprégnée d'une huile lourde de pétrole.

Gazomètre : diamètre de la cloche 4 mètres.

La dynamo CERlikon est une machine tétrapolaire à anneau, avec enroulement compound, reliée en parallèle avec une batterie d'accumulateurs faisant volant. La dynamo donne 60 ampères par 550 volts, soit 33 kilowatts, à 650 tours. La batterie compte 300 éléments, possédant une capacité totale de 177 ampères-heure, à la décharge de 60 ampères. Le chargement aurait exigé un survolteur; on a préféré recourir à une dynamo auxiliaire donnant 3,5 kilowatts, et employée à charger les éléments de régulation.

La décharge est contrôlée et réglée par un relai de tension agissant sur un intercalateur automatique. Lorsque les voitures absorbent plus de courant que la dynamo n'en peut donner, le complément est servi momentanément par la batterie; en cas contraire, la batterie emmagasine l'excédent disponible.

En exploitation normale, le travail moyen est de 41 chevaux environ : le registre d'usine témoigne d'une consommation moyenne de 400 kilogrammes d'antracite en 14 heures et demie. En tenant compte du combustible brûlé la nuit pour entretenir le gazogène, la dépense ressort à moins de 700 grammes par cheval-heure effectif. Des essais de M. Meyer ont fait constater une consommation de 620 grammes au cours d'une expérience de 7 heures.

Le prix de l'antracite n'étant guère supérieur en Suisse à celui du charbon qu'on brûlerait dans le foyer d'une chaudière, on voit que l'emploi des moteurs à gaz procure une grande économie sur les machines à vapeur.

Voilà où en est aujourd'hui la concurrence entre ces deux moteurs.

Locomobiles.

La locomobile à pétrole est née le jour où le moteur est devenu viable, c'est-à-dire aussitôt que son fonctionnement a été assez bien

assuré et sa conduite rendue assez facile pour permettre de l'utiliser continûment et avec sécurité dans les travaux agricoles. Il faut en effet des machines robustes et rustiques pour qu'elles puissent affronter l'épreuve des champs et résister au maniement des garçons de ferme; mais étant donné qu'il y a des moteurs qu'on peut mettre entre les mains les plus rudes et les plus novices, ces moteurs conviennent parfaitement aux services ruraux et ils constituent des locomobiles qui peuvent concurrencer avantageusement les locomobiles à vapeur. Leur grand avantage réside d'abord dans leur légèreté relative et leur mobilité; joignons à cela l'emploi d'une faible quantité d'eau pour la réfrigération du cylindre; ces machines réduisent d'autre part les dangers d'incendie; leur approvisionnement de pétrole est enfin extrêmement aisé aujourd'hui, puisque ce précieux liquide se vend partout.

J'ai déjà décrit les locomobiles Priestman, Niel, Weyman-Hitchkok, Griffin, Hornsby, Grob, Merlin et Brouhot dans mon tome II (1).

Le concours de Meaux a mis en évidence le mérite des locomobiles Merlin (celle-ci a été classée la première), Niel et Grob; à Cambridge, on a vu les locomobiles Campbell, Crossley, Clark-Chapman et Hornsby; à Berlin, on a essayé les locomobiles Otto, Altmann, Grob, Hille, Langensiepen, Schwartzkopf, Daimler, Januscheck, Robey, Seck et Swiderski. On a relevé des consommations variant de 400 à 1.000 grammes par cheval-heure effectif, suivant la puissance et la charge des moteurs.

Les prix d'achats suivants ont été relevés dans ces importants concours.

Locomobile	Niel de 8 chevaux	. . . . .	7.000 francs.
»	Grob 4	»	3.800
»	Hornsby 3,5	»	4.600
»	Merlin 4	»	3.500
»	Otto 9	»	6.500
»	Daimler 4	»	3.937
»	Robey 4	»	5.687

Le type le plus répandu est à plateforme; cette plateforme constitue souvent le réservoir à eau et à pétrole, ce qui augmente la stabi-

(1) Cf : page 374 et suivantes.

lité en abaissant le centre de gravité. La plupart des voitures sont à quatre roues : la locomotive Crossley à trois roues fait toutefois exception à cette règle. L'échappement s'effectue commodément par une cheminée placée à l'avant ou à l'arrière. Des appareils à circulation assurent le refroidissement de l'eau : Priestman disperse l'eau en pluie fine dans le courant d'air aspiré par l'échappement ; d'autres lui font traverser des appareils à chicanes ou bien encore des réfrigérants tubulaires installés sur la tôle d'abri servant de toit à la machine.

Nous croyons intéressant et utile de réunir en un tableau les dimensions des moteurs de quelques locomobiles.

CONSTRUCTEURS	CYLINDRE		Vitesse	Poids	Puissance
	Diamètre	Course			
				kilog.	chevaux
Merlin	170 ^m / _m	0 ^m 17	283	1.200	4,8
Niel.	182	0,36	176	3.000	6,4
Grob.	188	0,188	265	1.600	6,2
Crossley	215	0,460	185	—	9,9
Hornsby	305	0,406	196	—	10,5
Otto (Deutz)	200	0,240	330	3.000	9,9
Hille.	200	0,400	240	3.500	10,5
Daimler.	175	0,280	240	1.850	3,7
Robey	217	0,306	250	3.225	4,1
Swiderski	168	180	320	1.420	3,9

Locomobile Niel.

La Compagnie des moteurs Niel a construit pour la Société Thomson-Houston un moteur sur chariot destiné à actionner un flexible Fonreau à l'aide duquel on perce les éclisses de jonction des rails de tramways électriques. La première application de cet outil, faite sur la ligne de Pantin à la porte d'Allemagne, a donné de fort beaux résultats.

Cet appareil, représenté sur la figure 158, comprend un moteur vertical à pétrole d'un cheval et demi, tournant à la vitesse de 240 tours par minute.

On voit sur le devant de la voiture le grain d'attache de la trans-

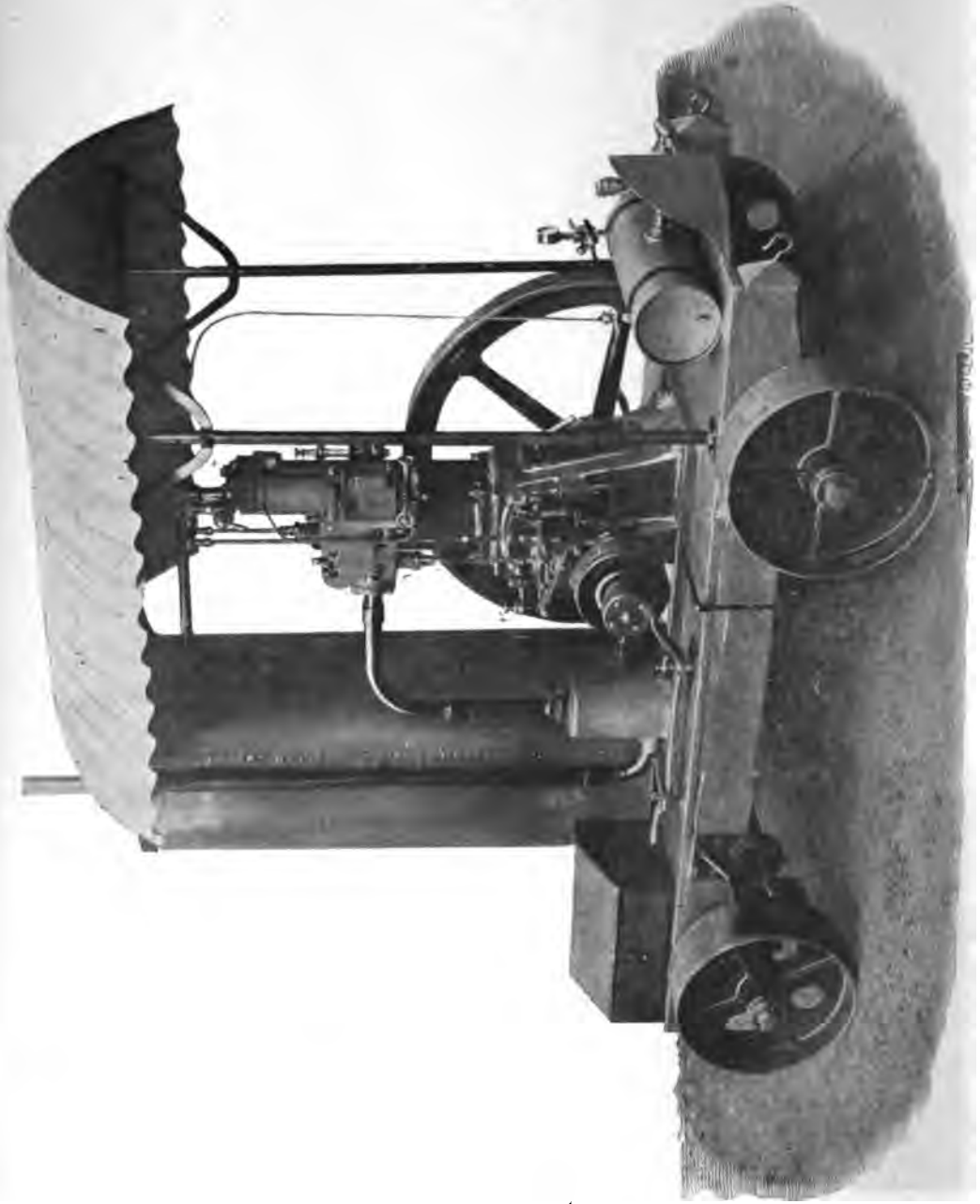


Fig. 124. — Moteur Niel aux plate-formes constantes.

mission flexible, système « Marcel Fonreau », commandée par un embrayage à griffe calé sur l'arbre du moteur au moyen d'un joint à la « Cardan ». Ce flexible actionne la machine à percer. Cette commande directe du flexible de la machine-outil économise, paraît-il, plus de 3 % sur les autres modes d'installation.

Le moteur tourne constamment dans ses déplacements, afin de n'avoir pas à le remettre en marche à tout instant, et la lampe reste toujours allumée (la dépense de ce chef est à peine de 100 grammes par heure).

Quant au moteur, il consomme au plus, en charge, 550 grammes d'huile de pétrole par cheval-heure effectif.

Pour faciliter l'approvisionnement, la Compagnie des moteurs Niel a placé sur l'avant du chariot un réservoir à pétrole sous pression, avec pompe de compression à la main. Quelques coups suffisent pour obtenir une tension d'un kilogramme environ, pression nécessaire pour alimenter automatiquement le moteur et la lampe par l'intermédiaire d'un léger tube de cuivre.

Le chariot porte toute l'installation, le pot d'échappement, le tuyau d'échappement et un réservoir thermo-siphon pour le refroidissement du moteur. Ce refroidissement aurait pu se faire par aéro-condenseur, mais la Compagnie Niel a préféré ce mode pour charger un peu le chariot et lui donner plus de stabilité. Les roues d'arrière sont munies de sabots d'enrayage.

Un coffre à outils complète l'aménagement ainsi que deux porte-outils. En effet, pendant que l'un d'eux attaché au flexible, travaillera automatiquement, les ouvriers fixeront un deuxième porte-outil destiné à remplacer immédiatement le premier sur le flexible et ils gagneront ainsi un temps appréciable.

L'ensemble est recouvert d'une toiture en tôle ondulée mettant le tout à l'abri.

La création de cet appareil fait honneur à la Compagnie des moteurs Niel et de son administrateur distingué, qu'on trouve toujours à la tête du mouvement et qui sait prendre l'initiative de tous les progrès.

Locomobile Japy.

MM. Japy frères, de Beaucourt, ont monté leur ingénieux moteur à pétrole sur roues, et leur modèle est un des meilleurs que nous

connaissions ; le réservoir d'eau est à l'avant ; le pétrole est renfermé

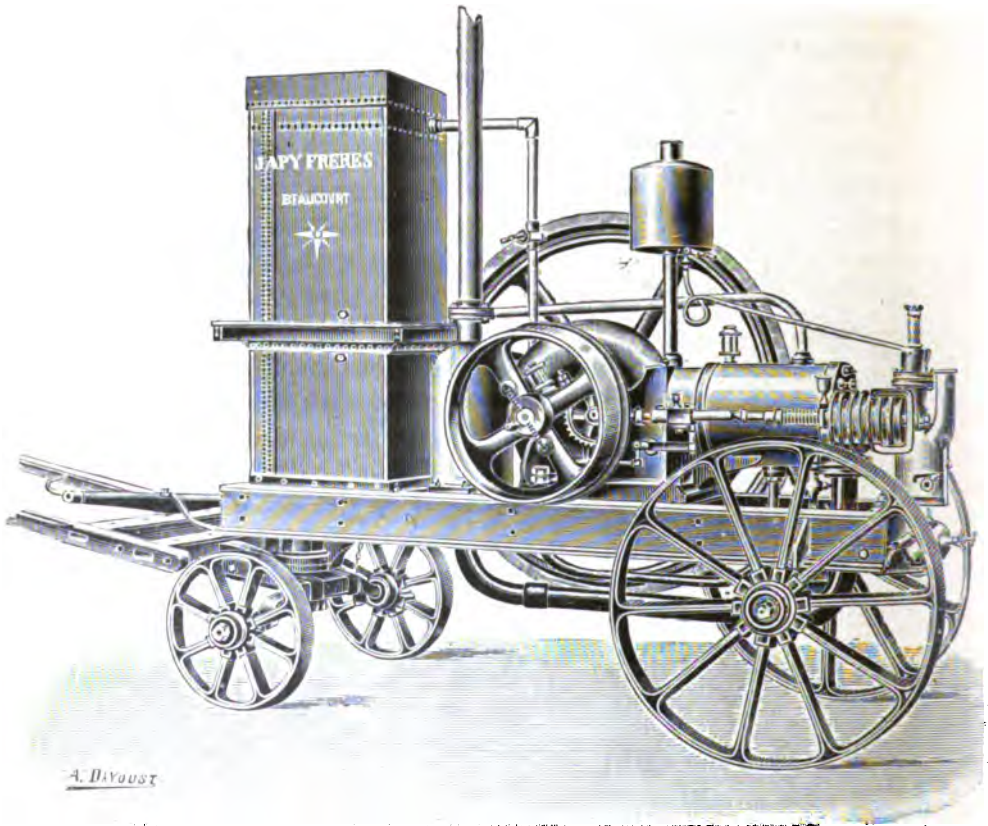


Fig. 159. — Locomobile Japy.

daus un récipient disposé sur le cylindre ; la plateforme facilite l'accès de tous les organes.

Ces locomobiles se font de 4 et 6 chevaux.

Elles exigent très peu d'eau, attendu qu'une provision de 120 litres suffit pour le moteur de 4 chevaux : l'expérience a démontré qu'il ne s'évapore que deux seaux d'eau dans le cours d'une journée de dix heures. Le refroidissement s'obtient au moyen d'une pompe placée dans la cuve et d'un ventilateur envoyant un courant d'air en sens inverse de l'eau qui retombe en pluie dans le réservoir,

La lampe est à pression d'air ; cet air est renfermé dans le petit réservoir cylindrique placé à l'arrière de la plateforme ; on le charge à l'aide d'une pompe de bicyclette et l'on peut marcher ainsi six heures sans avoir à s'en préoccuper.

Locomobile Lacroix.

Cette machine présente des dispositions particulières, très facilement visibles sur la figure 160 ; l'ensemble est bien étudié.

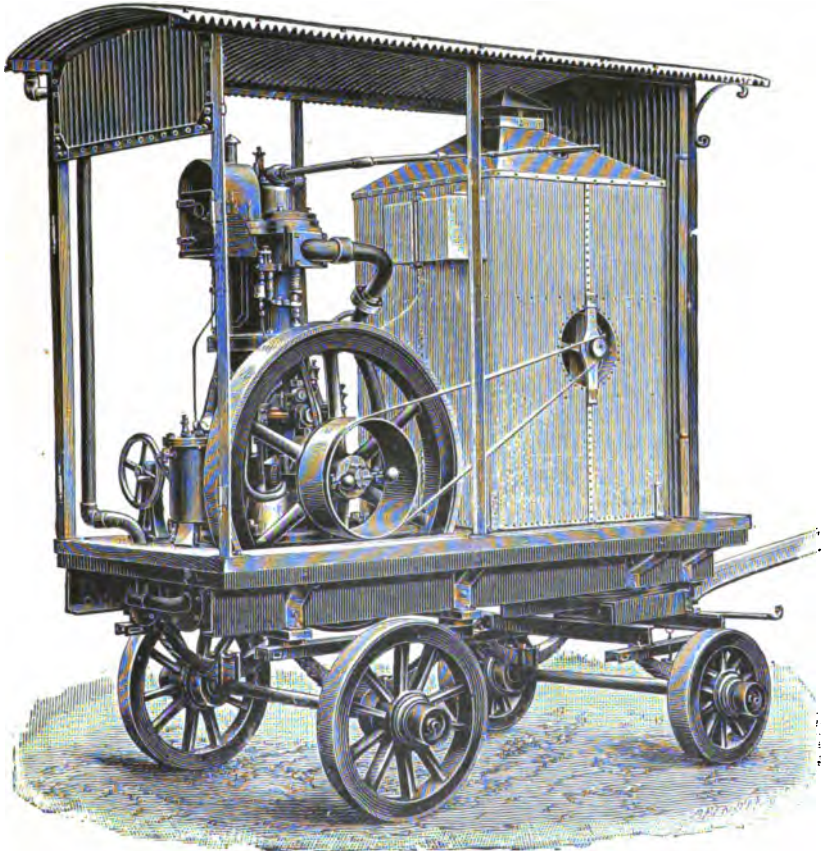


Fig. 160. — Locomobile Lacroix.

Locomobile Capitaine.

Les locomobiles Capitaine ont des puissances de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 ou 15 chevaux ; elles sont très légères, n'exigent pas d'eau, se mettent en route instantanément et consomment peu de pétrole. A l'Exposition de Bruxelles, une de ces machines a été classée première au concours de Tervueren ; elle n'avait consommé, pour une puissance de 4 chevaux, que 484 grammes de pétrole par cheval-heure effectif. Notre figure 161 permet de se rendre compte de la disposition générale de ces machines, qui sont très stables et en même temps remarquablement légères ; une locomobile de 8 chevaux ne pèse que 2.450 kilogrammes. Le cylindre du moteur est vertical.

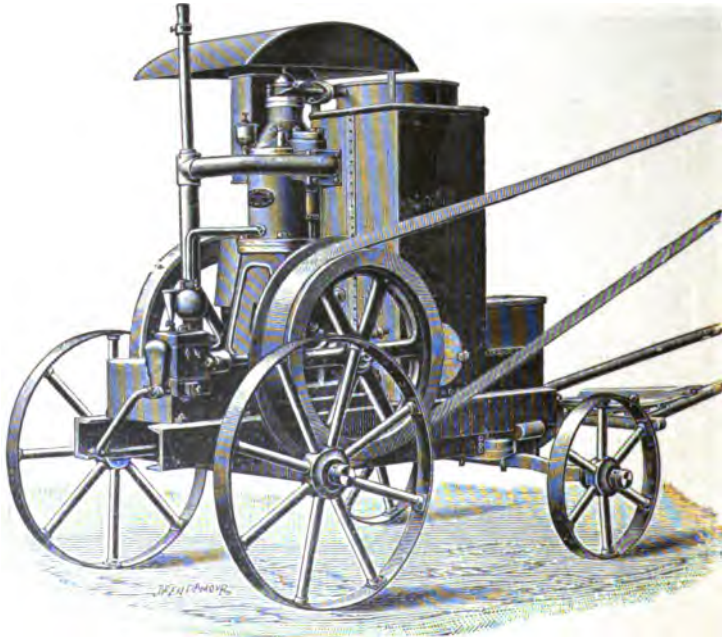


Fig. 161. — Locomobile Capitaine.

Locomobile Midland.

C'est une belle locomobile, du modèle anglais, avec cadre creux en fer, donnant au moteur une solide assiette et pouvant servir de

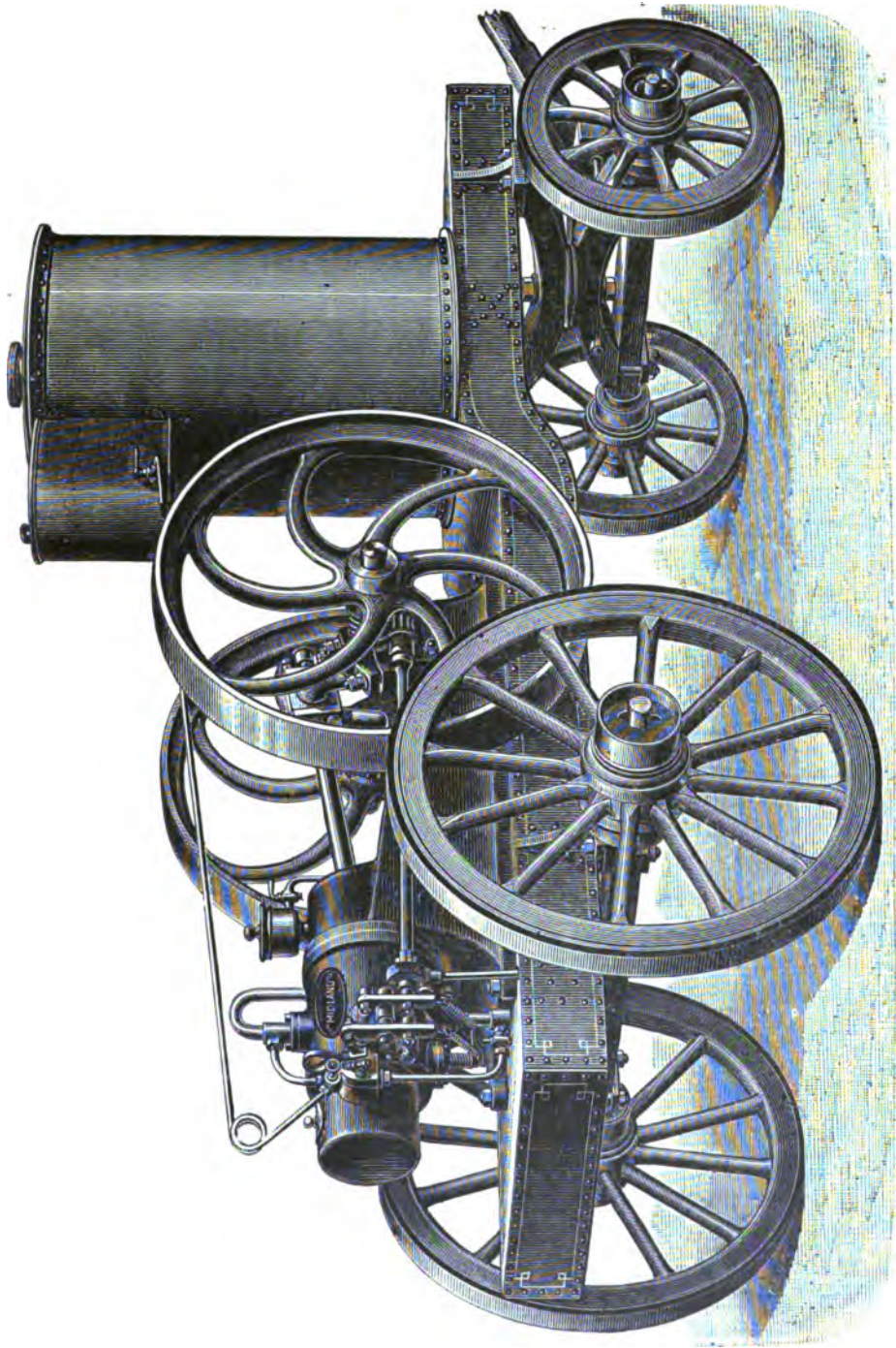


Fig. 162. -- Locomobile Midland.

réceptent. Le moteur a des qualités que nous avons fait ressortir ci-dessus.

Locomotive Robey.

Une locomotive à pétrole d'un nouveau genre est celle de MM. Robey et C^o ; par son aspect extérieur, on la prend pour une locomotive à vapeur, car on y trouve la chaudière, le foyer, voire même la cheminée. Voici la clef de l'énigme. Les constructeurs avaient acquis une certaine renommée pour leurs locomotives à vapeur ; il leur en coûtait d'abandonner un modèle consacré par la pratique et éprouvé par une vieille expérience ; peut-être avaient-ils un stock de ces machines dont le placement devenait malaisé. Ils conservèrent donc leur locomotive à vapeur, dont le foyer devint un réservoir à pétrole, la chaudière une bache d'eau de réfrigération et la cheminée... un ornement ; la pompe alimentaire de l'ancienne locomotive sert à faire circuler l'eau dans l'enveloppe du cylindre, d'où elle se répand sur le toit en tôle de la machine avant de rentrer à la bache. Ces locomotives jouissent d'une excellente réputation en Angleterre.

Appareils de levage.

C'est sans doute la *Clark Crank and Forge C^o* de Grantham qui a, la première, osé remplacer la machine à vapeur par un moteur à pétrole sur la plateforme d'une grue roulante et pivotante ; elle avait adopté à cet effet le moteur Roots. Le mouvement était commandé par un renvoi supérieur à tambour avec courroie ; des embrayages appropriés permettaient d'actionner aisément la levée du fardeau, la rotation et le déplacement de la grue.

Grue à pétrole Cadiot.

Cet appareil s'est transformé rapidement et la figure 163 représente le modèle actuellement construit en France par M. Cadiot. Cette grue peut élever 2.000 kilogrammes à 4^m,20 de hauteur ; elle est montée sur roues en acier écartées de 1^m,40. Tous les mouvements d'ascension des poids, de rotation, etc., sont indépendants les uns des au-

tres ; un frein puissant au pied facilite la manœuvre des charges. La puissance de ces appareils peut atteindre 10.000 kilogrammes.

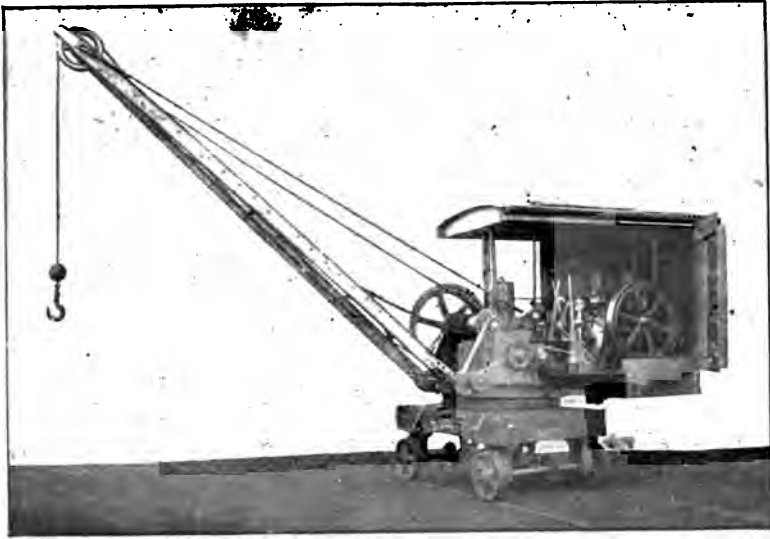


Fig. 163. — Grue à pétrole Cadiot.

MM. Wake et Mountain ont préféré monter un moteur à gaz sur la plateforme de leur grue ; le gaz est servi au moteur par des prises disposées le long des rails ; il serait difficile d'affirmer que l'on obtient ainsi de meilleurs résultats qu'avec le pétrole.

M. Bellamy a aussi créé un modèle de grue ; au lieu d'employer, comme les précédents, un jeu de courroies ouvertes et croisées, ce constructeur a préféré opérer les changements de marche par un train d'engrenages, qui donne assurément plus de sécurité, mais fait plus de bruit et attaque plus brutalement les mouvements.

Bien que les moteurs aient moins d'élasticité et qu'ils se prêtent moins bien aux changements de marche que les machines à vapeur, il faut reconnaître que ces appareils de levage ont donné de bons résultats et que leur emploi pourra se généraliser.

Nous avons déjà décrit précédemment plusieurs modèles de treuils à gaz, auxquels nous adjoignons celui de la figure 164, importé en

France par M. Ludt; il est très simple et constitué d'une façon robuste.

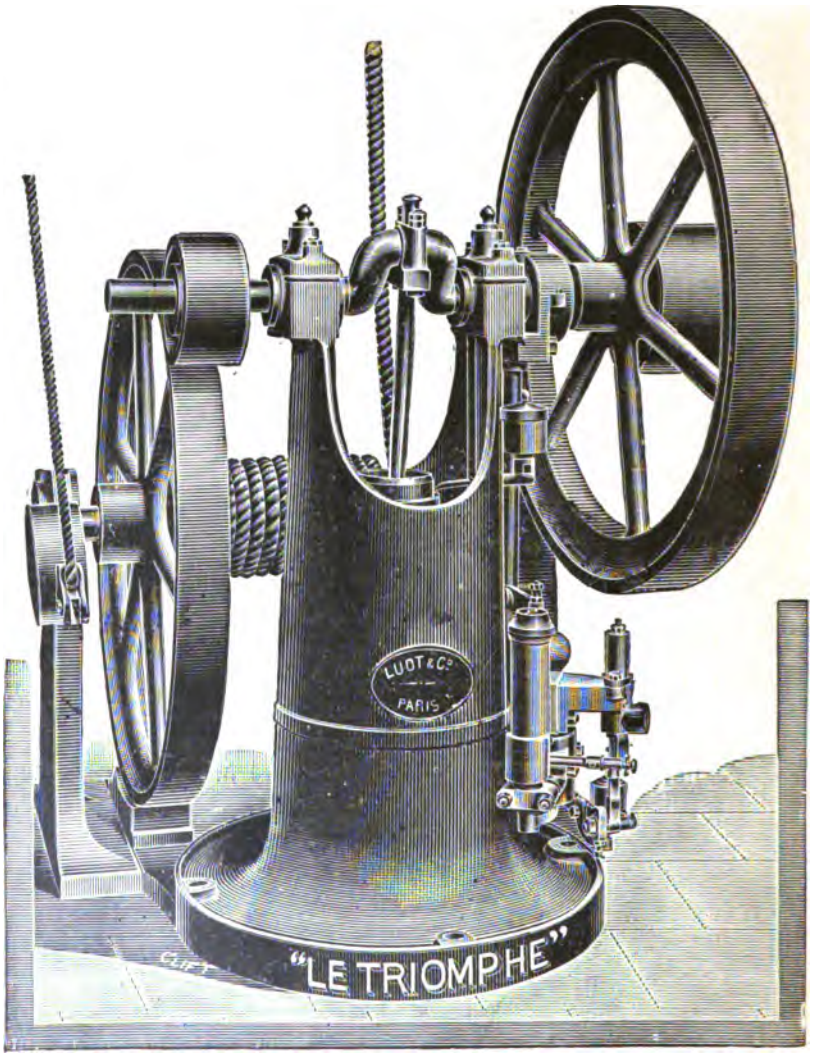


Fig. 164. — Treuil à gaz.

Pompes à incendie.

L'application des moteurs aux pompes à incendie, aurait dû être faite depuis longtemps. L'utilité de la substitution des machines aux

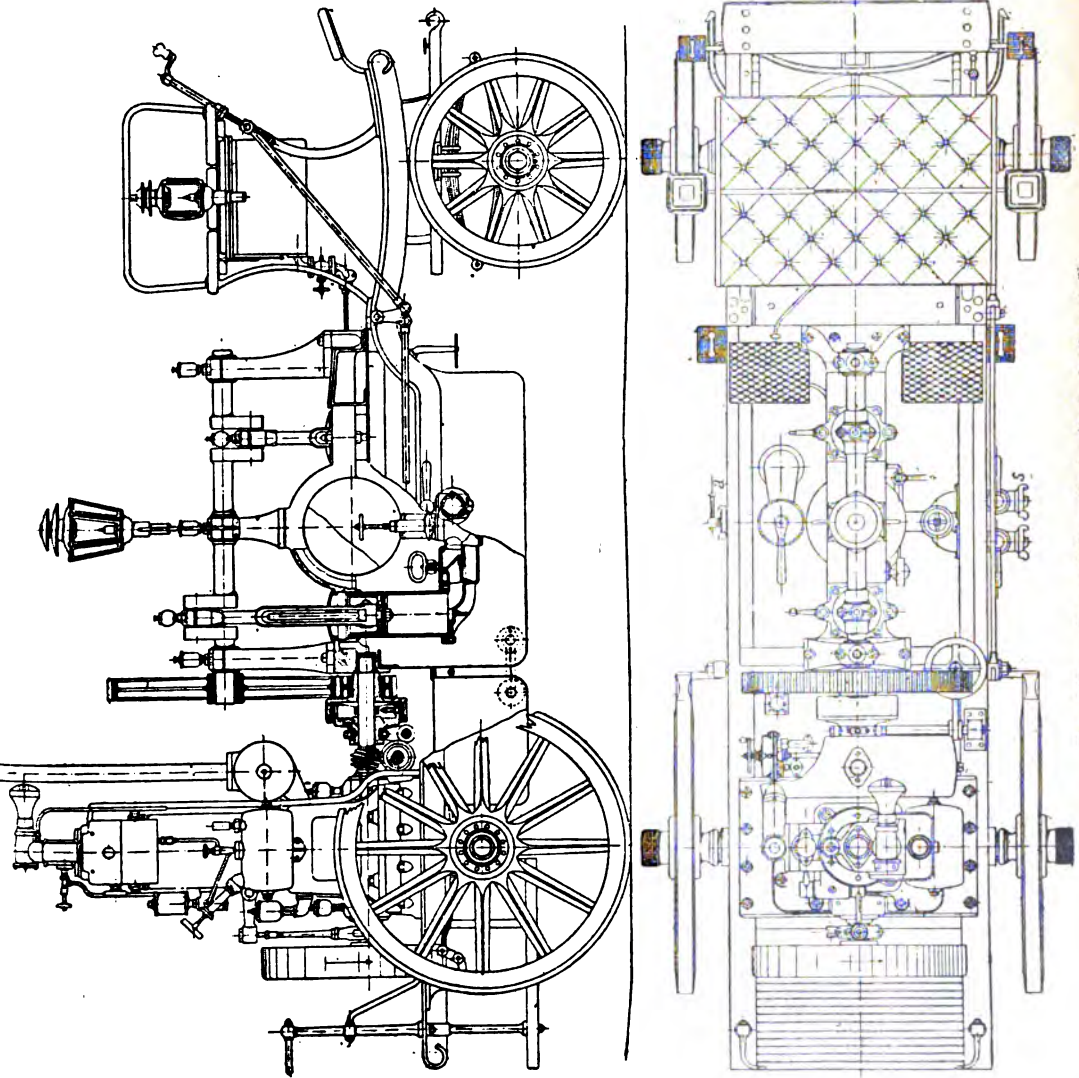


Fig. 165. — Pompe à incendie à pétrole Grether et Cie.

bras de l'homme n'a pas à être plaidée ici : d'autre part, les moteurs à pétrole ont un avantage marqué sur les machines à vapeur, parce que la mise en train est plus rapide et qu'on n'a pas à charger les essieux du poids de lourdes chaudières dont les tubes se brûlent facilement, et qui présentent d'ailleurs de graves inconvénients. Ces considérations n'ont cependant été appréciées que fort tard.

La première pompe que nous ayons connue est celle de MM. Grether et C^{ie} : elle porte un moteur vertical à benzine Otto, construit à Deutz ; sa puissance est de 10 chevaux. Il est installé au-dessus de l'essieu d'arrière et son arbre est parallèle aux longerons entre lesquels tourne le volant. Ce dernier surplombe légèrement la plateforme du machiniste.

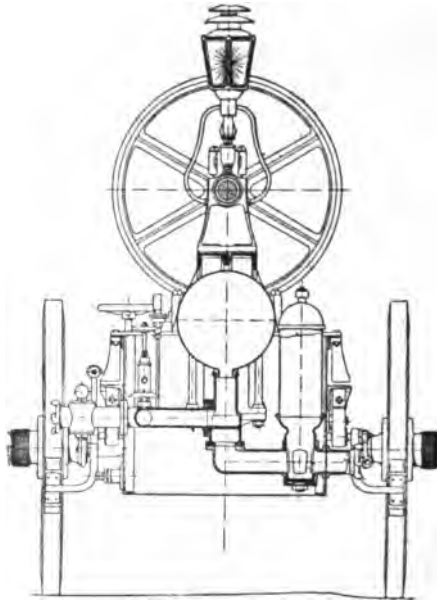


Fig. 166. — Pompe à pétrole à incendie.

Le moteur actionne directement l'engrenage de la pompe par l'intermédiaire d'un accouplement à friction, commandé par un volant à main, placé sur le côté. La pompe se compose de deux cylindres à double effet, reliés par une entretoise creuse commune avec une boîte conique renfermant les soupapes d'aspiration et de refoulement. La soupape d'aspiration est horizontale, tandis que celle de refoulement

repose sur un siège incliné. Une cloche sphérique à air, disposée entre les deux cylindres, communique avec le tuyau de refoulement.

Une petite pompe à ailettes, actionnée par l'arbre moteur au moyen d'un engrenage à vis sans fin, aspire de l'eau dans une bêche inférieure et la fait circuler dans l'enveloppe des cylindres du moteur. L'eau chaude peut être utilisée pour réchauffer en hiver les cylindres des pompes durant les interruptions de fonctionnement; c'est une utile précaution qui empêche les congélations d'eau.

Une soupape, établie au croisement des deux tubulures du refoulement, entre en jeu automatiquement dès qu'une certaine pression maximum est atteinte; cette limite atteinte, la soupape se lève et il s'écoule de l'eau dans la bêche de la pompe. Cette disposition empêche les conducteurs de la pompe de lui demander un excès de travail, auquel le moteur ne saurait point suffire et qui pourrait avoir pour résultat de le caler. Le débit maximum ainsi fixé est de 10 litres par seconde sous une pression de 6,5 kilogrammes.

La maison Cambier et C^{ie} de La Madeleine-lès-Lille a aussi établi un modèle de pompe à incendie pouvant lancer 1000 litres à la minute à 40 mètres de hauteur: elle a été l'objet d'une grande attention à l'exposition de l'Automobile-Club de 1898.

Marteaux-pilons.

Les moteurs à gaz, dont l'explosion donne des impulsions vives et instantanées, conviennent parfaitement à l'actionnement des outils de forge; il y a lieu de s'étonner de ce que cette ingénieuse application n'ait pas été développée davantage. Les difficultés étaient grandes à la vérité; la meilleure solution paraît avoir été trouvée par M. Clerk, qui a réussi à utiliser le principe de sa mise en train signalée précédemment. Nous décrirons d'abord le marteau-pilon de M. Clerk.

Le marteau de cet ingénieur se compose d'un cylindre moteur et d'un cylindre chargeur: dans ce dernier cylindre, se meut un piston *p*, manœuvré à la main par un levier spécial, qui a la fonction d'aspirer en montant un mélange d'air et de gaz. La descente de ce piston *p*, refoule le gaz tonnant ainsi formé dans le cylindre-moteur au-

dessus du piston frappeur P, à travers des soupapes spéciales, qui maintiennent la communication avec le cylindre chargeur sur lequel est placé le tube d'allumage. Quand le piston chargeur *p* est redescendu entièrement, il démasque l'ouverture d'allumage et une explosion se produit dans le cylindre chargeur ; elle comprime le mélange accumulé sur le piston frappeur P et y opère en même temps la mise de feu. C'est ainsi que la masse du marteau, est projetée de haut en bas vers la chabotte du marteau.

Elle est relevée aussitôt par la réaction de l'air comprimé dans cette brusque descente, car à ce moment le dessous du piston frappeur communique avec un réservoir, logé contre le bâti du marteau, qui contient une réserve d'air comprimé et fournit l'énergie nécessaire au relèvement du piston et de la masse qu'il porte.

Ainsi donc, le fonctionnement du pilon Clerk est obtenu en utilisant l'énergie du mélange tonnant pour la descente du marteau et en faisant intervenir comme ressort de relèvement la réaction de l'air comprimé par la descente dans un réservoir d'air. L'explosion est déterminée par une mise de feu effectuée dans le cylindre chargeur et communiquée au cylindre frappeur.

Le premier pilon à gaz inventé par M. Robson, dès l'année 1880, présentait des dispositions que M. Clerk a évidemment imitées; on y trouvait déjà le piston chargeur, mais il était placé dans le même cylindre que le piston frappeur, au-dessus de lui ; le piston frappeur était aussi poussé de haut en bas par l'explosion de la charge tonnante, mais son relèvement était opéré par des ressorts de rappel, qui flechissaient sous le coup de l'explosion et relevaient aussitôt la charge. Toutefois le marteau de M. Clerk n'en constitue pas moins une œuvre originale, digne de la réputation de l'ingénieur qui l'a créée.

M. Pinkney, de la maison Tangye, a aussi établi un type de pilon, qui procède plus directement du modèle de M. Robson et dont le fonctionnement est de nature à justifier les espérances qu'on avait fondées sur ce genre d'appareils.

On a enfin étudié des cisailles et des poinçonneuses à gaz, dans lesquelles on rencontre des dispositions très ingénieuses.

Moteur-pompe Japy.

La pompe est placée directement sur le socle du moteur ; sa commande s'effectue par une paire de roues dentées, dont l'une est en cuir comprimé ; la transmission est ainsi rendue parfaitement silencieuse.

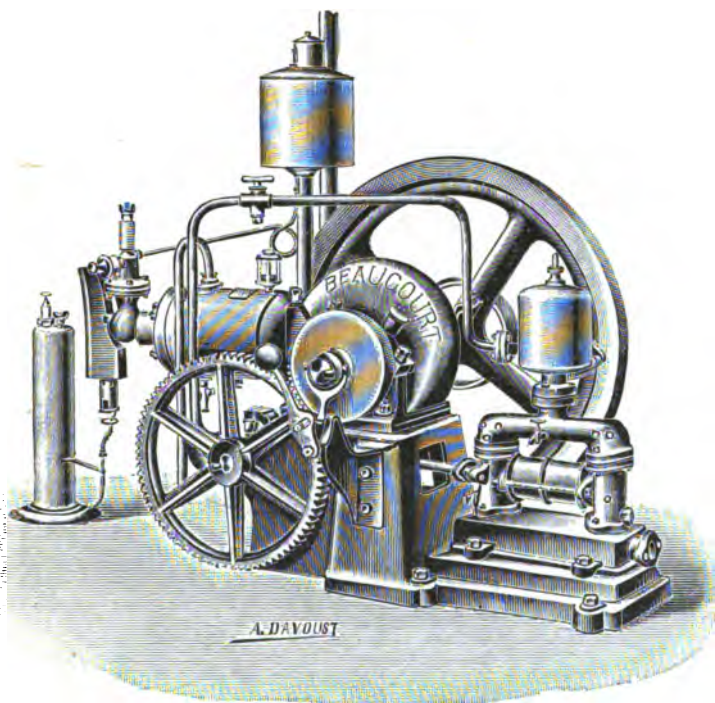


Fig. 167. — Moteur-pompe Japy.

Un embrayage spécial à friction permet de mettre instantanément la pompe en marche, une fois que le moteur est en route ; on arrête de même la pompe sans avoir à arrêter le moteur.

L'eau refoulée par la pompe assure le refroidissement du cylindre.

MM. Japy installent généralement sur chaque moteur deux pompes de différents débits ; ainsi le moteur de un cheval actionne une pompe de 4.000 ou une autre de 10.000 litres, cette dernière étant réservée aux élévations ou transvasements à faible différence de niveau.

Ces appareils sont appelés à rendre de grands services dans les industries les plus diverses.

Batteuse à pétrole.

Les batteuses à pétrole ont obtenu, dès leur apparition, un grand succès en raison des services qu'elles rendent aux cultivateurs et

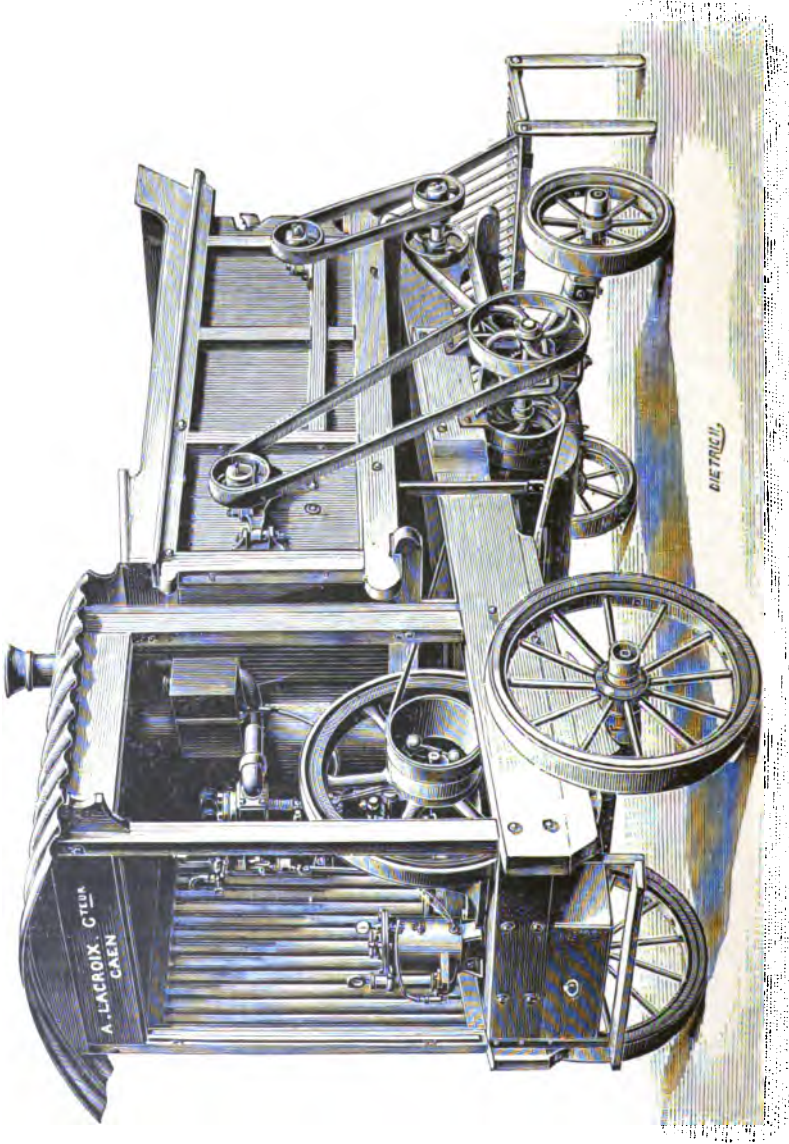


Fig. 468. — Batteuse Lacroix.

des sécurités qu'elles présentent ; en effet, ces machines, qui n'exigent pas de foyer, ne présentent aucun danger d'incendie. D'autre part, elles fournissent un travail excellent.

La batteuse Lacroix (fig. 168) est munie de secoueurs articulés qui évitent toute perte de grain : on peut battre par heure 100 gerbes de blé ou 125 gerbes d'avoine.

Navigation.

Légèreté et puissance, maniabilité et vitesse, économie et facilités d'entretien, telles sont les qualités requises pour les machines de na-

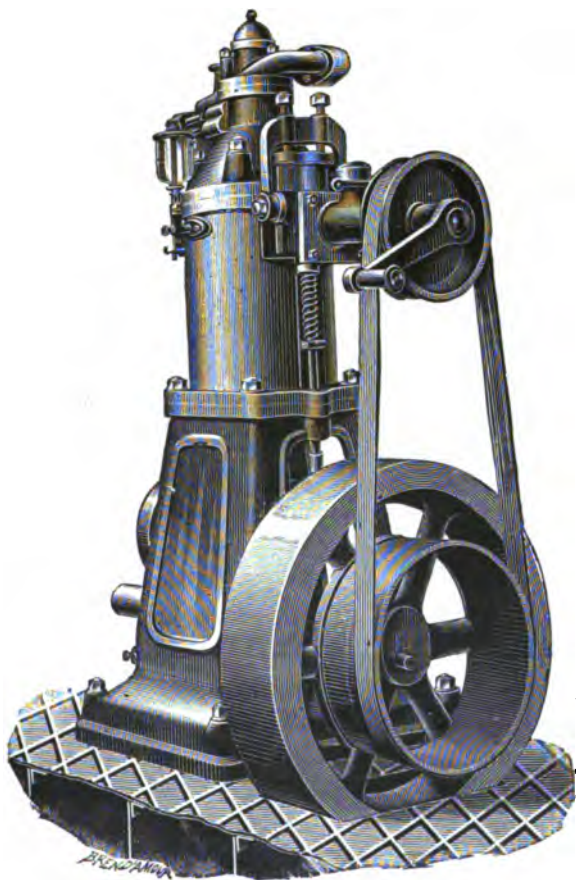


Fig. 169. — Moteur de bateau Capitaine avec mise en train à la main.

vigation ; le moteur à pétrole les possède. Il n'est donc pas étonnant que de nombreux chercheurs aient pris pour objectif l'adaptation de ces moteurs à la propulsion des bateaux. On n'a guère encore essayé ces applications que sur des chaloupes, mais les premiers résultats obtenus ont été très encourageants.

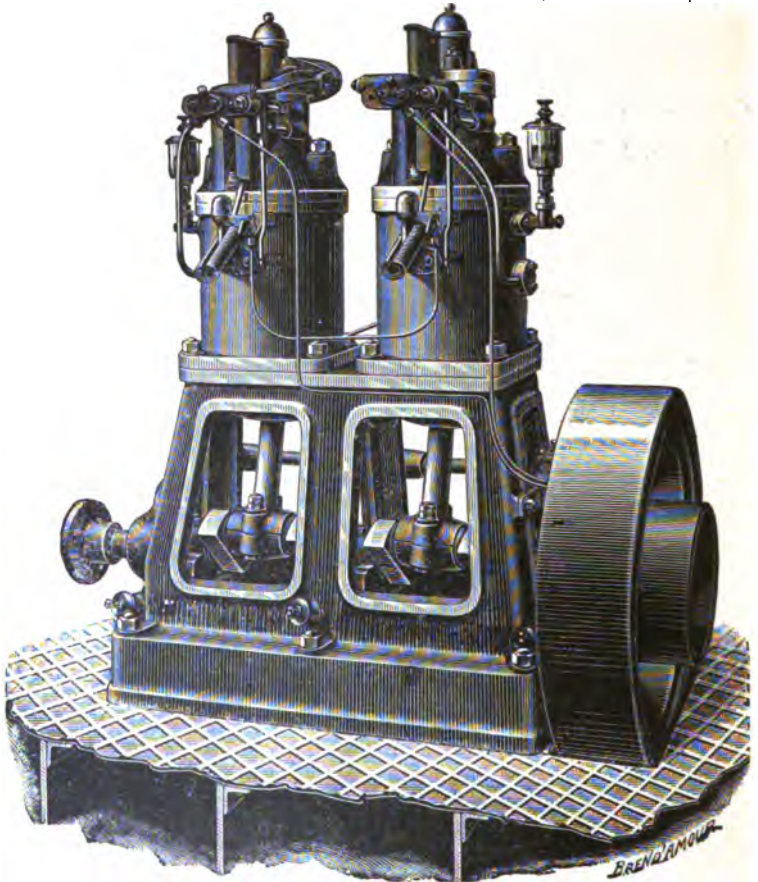


Fig. 170. — Moteurs Capitaine jumelés.

Renvoyant à ce que nous avons déjà dit des moteurs Benz, Lenoir, Lalbin, Forrest et Gallice, Otto, Daimler, de la Touche, Simplex, Priestman, Grob, etc., nous décrivons en outre quelques moteurs nouveaux construits pour être installés sur embarcations.

Cf : Tome I, pages 252, 291 et 341 et tome II, page 391 et suivantes.

La figure 169 représente un moteur Capitaine pour bateau, muni d'un dispositif spécial facilitant la mise en train.

La figure 170 montre le type à deux cylindres jumelés.

Le type de 5 chevaux de puissance nominale vient d'être appliqué sur une embarcation de 9 mètres de longueur et 2 mètres de largeur, qui navigue sur la Tamise ; le moteur occupe, au milieu du bateau, un emplacement de 1^m,15 de long sur 0^m,70 de large ; il est pourvu de deux volants bien équilibrés. L'hélice est à ailettes réversibles du système Meissner ; son accouplement avec la machine est réalisé à l'aide d'un embrayage à friction, qu'on désaccouple pour la mise en train, avant de faire tourner à la main la manivelle indiquée sur la figure 169. Outre sa réversibilité, l'hélice possède encore l'avantage d'une variabilité de son pas ; on peut ainsi modifier à volonté l'allure de marche. On a toutes facilités pour changer la vitesse, arrêter et passer de la marche avant à la marche arrière. Ce canot permet de réaliser une vitesse de 8 à 9 kilomètres à l'heure.

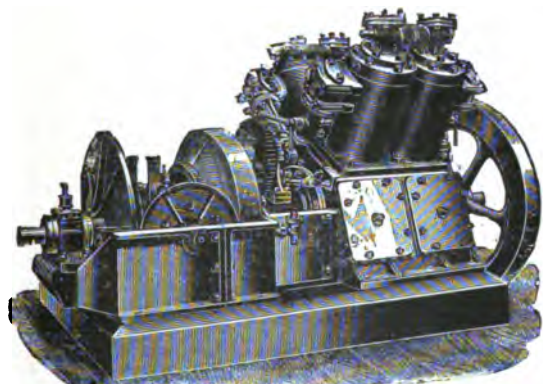


Fig. 171. — Moteur Stockport pour bateau.

Nous représentons sur la figure 171 un petit moteur à pétrole destiné aussi à la navigation ; il sort des ateliers de MM. Andrew et C^o à Reddish, près Stockport, dirigés par M. Bellamy. Notre dessin, dont l'échelle est trop petite, n'a d'autre prétention que d'indiquer la disposition générale des quatre cylindres sur le bâti. Ce modèle a été étudié spécialement pour être appliqué aux yachts de plaisance : il permet de développer de 5 à 12 chevaux.

La *Britannia* C^o de Colchester a aussi adapté son moteur Gibbon

aux besoins de la navigation et elle a établi un modèle fort compact, entièrement enfermé dans une chambre close, et dont tous les organes restent néanmoins facilement accessibles. Signalons pour la curiosité du fait qu'un canot de 4^m,80 de longueur, avec hélice à marche renversable, propulsé par une machine de 1 cheval, pouvant développer au moins 8 kilomètres à l'heure, pèse complet 325 kilogrammes et coûte 2.250 francs. Pour 5.200 francs, on a un canot de 7^m,60, avec un moteur de 3 chevaux.

Ces chiffres sont à signaler aux constructeurs de voitures automobiles.

Un certain nombre de constructeurs de voitures à pétrole ont d'ailleurs entrepris, avec plus ou moins de succès, il est vrai, la construction de yachts et de bateaux de plaisance ; ce genre de sport se développera sans doute parallèlement à d'autre, qui a toutes les faveurs du jour.

MM. Denèfle et C^{ie}, les hardis promoteurs de la traction électrique des bateaux sur les voies navigables ont, d'autre part, appliqué un moteur à essence sur un remorqueur qui a été essayé sur le canal de Villebroeck, et qui a donné, paraît-il, de bons résultats. Ce remorqueur, long de 14^m,60, large de 3^m,55, avec 1^m,90 de tirant d'eau, est propulsé électriquement, mais le courant est engendré par le moteur à essence dont nous venons de parler : on traverse ainsi les portions de canaux sur lesquels la traction sur berge avec prise de courant par trolley, devient impraticable.

Tramways.

Nous aurons peu de chose à ajouter à ce qui a été dit dans notre tome II, (page 380 et suivantes), sur l'application des moteurs à gaz et à pétrole à la traction sur voies ferrées ; en effet, les espérances que l'on avait conçues ne se sont pas encore réalisées, et c'est la propulsion électrique qui triomphe.

Les compagnies gazières avaient pourtant tout intérêt à voir se développer ce mode de traction, qui leur assurait d'importants débouchés, et pour lequel on pouvait utiliser les canalisations existantes sur la voie publique. Il semblait d'ailleurs que ce système serait plus économique à installer que d'autres tout en présentant une égale

facilité de conduite et une sûreté de fonctionnement plus grande. Les études de M. Lührig, les essais faits en Amérique, en Allemagne

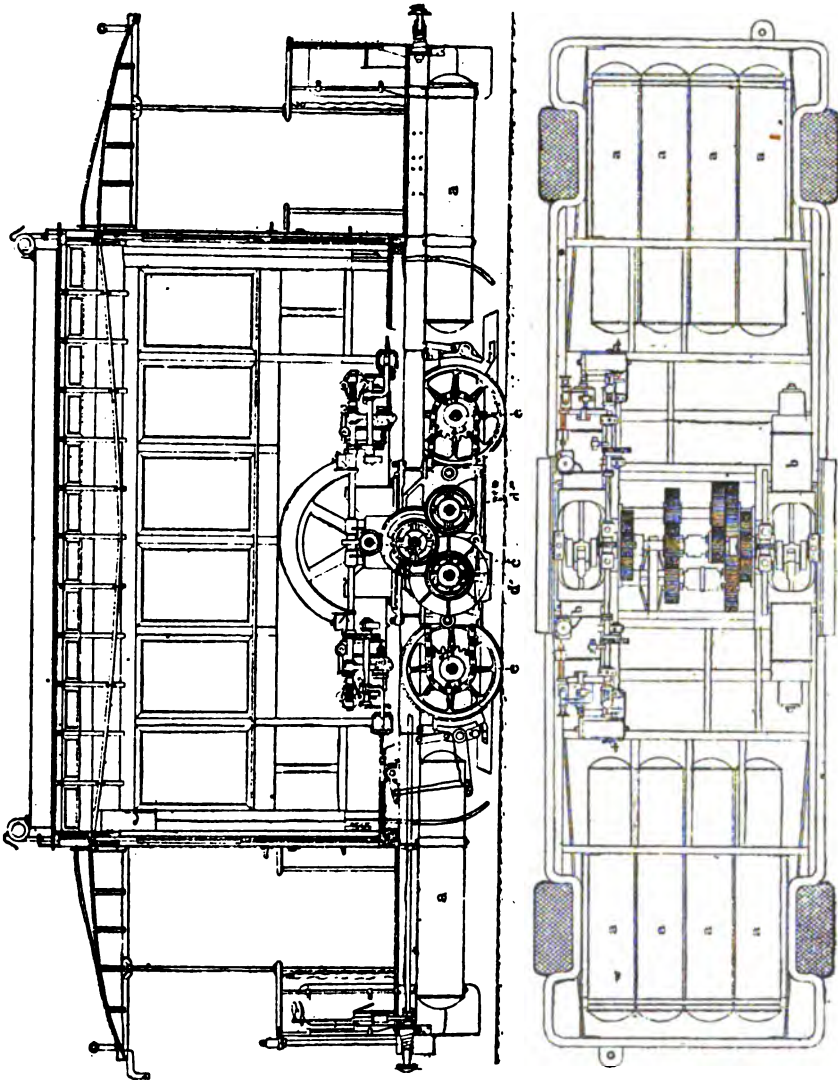


Fig. 172. — Tramway à gaz.

et en Suisse, les calculs de M. Uhlenluth et de M. Kemper (1), promettaient une exploitation fructueuse. Malgré cela, les tramways à gaz

(1) Le lecteur trouvera ces documents dans notre tome II, *loco citato*.

se sont peu répandus, alors que les tramways électriques couvraient nos cités d'un immense réseau. On put croire un inoment, en 1896, que la ville de Bordeaux ajouterait son nom à ceux de Blackpool, Dresde, Dessau, Hirschberg, Wiesbaden, Hanovre, Charlottembourg, et Neufchâtel, où circulent des tramways à gaz : on fit valoir contre l'électricité tous les arguments, on l'accusa même de gâter les vins, et elle triompha quand même.

La "*Gaz Traction Company*" qui a entrepris l'exploitation des brevets Lührig, ne désespère néanmoins pas encore de réussir : les figures 172 et 173 font voir les dernières dispositions adoptées pour les voitures de tramways automobiles. En *a*, sont les réservoirs de gaz comprimés, en *b*, les moteurs actionnant l'arbre *c*, par les transmissions intermédiaires *d*; *g* est un condenseur d'échappement.

La maison Daimler de Cannstad, a aussi créé un modèle intéressant de voiture à laquelle on a donné le nom de Tramcar Daimler.

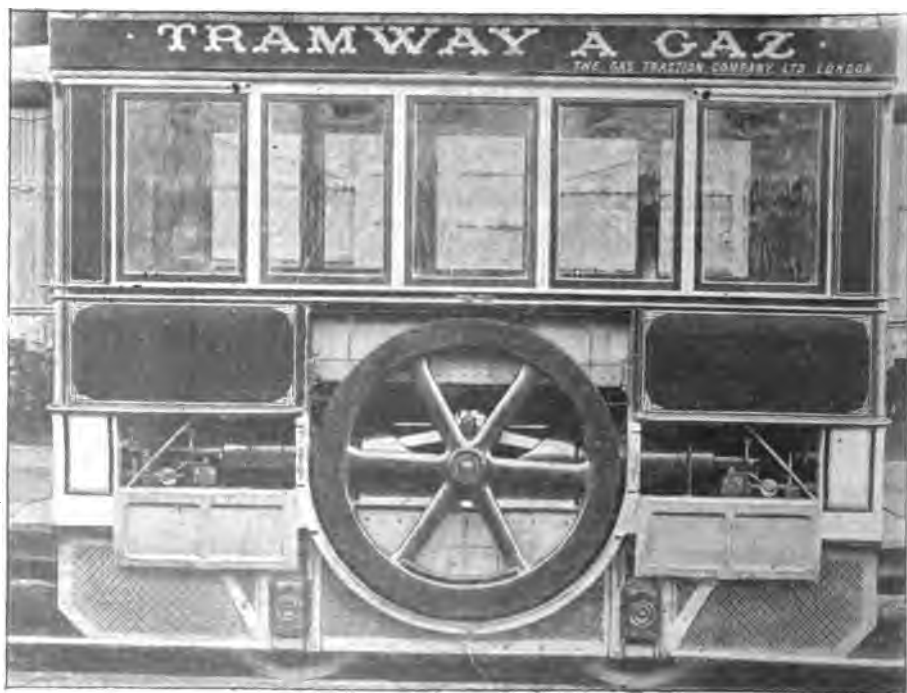


fig. 173. — Tramcar Daimler.

Le moteur Daimler occupe le centre ou l'extrémité des cars; dans le premier cas, la transmission du mouvement se fait de l'arbre moteur à un essieu de la voiture par roues dentées et chaînes. Des leviers à main commandent toutes les manœuvres d'embrayage, de débrayage et de changements de vitesse; celle-ci peut varier de 8 à 15 kilomètres à l'heure.

On a parlé dernièrement d'un système Barbier, dans lequel les moteurs à gaz agiraient en même temps qu'un moteur à air comprimé : M. Manaut avait hautement loué ce nouvel agencement, dans une conférence qu'il a faite à Bordeaux en 1897, mais nous n'avons pas eu d'autres renseignements sur cette invention, dont on a peut-être trop tôt escompté les promesses.

CHAPITRE ONZIÈME

LES VOITURES AUTOMOBILES.

I

Les automobiles dans le passé, le présent et l'avenir.

Est-il une question plus neuve, plus actuelle, plus attrayante et en même temps plus scientifique que la lutte qui vient de s'engager d'une part entre ce fougueux animal, que Buffon appelait la plus noble conquête de l'homme, qui a été dompté, domestiqué et asservi au point de se laisser couvrir de harnais, conduire par des brides et stimuler par le fouet, et, d'autre part, ces voitures automatiques, admirables par leur souplesse, leur vélocité et leur puissance, qu'on met en mouvement et qu'on arrête, qu'on fait virer, avancer et reculer en pressant un bouton ou en pesant sur un levier ; entre cette merveille du Créateur, fier coursier qui n'était certes pas fait pour être attelé à une caisse roulante et cette merveille de l'homme, œuvre de son génie, de son savoir et de son patient labeur ; entre le moteur à avoine, aux muscles de chair et le moteur à charbon, aux muscles d'acier ; entre le cheval et l'automobile !

Tout le monde s'intéresse aujourd'hui à cette lutte ; les uns, par dilettantisme, parce qu'ils escomptent l'occasion d'un sport nouveau ; les autres, aux idées plus pratiques, parce qu'ils voient dans la main de l'homme un instrument qui augmente sa puissance et multiplie les ressources dont il dispose ; quelques-uns, en petit nombre, apprécient la grande portée scientifique d'une invention qui est le triomphe de la Thermodynamique et de la mécanique appliquée. C'est à ces divers points de vue qu'il faut se placer pour comprendre l'engoue-

ment extraordinaire qu'excite l'automobilisme. Il a ses adeptes dans tous les rangs de la société et dans tous les pays du monde ; parmi les souverains, je citerai Sa Majesté la reine des Belges, Sa Majesté la reine d'Espagne, l'empereur d'Allemagne, le Sultan, le duc d'Oldenbourg, oncle du tzar Nicolas II ; parmi les ministres, M. Brisson ; parmi les députés M. Georges Berger ; parmi les membres de l'Institut M. Marcel Desprez ; parmi les diplomates, M. de Courcelles ; parmi nos commandants d'armée, le général Jamont ; parmi les inspecteurs généraux des ponts et chaussées, M. Forestier ; parmi les membres du Jockey-Club, le baron de Zuylen et le marquis de Chasseloup-Laubat, etc., car ce ne sont pas les seuls qui sont infidèles au cheval ; parmi les femmes célèbres, la duchesse d'Uzès et Madame de Martel, plus connue sous le nom de Gyp ; la noblesse et la bourgeoisie, l'industrie et le commerce, se sont également épris de ce nouveau mode de locomotion. L'automobilisme est un art, c'est une science, c'est un métier, c'est une passion (cela devient parfois une manie), qui a ses apôtres enthousiastes et convaincus ; il a ses organes de publicité et sa presse, en tête de laquelle se trouve la *Locomotion Automobile*, la plus ancienne revue de l'espèce, puis la *France Automobile*, les *Petites Annales*, le *Chauffeur*, etc. ; il a son club, l'Automobile-Club, fondé en 1895, qui compte déjà 1.400 membres et se recrute aussi bien que le Jockey-Club ; il a son vocabulaire et ses mots à lui, de chauffeurs, de chauffeuses, de motocycles, de voiturettes, de voituelles, de pétrolettes, d'accumobiles, de pilomobiles, d'électrobates, voire même d'automobilédon, synonyme d'automédon ; l'Académie s'empressera d'ouvrir son dictionnaire à tous ces néologismes ; il a ses capitalistes et chaque jour voit naître une société nouvelle d'exploitation.

Bref, l'automobilisme constitue une des grandes préoccupations de cette fin de siècle. Il est donc intéressant de rechercher comment l'invention est née et comment elle s'est développée : ce qu'elle est devenue et comment elle l'est devenue ; ce qu'elle nous promet et ce qu'elle peut devenir. Son passé, son présent et son avenir méritent d'arrêter l'attention des penseurs ; c'est la triple question que je vais étudier, avec l'indépendance d'un homme qui n'a ni cheval, ni voiture automobile.

L'automobilisme, qu'on croit né d'hier, a déjà une longue histoire.

Les Anglais, qui n'accaparent pas seulement des provinces, prétendent que leur premier Bacon, le *Doctor admirabilis* des scholastiques, avait déjà envisagé, vers le milieu du XIII^e siècle, la possibilité de créer des voitures sans chevaux; Newton essaya de réaliser la prédiction en utilisant l'éolypile de Héron d'Alexandrie; le grand Watt, qui avait entrevu toutes les applications de la machine à vapeur, prit un brevet de voiture en 1784 et Murdoch construisit, en 1785, un tricycle à vapeur que l'on a exhibé orgueilleusement à Londres lors de l'Exposition de 1851.

A tous ces inventeurs d'Outre-Manche, la France a le droit d'opposer d'abord Elie Richard, qui construisit en 1690 un carrosse dans lequel « on pouvait se conduire où l'on voulait sans aucuns chevaux ». Cette voiture, qui a été présentée par Ozanam à l'Académie Royale des Sciences, avançait par l'action des pieds du laquais juché derrière la voiture, qui agissaient sur des pédales dissimulées dans la caisse; à l'extrémité de chaque pédale étaient fixées de petites bielles recevant des palettes à charnières, qui faisaient office de cliquets et s'engageaient dans les dents de roues calées sur l'essieu. Le maître dirigeait par des guides la marche du carrosse en faisant mouvoir l'avant-train.

Ce mode de transmission par cliquets est celui qu'a adopté Cugnot en 1769, pour faire mouvoir le véhicule qu'il destinait à trainer des canons et qu'il avait nommé un fardier à vapeur. Une chaudière sphérique, chauffée par un petit foyer dont la porte s'ouvrait à l'avant, fournissait la vapeur à deux cylindres verticaux à simple effet dont les pistons, pressés par-dessus, transmettaient l'effort développé à des chapes à cliquets, qui pénétraient dans des encoches pratiquées sur des disques circulaires et les faisaient tourner d'une quantité proportionnelle à leur course; ces disques étaient calés sur l'essieu d'avant, portant l'unique roue motrice de la voiture. Cette roue, montée sur un bogie, servait en même temps à la direction du véhicule. On put trainer aisément 2.500 kilogrammes à la vitesse de 5 kilomètres à l'heure, mais il eût fallu un mécanisme plus parfait, une chaudière plus étanche et un foyer plus ardent pour pouvoir marcher quelque temps; on rapporte en effet qu'on était obligé d'arrêter tous les quarts d'heure pour alimenter d'eau et refaire de la pression. Dans un essai, une fausse manœuvre fit heurter la machine

contre un mur qu'elle démolit, donnant ainsi une preuve malheureuse, mais indiscutable, de sa puissance. Le général Bonaparte, à son retour d'Italie, eut connaissance des expériences de Cugnot et il provoqua à l'Institut la nomination d'une commission dont il voulut faire partie et qui fut chargée d'examiner la voiture et de chercher à en tirer quelque chose ; mais son départ pour l'Égypte l'empêcha de donner suite à ce projet et la machine fut remise, en 1801, au Conservatoire des Arts et Métiers, où on peut la voir encore.

Vers le même temps, un Américain, Olivier Ewans se mit aussi en tête de remplacer les chevaux par un moteur à vapeur ; il eut moins de succès encore que notre Cugnot. Mais son idée fut recueillie par deux mécaniciens du Cornouailles, Trewithick et Vivian, qui réussirent à établir une sorte de grande diligence ; leur cylindre, disposé horizontalement, était enveloppé par la vapeur de la chaudière, ce qui était une belle idée ; des bielles en retour transmettaient à un volant le mouvement du piston. Leur voiture se voit encore à Kensington Museum.

En 1803, un de nos compatriotes, nommé Dallery, créait à son tour une voiture à vapeur, qui présentait de remarquables dispositifs, dont notre pays a le droit de revendiquer l'invention ; sa chaudière était tubulaire et une hélice était employée pour produire un tirage artificiel destiné à suppléer la cheminée. Sa voiture avait la forme d'un bateau ; elle n'était pas encore viable.

Et voilà que l'idée repasse de nouveau le détroit, pour être transformée. Jusque-là on employait des jantes dentelées ou garnies de pointes pour mordre sur le sol et donner de l'adhérence à la roue motrice. Brunton crut faire mieux en faisant agir le moteur sur des espèces de béquilles mobiles, qui pressaient sur le sol et se relevaient ensuite comme les jambes d'un cheval, de manière à faire progresser la voiture. Il va sans dire qu'elle ne résista pas longtemps aux secousses provoquées par ce moyen barbare de prendre contact avec le sol. Cela n'empêcha pas Gurney de persévérer dans la même erreur et de créer une seconde voiture à jambes ; celle-ci agissait différemment.

Deux cylindres horizontaux étaient disposés parallèlement sur le châssis de la voiture et la vapeur leur était distribuée de façon à ce que le piston de l'un marchât en sens inverse de l'autre ; chacun

d'eux actionnait une sorte de sabot, lequel ne frottait sur le sol que dans le mouvement rétrograde. Mais n'insistons pas sur ces dispositions primitives, que Stephenson a rendues inutiles en démontrant que les roues unies adhéraient suffisamment au sol pour devenir motrices par le simple effet de la charge de l'essieu qui les porte.

En 1821, Griffith réussit à établir un véhicule remarquable, auquel nous devons une mention particulièrement élogieuse : c'était une diligence à vingt places, un peu longue, mais bien conditionnée pour l'époque. Les roues d'arrière recevaient leur mouvement des cylindres à vapeur par l'intermédiaire de balanciers et de bielles agissant sur des arbres à manivelles. Ces arbres portaient des pignons de plusieurs diamètres, engrenant avec des roues dentées solidaires des roues motrices; le conducteur disposait de la sorte de sa vitesse suivant le besoin.

La chaudière, qui était tubulaire, était disposée à l'arrière ainsi que toute la machinerie; le chauffeur entretenait le feu et manœuvrait les leviers de mise en marche et de changement de vitesse. Le conducteur, assis à l'avant, n'avait à s'occuper que de la direction qui était donnée par une roue unique, engagée dans une fourche, comme l'est encore aujourd'hui la roue directrice des vélocipèdes.

Trois ans plus tard, James créait une nouvelle diligence, celle-ci à quatre roues, dont les deux essieux étaient moteurs; chacun d'eux était mû par quatre cylindres. Des pignons réduisaient la vitesse, comme dans la voiture précédente. L'avant-train pivotait sur une cheville ouvrière; le conducteur effectuait cette manœuvre en agissant sur une roue-gouvernail engrenant avec une roue de grand diamètre. On s'acheminait ainsi progressivement vers les types actuellement adoptés à la suite d'une longue et laborieuse sélection.

A cette même époque, le français Pecqueur inventait le train différentiel; Akermann et Likensberger avaient déjà fait breveter l'essieu brisé, que M. Janteaud a si heureusement appliqué depuis lors, et qui a tant contribué au progrès des voitures automobiles. On a même reconnu dernièrement que les paliers à rouleaux et à billes avaient été employés dès 1802 par un nommé Cardinet, dont le nom mérite bien pour cela de passer à la postérité. Le Touring-Club et l'Automobile-Club lui doivent donc un médaillon, ainsi qu'aux précédents. La chaudière en serpent, à vaporisation continue, généralement attri-

buée au baron Séguier, était aussi inventée, dès 1827, par Gurney, le même dont nous avons décrit ci-dessus la voiture à sabots. Il injectait de l'eau dans ce serpentin à l'aide d'un petit cheval alimentaire; on arrêtait le moteur en supprimant cette injection et il suffisait pour cela de caler les soupapes d'aspiration et de refoulement. La vapeur formée traversait des tubes verticaux, destinés à la dessécher et jouant le rôle de séparateurs. Toutes ces inventions étaient faites avant 1831, mais il faut reconnaître que leur importance ne fut pas appréciée; elles passèrent d'abord inaperçues.

Mais il y eut tout à coup en Angleterre une véritable floraison de voitures à vapeur dues au génie de Dance, Ogle, Summers, Row, Boase, Hill, Ward, Gibbs, Heaton, Russell, Crurch, Hancock, etc.

Disons un mot des voitures de Hancock, qui paraissent avoir surpassé les autres.

Cet ingénieur produisit, en 1833, une voiture qu'il appela l'*Autopsie*, qui donna de remarquables résultats. La chaudière, disposée à l'arrière, envoyait la vapeur à un cylindre vertical, dont le piston agissait sur un arbre coudé, relié à l'essieu d'arrière par une chaîne sans fin. Une soufflerie produisait un tirage forcé; la direction se donnait par l'essieu d'avant. Hancock construisit un grand nombre de voitures qui firent le trajet de Londres à Paddington, de Londres à Greenwich, à Brighton, à Marlborough, etc. Il y en eut une vingtaine en circulation à la fois et elles transportèrent des milliers de voyageurs, faisant jusqu'à 24 kilomètres à l'heure. L'une d'elles fit le voyage de Dublin avec un remarquable succès. On rapporte que Hancock construisit aussi pour son usage personnel un léger phaéton qui circula dans les rues de la capitale, parmi les voitures et les piétons, sans donner lieu à aucune critique. Il fit même voyager sur les routes des trains composés de trois omnibus et d'une diligence, contenant ensemble cinquante voyageurs qui n'eurent qu'à se féliciter d'avoir accordé leur confiance à la traction à vapeur, laquelle leur faisait gagner du temps en réalisant des vitesses inconnues jusque-là.

Le branle était donné et l'opinion publique s'intéressa vivement à cette transformation radicale, si pleine de promesses, des moyens de locomotion; on entrevit alors déjà le jour prochain (on le croyait du moins), où le cheval serait supplanté par les automobiles; cet état d'esprit de nos voisins nous est révélé par des caricatures curieuses

de 1833, nous montrant ce que deviendraient à bref délai Hyde-Park et Regents'-Park. Ces dessins humoristiques qui appartiennent à la collection du comte de Dion, ont été reproduits par la *Locomotion Automobile* ; cette publication a obtenu un grand et légitime succès, car lesdits dessins sont réellement spirituels et fort suggestifs. Chose curieuse : l'imagination du caricaturiste avait créé des types de voitures, qu'il croyait de haute fantaisie, mais qui ressemblent étonnamment à certains tricycles et quadricycles construits en ces dernières années, et consacrés par la pratique.

L'industrie des automobiles à vapeur était en bonne voie, mais on compromit le succès de tant d'efforts par un excès d'empressement. On voulut aller trop vite et trop loin ; or, les mécaniciens d'alors étaient encore trop mal pourvus d'outils et de métaux pour pouvoir construire avec la perfection qu'il aurait fallu, des appareils aussi compliqués, aussi délicats et soumis à d'aussi rudes épreuves ; il y eut des chaudières brûlées, des essieux brisés, des bielles tordues, des roues ébréchées, des coussinets grippés, et, comme conséquence, des voyageurs fourbus.

Les voitures manquaient d'ailleurs de confortable, ce qui est un vice rédhibitoire en Angleterre. Ajoutez à cela que, plus d'une fois, les conducteurs conduisirent ces lourdes palaches dans le fossé ou les firent buter contre les arbres qui bordaient la chaussée. Sous la pression de l'opinion, émue de ces accidents, excitée sans doute aussi par les maîtres de poste, dont les revenus étaient menacés, le Parlement dut intervenir pour réglementer la circulation des voitures à vapeur sur les routes. Comme toujours, la réaction fut excessive ; la réglementation fut si étroite qu'elle tua ce qu'elle voulait seulement soumettre aux lois de la prudence. Le *Locomotive Act* voulait protéger les routes et il imposa aux jantes une largeur démesurée ; il voulait protéger les personnes, et il obligea les conducteurs à se faire précéder par un homme marchant à pied, agitant un drapeau rouge, pour empêcher les gens d'être écrasés ; enfin, pour éviter que cet homme fût écrasé lui-même, il dut marcher à reculons ! Des droits exorbitants étaient de plus prélevés sur les tarifs de transport.

Une législation aussi draconienne produisit aussitôt ses effets et c'en fut fait pour longtemps de l'automobilisme en Angleterre ; le *Locomotive Act* n'a, en effet, été rapporté que le 15 août 1896. Jusque-

là, on ne vit plus, sur les routes anglaises, que des locomotives routières, machines lourdes et massives, qui peuvent être considérées comme les mammoths de l'espèce, pesant plus de vingt tonnes, développant une trentaine de chevaux, progressant au pas lent du cornac à pied qui les pilotait. L'adaptation des bandages de caoutchouc faite à leurs roues par Thompson, en 1845, leur donna des qualités éminentes, mais ce n'étaient que des fardiens, pour employer le mot de Cugnot.

Quelle que soit notre indépendance vis-à-vis de l'Angleterre, le *Locomotive Act* produisit ses effets jusque chez nous ; la création des voies ferrées enlevait du reste, pour le moment, toute leur raison d'être aux automobiles. Pecqueur, Galy-Cazalat, Dietz, de Laubépin et quelques autres prirent, il est vrai, encore des brevets, et l'Académie des Sciences daigna même accorder une attention bienveillante à une automobile à vapeur de Dietz, qui monta la rampe du Pecq à Saint-Germain en 13 minutes, mais cette expérience si belle n'eut aucun écho. L'heure de l'automobilisme n'avait pas encore sonné.

L'électricité aurait déjà pu entrer en lice ; Jacobi remontait en effet la Néva, en 1839, dans un bateau actionné par 130 éléments de Grove ; mais il ne songea même pas à faire mouvoir une voiture par le même procédé.

Quant aux moteurs à gaz, ils n'existaient pas encore pratiquement. Lenoir essaya bien, en 1862, une automobile à gaz et il fit plusieurs voyages de Paris à Joinville-le-Pont ; mais l'essai était prématuré. Quelques années plus tard, Ch. Ravel, qui a eu toutes les initiatives, construisit aussi un tilbury ; il allait l'essayer quand éclata la guerre néfaste de 1870. On dit que cette voiture fut enterrée quelque part aux environs de Paris ; nous ignorons si son inventeur l'a cherchée, s'il l'a trouvée et s'il a pris la peine de l'exhumer. Retenons toutefois que deux ingénieurs français ont été les premiers à appliquer le moteur à gaz aux voitures.

Nous venons de retracer la première phase de l'évolution de l'automobilisme ; c'était la période d'invention, nous pourrions dire la phase d'incubation ; l'idée ne devait éclore qu'en 1873. Mais le germe était déposé dans les esprits, la plupart des éléments étaient découverts et inventés, et il n'y avait qu'à attendre des circonstances favorables.

Elles se présentèrent en 1873, alors que, notre réseau de voies ferrées ayant été reconnu insuffisant, on chercha des moyens nouveaux pour développer et multiplier les moyens de transport et de communication.

C'est la période d'application qui va commencer.

M. Amédée Bollée prit, en 1873, un premier brevet pour une voiture à vapeur dont l'agencement mécanique était remarquable ; pour améliorer la direction, qui était restée difficile jusqu'alors, il imagina l'avant-train à deux pivots, qui permet de manœuvrer les deux roues directrices aussi aisément que la roue unique des tricycles. Il créa alors cette diligence célèbre, qui circula dans les rues du Mans, portant douze voyageurs : l'*Obeissante*, c'était son nom, méritait cette épithète par les rares qualités de maniabilité qu'elle possédait. Elle était mue par deux cylindres placés à 45°, alimentés par une chaudière Field chargeant l'essieu moteur d'arrière. En 1878, une voiture Bollée fit le voyage de Paris à Vienne, en Autriche ; une autre, construite en 1880, réalisait déjà une grande perfection relative, puisque quinze ans plus tard, elle put prendre part à la course Paris-Bordeaux. M. Bollée l'avait baptisée du nom de *la Nouvelle* ; ses concurrents l'appelaient l'*Aieule* ; or, cette vénérable machine parcourut 1.200 kilomètres en 90 heures, malgré qu'un accident de route lui eût infligé une demi-journée d'arrêt.

L'invention du générateur Serpollet fournit à l'automobilisme un élément nouveau, possédant une grande puissance de vaporisation sous un volume réduit, et procurant tous les avantages de la surchauffe, notamment la suppression du panache de vapeur de décharge. M. Armand Peugeot fut le premier constructeur de M. Serpollet ; on commença par un tricycle, en 1888, puis on fit un quatre-places, qui circula dans les rues de Paris en 1889, avec une autorisation du préfet de police, et fut remarqué à l'Exposition de cette même année. MM. de Dion, Bouton et Trépardoux exposèrent aussi une voiture, qui n'eut pas moins de succès. Puis vinrent les automobiles Le Blant et Scotte, qui ne tardèrent pas à faire parler d'elles.

Le moteur à gaz est entré en scène en 1883. MM. Delamare-Deboutville et Malandin établirent alors un tricycle, qui a roulé sur la grande route de Fontaine-le-Bourg (Seine-Inférieure) et qui causa un grand ébahissement parmi la population ouvrière de cette petite loca-

lité industrielle. Le gaz était renfermé dans deux réservoirs de cuivre sous une pression de 10 kilogrammes, et il était livré au moteur par un ingénieux détenteur. Bientôt après, ces ingénieurs trouvèrent préférable d'employer l'essence de pétrole et ils prirent un brevet à la date du 12 février 1884.

En 1885, M. Daimler construisit en Allemagne sa première bicyclette à pétrole ; en 1887, il fit une voiture qui est venue à l'Exposition de 1889.

La première voiture automobile de la Société Benz et C^{ie}, de Mannheim, a été brevetée en 1886, le 25 mars.

Ces dates établissent d'une façon indiscutable la priorité de l'invention de MM. Delamare-Deboutteville et Malandin sur celle de MM. Daimler et Benz.

Mais il fallut attendre l'année 1890 pour arriver à une application réellement courante et pratique des moteurs à pétrole à la locomotion sur routes.

Cette application est due à MM. Panhard et Levassor, concessionnaires en France des brevets Daimler : dès 1891, ils avaient établi un type de voiture parfaitement viable et ils commencèrent la vente. Leur catalogue de cette même année mentionne une victoria à deux places, au prix de 3.500 francs ; en 1892, ils avaient créé quatre types qu'on a pu considérer alors comme les meilleurs et les plus parfaits.

M. Armand Peugeot, qui avait débuté dans l'automobilisme avec la chaudière Serpollet, fit une infidélité à la vapeur, et il créa à son tour une voiture à pétrole en installant un moteur Daimler sur un bâti en tubes de métal monté sur des roues de vélocipède. Cette automobile conduisit M. Peugeot sans accident, en 1891, de Valentigney à Brest : de nombreux succès ont établi depuis lors le grand mérite de la création de M. Peugeot.

Citons encore parmi les premiers constructeurs, M. Roger, qui a introduit en France la voiture Benz ; M. Tenting, qui a détenu le record de la consommation ; M. Lepape dont la voiture portait trois cylindres rayonnants autour de l'arbre ; puis MM. Landry et Beyroux, Vacheron et Lebrun, Prétot, Klauss, et nos concitoyens lillois, MM. Rossel et Cambier.

L'électricité, dont l'Exposition de 1881 avait fait constater les immenses ressources, et qui venait d'être appliquée par MM. Siemens

et Halske à la traction sur chemins de fer, essaya de disputer à la vapeur les lauriers qu'elle avait conquis sur les routes. Elle entra en scène, dès cette année 1881, avec le tricycle de M. Raffard, chargé de 6 accumulateurs Planté; M. Ayrton, en 1882, M. Park, en 1887, M. de Graffigny, en 1891, la Société pour la transmission de la force par l'électricité, en 1882, M. Pouchain d'Armentières, en 1893, et M. Janteaud lancèrent des voitures auxquelles on arriva à faire porter jusqu'à 54 accumulateurs pesant 500 kilogrammes. C'était leur plus grand défaut, j'allais dire leur seul défaut, car elles fonctionnaient parfaitement; mais elles traînaient un bien lourd boulet aux pieds!

Nous avons donc en France, dès 1894, de nombreux constructeurs dont les études étaient achevées, dont les types étaient créés et qui se croyaient prêts à livrer; la matière était conquise, mais le public ne l'était pas. Il s'intéressait aux essais qu'il voyait faire, il admirait les résultats qu'on annonçait, mais il restait sceptique et n'achetait pas. Il fallait que, dans une épreuve solennelle et retentissante, l'automobile se présentât sur les routes et fournit une longue et triomphante étape, criant à tous : « Je marche, donc je suis. » C'est alors que M. Pierre Giffard conçut le projet de ce concours fameux du *Petit Journal*, destiné à démontrer qu'il existait des voitures sans chevaux aisément maniables, sur toutes les routes, n'exposant les voyageurs à aucun danger, ne coûtant pas trop cher d'achat, d'entretien et de fonctionnement.

Dans ce concours, que nous pouvons, sans exagération, qualifier d'historique, la vitesse ne devait pas seule entrer en ligne de compte et il fut décidé qu'on ne ferait pas état d'une vitesse supérieure à 13 kilomètres et demi, en y comprenant les arrêts.

Il y eut 102 véhicules inscrits, 38 à pétrole, 29 à vapeur, 5 à l'électricité, 5 à l'air comprimé et 25 de divers autres systèmes. On débuta par des épreuves éliminatoires auxquelles l'électricité ne sut pas résister, puis on se lança sur la route de Rouen. Il y avait 126 kilomètres à parcourir. Le pétrole sortit vainqueur de la lutte et les maisons Panhard et Levassor et Peugeot se partagèrent le premier prix *ex æquo*; la vapeur arriva au second rang avec MM. de Dion et Le Blant; les voitures à pétrole Vacheron et Lebrun et Roger furent classées à la suite.

Le succès de cette course Paris-Rouen avait été si grand, il avait

constitué une si retentissante réclame et avait tant contribué à populariser les nouveaux moyens de locomotion, qu'on organisa, pour 1893, une seconde course plus longue, plus décisive par conséquent, entre Paris et Bordeaux aller et retour; 1.900 kilomètres devaient être parcourus en une seule traite.

Mais cette épreuve était réservée aux véhicules portant au moins deux voyageurs, et encore le premier prix ne devait-il être attribué qu'à des voitures à quatre places. C'était, cette fois, une course de vitesse : 46 véhicules s'inscrivirent, dont 29 à pétrole, 13 à vapeur et 2 seulement à l'électricité : celle-ci perdait déjà du terrain. M. Levassor, qui tenait la barre de la voiture Panhard et Levassor à 2 places, arriva le premier en 48 heures 47 minutes; le quatre-places Peugeot arriva second en 59 heures 48 minutes et remporta le prix aux termes mêmes du programme. Les voitures à vapeur étaient restées en chemin ainsi que l'électricité, malgré tous les efforts de M. Janteaud, qui ne négligea aucune dépense pour essayer de conjurer le désastre.

Le pétrole triomphait.

La mode était aux courses : l'année 1896 eut donc aussi la sienne. Les organisateurs, entraînés par le succès, allongèrent encore le parcours : il s'agissait cette fois alors d'aller de Paris à Marseille et d'en revenir, en dix étapes de jour, la nuit étant consacrée au repos des intrépides chauffeurs; pendant qu'ils essayaient de dormir, les machines étaient remisées sous des hangars. Chaque étape avait une longueur moyenne de 171 kilomètres; on pouvait en faire plusieurs par jour. Pour la première fois, les motocycles furent admis, non pas à concourir, mais à se faire chronométrer; il y en eut 14 contre 38 voitures. Au point de vue de l'espèce, notons que 48 véhicules employaient le pétrole; il n'y en eut plus que 4 à vapeur et l'électricité renonça à la lutte. Le départ eut lieu le 24 septembre à la barrière de l'Etoile, au milieu d'une affluence énorme, témoignage éloquent de la popularité croissante des automobiles et de la badauderie parisienne. Le temps était beau, mais le 25 éclata un cyclone terrible, qui assaillit les voyageurs en cours de route et les soumit à une rude épreuve, qui rehaussait singulièrement le mérite de ceux qui devaient surmonter la tourmente, mais qui en mit une dizaine hors de combat. Le retour fut encore contrarié par de violents coups de vents. Malgré tout, la voi-

ture Panhard et Levassor rentrait à Paris le 3 octobre, après avoir couvert 1.171 kilomètres en 67 heures 42 minutes de marche ; cela faisait du 25 kilomètres à l'heure. Une seconde voiture des mêmes constructeurs avait fait 24,2 kilomètres à l'heure, le tricycle Dion 24 et la voiture Peugeot 22,68.

Cette course fut toute à la gloire du pétrole en général, et de MM. Panhard et Levassor en particulier.

Ces trois grandes épreuves, dont nous venons de dire les péripéties et les résultats, ont puissamment contribué à l'extension de l'automobilisme. Elles furent suivies de beaucoup d'autres, trop nombreuses peut-être, dont le public pourrait se désintéresser si l'on en abusait, et que nous ne rappellerons que pour mémoire : Marseille à Monte-Carlo, Paris à Dieppe, Paris à Trouville, Paris à Cabourg, Paris à Nice, Carcassonne à Perpignan, Bordeaux à Agen, etc., etc.

Disons seulement qu'on vit, sur la piste de Marseille à Monte-Carlo, une voiture de Dion, pesant 2.300 kilogrammes, développant 18 chevaux, conduite par M. de Chasseloup-Laubat, qui fit du 31 kilomètres et qui, pour une fois, dama le pion au pétrole, représenté par une voiture Peugeot, qui ne fit que du 29 kilomètres ; mais cette dernière ne pesait que 650 kilogrammes et son moteur n'avait que 6 chevaux de puissance. La vapeur payait donc chèrement sa revanche.

Signalons aussi que dans la course Paris-Dieppe le motorcycle Bolée démontra de remarquables performances en battant les voitures Panhard, de Dion et Delahaye. Le même, dans l'épreuve du Critérium de 1898, a parcouru les 100 kilomètres de Chartres à Etampes et retour en 1^h 57^m 50^s. La voie ferrée seule avait permis jusqu'ici d'atteindre de semblables vitesses.

Citons enfin, mais seulement pour la curiosité du fait, la triplète infernale Darracq, qui a parcouru 65 kilomètres à l'heure ; passants, méfiez-vous d'elle !

La course Paris-Amsterdam a été la dernière (on l'assure du moins) organisée sous le haut patronage de l'Automobile-Club de France : il y avait deux catégories de concurrents, les coureurs et les touristes. L'itinéraire était Paris, Givet (Ardennes), Liège, Nimègue, Utrecht, Amsterdam, Nimègue, Liège, Arlon, Luxembourg, Verdun, Châlons, Melun, Versailles ; le parcours dépassait 1.500 kilomètres, divisés en six étapes avec deux jours de repos à Amsterdam. Les engagements

furent nombreux et la liste des concurrents portait les noms les plus réputés des chauffeurs et des constructeurs : on y voyait les Charron, Girardot, Gaudry (alias M. Giraud), Marcelin, Osmond, Corbière Léon, parmi les coureurs ; MM. Guyet, Michelin, de Berthier, de Lucenski, Roch-Brault, de Dietrich, etc., voire même madame la baronne de Zuylen, parmi les touristes. Les routes étaient en quelques points détestables ; on fit quand même des moyennes de 45 kilomètres avec des voitures à deux places. Voici quel a été le classement des conducteurs.

Voitures des coureurs

1. Panhard et Levassor.
2. Amédée Bollée.
3. Peugeot.
4. Mors.
5. Richard.

Voitures des touristes.

1. Delahaye.
2. De Dietrich.
3. Mors.
4. Panhard et Levassor.
5. Amédée Bollée.

Toutes ces courses constituaient une réclame merveilleuse pour l'automobilisme en général et pour quelques personnes (athlètes ou amateurs) en particulier ; mais elles n'avaient guère d'intérêt qu'à la première heure. Elles sont trompeuses d'ailleurs, car si l'on proclame bien haut que telle voiture a fait du 40 ou du 50 à l'heure, on n'avoue pas qu'elle a usé nombre de pièces de rechange, qu'elle était suivie par des équipes d'ouvriers rejoignant les relais en chemin de fer et passant la nuit à faire les réparations urgentes. Les initiés seuls connaissent ces détails et ils ne les communiquent pas aux profanes.

Ces courses françaises avaient eu néanmoins un retentissement considérable.

Entraîné par notre exemple, l'étranger a voulu nous imiter.

L'Amérique, qui nous prépare une concurrence formidable, a pris la tête du mouvement. Le *Times Herald* organisa, en novembre 1895, un concours qui eut un caractère scientifique, que nous n'avons pas su donner à nos épreuves. Des ingénieurs déterminèrent avec une précision remarquable la consommation des voitures concurrentes, leur rendement et les efforts de traction maximum développés par elles : un rapport très documenté a été publié par des hommes d'une réelle compétence, et nous en recommandons la lecture aux praticiens, qui le trouveront dans la *Locomotion Automobile*. Cette course

eut lieu à Chicago et fut marquée par une lutte entre 18 voitures à pétrole, 5 à vapeur, 3 à gaz, 7 à l'électricité, une à l'air comprimé et 2 à ressorts ; la voiture à pétrole l'emporta brillamment comme elle l'avait toujours fait chez nous.

Une autre course, organisée à Providence, sur une piste, fit au contraire triompher l'électricité ; c'est la première fois que nous avons à le signaler. Mais, pour dégager toute la philosophie du fait, il faut noter que le parcours de la piste était peu considérable, et que les voitures engagées étaient des motocycles. Le résultat de cette épreuve justifie les espérances de ceux qui voient dans le véhicule électrique le fiacre de l'avenir.

En Angleterre, on n'avait guère fait encore que des expositions, grâce à la tyrannie du *Locomotive Act*. Or, le 15 août 1896, la Chambre des Communes votait un bill de circulation des automobiles, qui ouvrit enfin les routes aux nouveaux véhicules. L'*Engineer* s'empressa d'organiser un concours. Puis, la *Self Propelled Association* en organisa un autre à Liverpool, consacré plus spécialement aux Poids Lourds, dans lequel il devait être tenu compte du combustible dépensé, du personnel nécessaire pour la conduite du véhicule, des facilités de marche en avant et en arrière et de virage, du bruit, de l'odeur, de la visibilité de la décharge, des qualités de construction, de la facilité des réparations, etc. Il faut reconnaître d'après cela, que les Américains et les Anglais envisagent la question de l'automobilisme d'une façon plus pratique que nous. Là-bas, on est plus ingénieur et plus commerçant ; ici, on fait du sport, qui constitue assurément une noble distraction, mais convient particulièrement bien aux rentiers. Nous croyons toutefois qu'un rapport d'ingénieur contribue plus au progrès des voitures que les articles enthousiastes des reporters admis à participer aux courses, et que les acclamations de la foule désœuvrée qui se presse sur le chemin parcouru par des concurrents, faisant, sur des machines exceptionnellement soignées, des courses de vitesse, dans lesquelles on risque mille fois de se casser le cou. Le concours des Poids Lourds, qui a eu lieu autour de Versailles, en août 1897, et le concours de Lille, en juillet 1898, organisés sous la direction ou le patronage de l'Automobile-Club, témoignent, il est vrai, d'une certaine réaction contre le sportisme exagéré d'autrefois ; on décida de renoncer au classement, pour donner des appréciations,

et l'on tint parole. Il est à désirer qu'on persévère dans cette voie, qui est la meilleure.

La preuve la plus concluante et la plus suggestive est celle des voyages de longue haleine, entrepris bourgeoisement sur une route ordinaire, sans préparation spéciale : voilà qui vaut mieux encore qu'une course au clocher et qui amène au constructeur plus d'acheteurs sérieux que ces épreuves tapageuses, nécessaires au début, mais devenues inutiles aujourd'hui. C'est la meilleure réclame à faire en ce moment. Nous avons relevé dans les journaux quelques-unes de ces excursions et nous croyons utile de les signaler.

M. Michelin, le constructeur bien connu des pneus français, se procure un breack à 6 places, à vapeur, pesant 2.050 kilogrammes, et il parcourt 7.700 kilomètres en 115 sorties de 67 kilomètres chacune en moyenne ; il calcule que le kilomètre de route lui coûte en coke et en huile 0 fr. 106 ; il arrive à une moyenne de réparation de 2 francs par sortie.

En 1896, M. Porcherot, ingénieur de la Compagnie d'Orléans, part de son château de la Bichellerie, près de Tours, et va à Vichy en 15 heures, parcourant ainsi 330 kilomètres, sans aucun accroc, à une vitesse moyenne de 21 kilomètres.

M. de Varennes fait un tour de France, et il parcourt 4.130 kilomètres ; son régime de marche varie de 15 à 23 kilomètres à l'heure, et il n'est arrêté qu'une seule fois contre son gré, par un léger accident, réparé en 32 minutes, montre en main.

Le comte et la comtesse de Cognard, emmenant avec eux un domestique mécanicien, un chien et 75 kilogrammes de bagages, vont de Plombières à Aix par le chemin des touristes, Mulhouse, Bâle, le Saint-Gothard, le Simplon et Genève, et ils donnent à leur retour patente nette à leur constructeur : pas une réparation en route !

Voilà des faits qui établissent d'une façon indiscutable que la voiture sans chevaux est pratiquement réalisée, qu'elle est parfaitement viable et que, si elle n'a pas encore atteint la perfection, elle est néanmoins déjà assez maniable, assez robuste et assez économique pour pouvoir être utilisée partout. Que ce soit le pétrole (l'essence de pétrole) ou la vapeur qui agisse sur le piston du moteur, le prix du combustible ressort à environ 10 centimes le kilomètre ; les voyageurs pressés peuvent développer aisément 25 kilomètres à l'heure, sur un

bon terrain plat, sans fatiguer leur véhicule, et 10 kilomètres, sur rampes de 5 centimètres par mètre; mais une vitesse moyenne de 12 kilomètres suffirait bien pour donner satisfaction aux besoins et aux goûts de la plupart des voyageurs. A cette allure, les accidents sont rares et les réparations peu coûteuses, en général.

C'est la France qui est à la tête du mouvement automobiliste. Nous avons 7 constructeurs de voitures à vapeur, tous à Paris, et 55 constructeurs de voitures à pétrole, dont 14 en province; 10 constructeurs seulement font des voitures électriques. Ces 72 maisons construisent les modèles les plus variés : voitures à 2 places, vis-à-vis à 4 places, victorias, phaétons, dog-cars, breaks, etc. Il y en a pour tous les goûts. Le moindre prix d'une voiture à 2 places est de 3.500 à 4.000 francs; un vis-à-vis à 4 places se vend de 5.500 à 6.500 francs; un break à 5 places est à peu près au même prix.

On estime à 1.500 au plus, le nombre de voitures automobiles actuellement existantes en France; mais il y en aurait un bien plus grand nombre, si les constructeurs avaient livré tout ce qui leur a été commandé. Les plus fortes maisons sont montées pour en faire sortir trois par semaine; d'autres en achèvent péniblement une par mois. Généralement elles acceptent plus de commandes qu'elles n'en peuvent exécuter. L'offre est donc nulle et la demande très considérable; il en résulte que les prix se maintiennent très haut et qu'ils resteront à ce niveau quelque temps encore.

Le fiacre électrique pratique a mis du temps à venir. On avait annoncé follement que Paris en aurait 500 à sa disposition le 1^{er} juillet 1897; or, on produisit sur les boulevards une voiture Kriéger le 14 août de la même année, et je ne saurais dire si elle resta longtemps en service. Elle portait 285 kilogrammes d'accumulateurs et pouvait parcourir 30 kilomètres sans recharge. En septembre 1898, un fiacre stationna sur les boulevards et il eut un assez grand succès de curiosité. Londres avait dès lors une douzaine de fiacres, cabs ou hansomes; on a constaté qu'ils remontaient fort gaillardement la pente de Savoy-Hill et qu'ils faisaient 20 % plus de recettes que les autres. New-York, Boston et Chicago sont maintenant largement pourvus de voitures électriques.

Le concours de fiacres organisé à Paris en juin 1898, par l'Automobile-Club de France, fait date, parce qu'il a permis de constater sans

erreur l'état présent de cette industrie. Le programme était ainsi conçu :

« L'épreuve portera :

1° Sur le prix de revient de la journée d'un fiacre automobile en service usuel dans Paris, accomplissant un parcours varié de 60 kilomètres au minimum dans une durée de seize heures.

Pour faciliter l'exécution de l'épreuve, les 60 kilomètres seront accomplis d'une seule traite, suivant la feuille de route. A la consommation faite pendant ce trajet, on ajoutera la consommation faite au dépôt pendant la durée complémentaire de la journée ;

2° Sur le confort et la maniabilité de la voiture ;

3° Sur la fréquence du ravitaillement, l'importance et la facilité des réparations.

L'épreuve devait durer douze jours et comprendre douze itinéraires différents : la vitesse dans Paris était fixée au maximum de 20 kilomètres.

Nous donnons, page 492, le tableau des véhicules engagés : une seule voiture anglaise osa se mesurer avec les voitures françaises et encore renonça-t-elle tout de suite à la lutte.

Mais il n'y eut en réalité que douze voitures électriques (celles de MM. Kriéger, Janteaud, Jenatzy ; celle dernière sous le couvert de la Compagnie générale des Transports Automobiles) et la voiture anglaise Morgan qui prirent part au concours (1) ; le pétrole fut représenté par le seul n° 12 de la maison Peugeot. Cette abstention fut une première défaite morale, de laquelle on a fait grand bruit et que les électriciens ont longuement commentée, attendu qu'elle a paru accentuée par l'échec du coupé Peugeot. Voici la vérité : cette voiture fournit une marche superbe, la plus accélérée, sans aucun accident ; mais elle consomma trop de pétrole, et le jury exprima le regret de ne pouvoir lui donner pour ce motif aucune récompense, en rendant hautement hommage à son parfait fonctionnement et à sa grande régularité. M. Forestier évalua à 21,47 litres d'essence sa consommation journalière en service ordinaire de 13 heures, soit à 12 francs, alors que les fiacres électriques ne consommeraient que pour 1 fr. 68

1. La victoria Morgan, qu'on appelait plaisamment l'éléphant à cause de ses dimensions, se retira avant la fin du concours, à la suite d'un accident de pneumatique.

RAISON SOCIALE	FORME	COUVERT ou non	AGENT moteur
Krieger	Coupé	Fermé	Electricité
—	Victoria	Découverte	—
—	Tracteur	Découvert	—
Panhard-Levassor	Coupé	Fermé	Essence de pétrole
—	Victoria	Découverte	—
—	Landau	Mixte	—
—	Fiacre à galerie	Fermé	—
—	Omnibus	Fermé	—
Compagnie française de voitures électromobiles	Coupé	Fermé	Electricité
id.	Victoria	Découverte	—
Société des automobiles Peugeot	Coupé	Fermé	Essence de pétrole
Compagnie générale des transports automobiles	Coupé 3/4	Fermé	Electricité
Brûlé et C ^{ie}	Cab	Mixte	Essence de pétrole
Compagnie générale des automobiles Krieger	»	»	»
Compagnie générale des voitures à Paris	Coupé	Couvert	Electricité
id.	Coupé	Couvert	—
Agence générale des automobiles	Victoria	Découverte	—
—	Coupé	Couvert	Essence de pétrole
Doré	Coupé	Couvert	Electricité
Janteaud	Coupé	Fermé	—
—	Mylord	Découvert	—
—	Coupé 3/4	Fermé	—
—	Landaulet	Mixte	—
—	Cab av. siège à l'arrière	Découvert	—
—	Drojski	Mixte	—
Morgan de Londres	Victoria	Couverte	—

d'électricité, en portant à 12 centimes le kilowatt-heure. Ce dernier prix pourrait être discuté ainsi que la somme de 4 francs comptée par jour pour l'intérêt et l'amortissement d'une batterie d'accumulateurs de 44 éléments à 17 plaques par élément; mais ce n'est pas ici la place d'une étude des fiacres électriques. Nous préférons faire ressortir la véritable et unique infériorité du fiacre à pétrole : il ne paraît point fail pour répondre aux exigences d'un service public. En effet,

on ne voit pas bien comment il pourrait stationner de longues heures avec ses brûleurs allumés, et son moteur en marche à vide ; si au contraire on arrêtait le moteur et qu'on éteignit le brûleur, comment la voiture avancerait-elle pour prendre la file ? Faudrait-il la pousser à bras ? que survienne alors un client, le priera-t-on d'attendre que l'on ait rallumé le brûleur et remis en marche ? Le fiacre à pétrole manque donc de maniabilité et c'est assurément la raison pour laquelle ce genre de véhicule s'est retiré du concours : on eût peut-être mieux fait de ne pas l'y inscrire (1).

C'est à la suite de ce remarquable concours que s'est tenue l'exposition d'automobiles de 1898 : tout Paris y a couru et a consacré par son admiration, par ses suffrages et par ses achats le succès désormais indéniable de l'automobilisme. Nous n'avons pas à décrire ici les curiosités de cette belle exhibition à laquelle on aurait pu consacrer un volume. Nous dirons seulement que presque tous les constructeurs de France étaient représentés ; par contre, le nombre des constructeurs étrangers était fort restreint. L'ensemble de l'exposition permettait de constater un progrès sensible dans l'élégance et le confortable des voitures. L'électricité témoignait de remarquables et rapides progrès ; c'est le début d'une chaude et terrible bataille entre le pétrole et l'électricité. Les ingénieurs compétents pronostiquent pour l'électricité la conquête de la rue et ils laissent au pétrole le monopole de la route ; mais le métier de prophète est difficile et ingrat et l'électricité pourrait bien venir concurrencer le pétrole même sur les grandes routes nationales, le long desquelles on établirait des stations de chargement (2).

(1) Il importe de noter que le rapport officiel de ce concours des fiacres n'a pas encore paru au moment où nous faisons imprimer ces lignes ; nous ne connaissons donc pas encore l'appréciation authentique des Membres du jury.

(2) Sur l'initiative et sous les auspices de MM. Sartiaux, Hospitalier, Mildé, etc., une commission s'est formée dans le but d'organiser, d'abord dans les départements de la Seine et de Seine-et-Oise, dans toute la France ensuite, un ensemble de voies et moyens facilitant la recharge des voitures électriques, et, éventuellement, le remplacement des accumulateurs épuisés par des accumulateurs chargés. Elle dressera une carte et un tableau faisant connaître les points où pourront s'effectuer les recharges et les conditions dans lesquelles elles se feront (prix, heures, etc.). Elle s'efforcera d'obtenir les meilleures conditions possibles et de provoquer la multiplication de ces points de ravitaillement, de telle façon que, dans quelques années, une électromobile puisse traverser la France avec autant de facilité que le fait aujourd'hui une automobile à essence de pétrole. Déjà il existe de ces stations de ravitaillement aux environs de Paris et l'on y paie, l'hectowatt-heure au prix de 4 centimes.

L'Exposition de 1900, pour laquelle les automobilistes font de grands préparatifs et réclament de vastes emplacements, apportera sans doute la solution de ces problèmes.

Mais n'anticipons pas sur les événements.

Nous venons de dire quel est l'état présent de l'automobilisme : il justifie déjà les plus belles espérances.

Nous sommes amenés ainsi à aborder cette intéressante question de l'avenir qui est réservé à ces voitures sans chevaux dont nous venons de dire le passé et le présent.

Nous avons vu qu'elles marchent, qu'elles marchent même bien, beaucoup mieux que ne le disent leurs détracteurs.

Sont-elles dès maintenant parfaites ?

Evidemment non ; il y a si peu de choses qui soient parfaites !

Mais elles sont perfectibles, et on peut espérer les amener rapidement à réaliser les conditions que l'on est en droit d'exiger d'elles, c'est ce que nous allons démontrer.

Le premier reproche qu'on leur fait, et ce reproche est grave, aux yeux de quelques-uns, c'est leur laideur. Elles ont l'air, dit-on, d'une voiture dont les chevaux auraient été dételés ; il semble qu'il leur manque quelque chose et le regard inquiet de celui qui les examine se fixe malgré lui sur l'avant, où il est habitué à voir un animal et des brancards.

J'avoue que l'accusation de laideur est fondée, mais encore ne faudrait-il pas l'exagérer. L'habitude que nous avons de voir un animal harnaché, tirant la voiture, nous fait regretter son absence ; mais sommes-nous, bien certains que cette habitude n'ait pas faussé notre goût ? Pour moi, je n'ai jamais admiré le cheval attelé ; ce collier, ces cuirs, ces œillières, ces brides, ces brancards constituent une atroce mascarade de la plus jolie bête qui existe. Un artiste a-t-il jamais représenté par la sculpture l'attelage moderne ? Va pour le quadriges antique ; mais nos carrosses, attachés tant bien que mal aux flancs d'un animal qui naturellement ne donne aucune prise à ces liens, sont tout simplement horribles. Si ces attaches répondaient réellement aux règles de l'esthétique, on pourrait proposer de placer un cheval de carton à l'avant de nos automobiles ; mais le sourire qu'accueille cette proposition suffit pour démontrer que ce n'est pas le cheval qui manque à l'avant.

Il y manque quelque chose, c'est vrai ; la voiture commence mal, l'avant est trop plat ; on a trop cherché à reproduire les formes de l'ancienne carrosserie à chevaux. Un col de cygne ferait peut-être bien, ou bien un éperon analogue à ceux qu'on place à la proue des navires, ou autre chose encore, que sais-je ? Le concours de Beauté, organisé par le *Figaro*, en 1894, aussi bien que celui des Grands Magasins du Louvre, avaient pour but de fixer une forme nouvelle satisfaisant le regard et répondant aux conditions propres aux automobiles ; le résultat n'a pas été heureux. Mais aussi la consultation était-elle prématurée. Elle aboutira au bout de quelques années, alors que notre goût sera mieux formé et que nous aurons habitué nos yeux à l'absence du cheval. Les règles bien entendues de l'esthétique amèneront les constructeurs à rentrer dans le vrai, c'est-à-dire à ne pas déguiser le mécanisme, comme ils le font tous, et à avouer franchement qu'il y a là un cylindre, une bielle et un vilebrequin, constituant l'élément principal du véhicule automoteur. Ils trouveront la beauté en proportionnant les lignes, en agencant logiquement les organes et en marquant au dehors leurs formes et leurs fonctions.

On reproche encore aux automobiles de donner lieu à des émissions de gaz désagréables à l'odorat ; il est vrai que le pétrole donne, dans certains moments, avec des moteurs mal réglés, d'horribles parfums ; mais serait-ce l'admirateur du cheval qui nous ferait ce reproche ? Nous aurions des réponses péremptoires à lui faire, sur lesquelles il est préférable de ne pas insister. Dans le même ordre d'idées, on argüe contre les moteurs d'être fort sales ; le cheval est-il propre ? Le sol n'est-il pas souillé d'une manière odieuse par ses horribles déjections qui se mêlent à la boue et forment des mélanges sans nom dont l'hygiène est offensée au moins autant que la vue.

Toutes les attaques que nous venons de reproduire n'ont pas de fondement sérieux et ne méritent pas d'arrêter l'attention des esprits que la passion et l'amour du cheval n'aveuglent pas. Le seul fait que les automobiles aboutiront à la suppression de l'écurie nous fournit un argument de réplique dont la valeur n'échappera à personne. Nous n'insisterons donc pas.

Qu'on demande aux constructeurs de réduire le poids mort de leurs véhicules, de diminuer leur encombrement, d'augmenter leur manœuvrabilité, de les rendre plus robustes, de faciliter leur ravitaillement,

d'allonger les étapes qu'elles peuvent fournir entre deux points de ravitaillement, de mieux assurer la sécurité des voyageurs, voilà les questions qu'il convient d'agiter, de discuter et de résoudre. On a beaucoup fait déjà dans ces diverses directions, mais on peut faire mieux encore, et c'est là-dessus que doit porter l'effort des promoteurs de l'automobilisme.

Or, quel est le moteur qui résoudra le mieux le problème ? Faut-il s'adresser à la vapeur, au pétrole ou à l'électricité ?

Pour répondre à cette question, il est nécessaire d'établir un parallèle entre ces diverses espèces d'automobiles.

Voyons tour à tour leurs avantages et leurs inconvénients.

Le moteur à vapeur offre l'immense avantage de présenter la plus grande simplicité de mécanisme, la plus grande facilité de mise en marche, la plus grande élasticité dans la puissance ; voyez partir une de ces voitures : la chaudière étant sous pression, il suffit d'ouvrir un robinet, et la voilà qui se meut sans à-coups, avec une régularité parfaite, gravissant les côtes avec une aisance remarquable, sans bruit, et pour ainsi dire sans effort. Mais quelle lourde masse à mouvoir ! Le moteur en lui-même n'est pas plus lourd qu'un autre, mais il lui faut une chaudière, une provision d'eau et de charbon, d'eau non calcaire, de charbon de choix, et le conducteur ne peut se dispenser d'emmener un aide avec lui pour entretenir le feu. Tout cela ce sont les *impedimenta* de la voiture à vapeur : les inconvénients compensent les avantages.

Le moteur à pétrole se passe au contraire de chaudière et d'aide, et il n'exige qu'un bidon de pétrole et une faible quantité d'eau de réfrigération. Mais on est obligé de le faire tourner, alors même que la voiture est en station, sous peine de ne pouvoir démarrer. Or, les explosions du gaz tonnant se font alors sentir vivement et elles impriment à la voiture une trépidation fort désagréable ; de plus, l'échappement est bruyant. Enfin, le couple moteur est constant, et le moteur ne se prête que fort mal aux coups de collier qu'il faut donner pour monter une côte un peu raide. Ce sont les défauts de l'espèce. Ils sont rachetés par l'incroyable légèreté de ces voitures ; une voiture à deux places pèse, vide, moins de 500 kilogrammes, on en a même fait qui ne pesaient que 350 kilogrammes ; un vis-à-vis à quatre places ne pèse pas 600 kilogrammes, un break de sept places pèse 700 kilogrammes.

Mais une voiture électrique serait plus légère encore, si toutefois elle n'était obligée d'emporter sa provision d'électricité; or, ce n'est pas l'électricité qui est lourde, mais c'est son récipient, car il a fallu depuis longtemps renoncer à utiliser des piles fournissant l'énergie électrique, et l'accumulateur s'impose. Par malheur, le seul métal qui ait une polarisation satisfaisante est un des métaux les plus denses, le plomb : si l'on découvrait demain le moyen de constituer des accumulateurs légers et de grande capacité, l'automobile électrique supplanterait toutes les autres, car elle serait de beaucoup la plus parfaite (1). L'induit se place directement sur l'arbre qui commande l'essieu moteur et l'on règle sa vitesse en modérant le courant, suivant le besoin; un simple coupleur opère donc le démarrage, les changements de vitesse, le freinage, l'arrêt, la marche arrière; le conducteur n'a à manier que ce coupleur et un volant de direction. Le moteur fait frein spontanément aux descentes. Y a-t-il un coup de collier à donner, le couple moteur augmente quand la vitesse diminue, c'est-à-dire quand le couple résistant augmente, et la résistance est surmontée : cette propriété unique et toute spéciale du moteur électrique le met hors de pair avec tous les autres.

C'est l'accumulateur qui était donc jusqu'ici l'écueil, le seul écueil; c'est à cause de lui que l'électricité, qui voyageait si bien sur un fil, voyageait si mal sur les routes; c'est par sa faute que l'électricité si docile devenait dans la circonstance si récalcitrante.

Cela pourrait se modifier rapidement; mais ne parlons que de ce qui existe aujourd'hui et non pas de ce qu'on espère.

Ce grave défaut de l'accumulation et les avantages relatifs de la vapeur et du pétrole, ressortent bien de la comparaison qu'on peut faire des quantités d'énergie disponibles par kilogramme de charbon, de pétrole et d'accumulateur.

Un moteur à vapeur de la puissance et du genre de ceux qu'on emploie sur les voitures, consomme pour le moins $\frac{1}{4}$ kilogrammes de charbon et 23 kilogrammes d'eau par cheval-heure; on a donc

(1) Au concours des sacres, on a franchi aisément 60 kilomètres par jour sans épuiser des batteries, composées de 44 éléments Fulmen couplés en tension, à 17 plaques, pesant au plus 10 kilogrammes par élément. Avec une batterie de 500 kilogrammes, on ferait certainement 150 kilomètres sans recharge. Le rendement d'une batterie est d'au moins 85 %. Avec des stations de chargement judicieusement réparties sur les routes fréquentées, les inconvénients actuels des accumulateurs se trouveraient bien réduits.

270.000 kilogrammètres par 27 kilogrammes, soit 10.000 kilogrammètres par kilogramme d'eau et de charbon. Or, un kilogramme d'essence de pétrole fournit très aisément un cheval-heure (inflammation et chauffage des carburateurs comprise); on a, par suite, en supposant une provision de 9 litres d'eau de réfrigération par cheval, environ 27.000 kilogrammètres par kilogramme de charge. Quant à une batterie d'accumulateurs, on peut compter qu'il en faut pour le moins 25 kilogrammes pour obtenir le cheval-heure, soit une disponibilité d'au plus 11.000 kilogrammètres par kilogramme emporté. Ces chiffres sont significatifs.

Pour permettre à une voiture électrique à deux places de rouler quatre heures sans recharger sa batterie ou sans la changer, il faut lui imposer environ 350 kilogrammes de plomb; une dizaine de litres de pétrole donnent le même résultat.

La voiture à pétrole a donc l'inestimable privilège de la légèreté; cela suffit pour expliquer ses succès aux courses, et pour justifier la préférence qu'on lui accorde. C'est la voiture de plaisance, la voiture de vitesse, celle que le touriste préfère, car elle dispense d'emmener un servant de foyer, celle qui donne à la majorité des voyageurs la plus grande somme d'agrèments, et lui permet les plus longues étapes entre deux postes de ravitaillement.

L'essence de pétrole se trouve partout en cours de route, et elle est de qualité généralement bonne: un changement de densité peut avoir pour effet de modifier les conditions de la carburation, mais un chauffeur expert surmonte facilement cette légère difficulté. L'emploi du pétrole lampant, qui coûte presque aussi cher que l'essence, ne présenterait aucun avantage sérieux et rendrait au contraire la carburation beaucoup plus délicate.

Ce genre de voitures sera peut-être appelé à bénéficier un jour du puissant concours que l'acétylène promet aux moteurs à gaz; l'acétylène liquéfié, s'il était dompté, pourrait donner d'admirables résultats.

L'emploi de l'alcool dénaturé aurait des avantages d'une autre nature; il supprimerait absolument toute odeur et les moteurs deviendraient un bijou de propreté. Cette application pourrait déjà être faite: la dépense de consommation triplerait, il est vrai, aux prix actuels de l'alcool.

La voiture à vapeur conviendra à la traction des lourdes charges

sur routes accidentées, dans les circonstances où un aide pourra être embarqué sur la voiture sans inconvénient. Les tracteurs Le Blant et de Dion ont brillamment démontré les avantages de la vapeur dans ces conditions; les omnibus Weidknecht et les tramways Serpillet ont d'autre part de beaux états de service, notamment sur la ligne de la Bastille à Saint-Ouen ; on reste encore en panne quelquefois par la faute de la chaudière, du feu, ou du chauffeur; mais les accidents sérieux deviennent très rares. Les belles expériences faites en 1896 et 1897 dans la Meuse, par M. Küss, ingénieur des ponts et chaussées, sur le train Scotte, ont fait ressortir la robustesse et l'élasticité de ce tracteur à vapeur, qui a remorqué un train portant 42 personnes à une vitesse moyenne de 12 kilomètres sur un parcours accidenté de 628 kilomètres, sans accident de chaudière, ni de machine, en brûlant 5 kilogrammes de coke par kilomètre et en vaporisant 25 litres d'eau. En somme, si le pétrole convient peut-être encore aux petits omnibus, faisant un service de gare à hôtel, intermittent de sa nature, la vapeur s'impose absolument dans le cas des grandes diligences et des véhicules transportant des marchandises et des voyageurs entre deux petites villes.

Le service urbain des fiacres, des voitures de louage et des tramways doit, au contraire, être réservé à l'électricité : un large champ est ouvert à l'activité de ses promoteurs, car il faut savoir qu'il y a, à Paris seulement, 14.000 fiacres et 16.000 chevaux d'omnibus et que l'on évalue à plus de 100.000 le nombre des chevaux de trait de la capitale.

Que fera-t-on alors de ces malheureux chevaux ?

A entendre quelques enthousiastes qui prennent leurs rêves extravagants pour des réalités, le cheval ne serait bientôt plus bon qu'à faire de la saucisse ; or, comme ce genre de charcuterie, estimé à Gand, ne l'est guère partout ailleurs, le cheval serait destiné à disparaître.

La race des chevaux de trait aurait donc le sort de la girafe, du bison et de l'auroch ; nos fils seraient obligés d'aller au Jardin des Plantes pour voir les derniers spécimens de l'espèce; ils se rendraient au musée de la Société protectrice des animaux pour voir les fouets, les mors et les harnais, instruments du long martyr de ces fidèles serviteurs de l'humanité. Le facétieux organisateur du Mardi Gras de

1897, à Paris, avait symbolisé cet avenir en embarquant des chevaux sur le char automobile, figurant l'automobilisme triomphant ; les pauvres bêtes, qui faisaient sans doute leur premier voyage en voiture, semblaient fort effarées de ce revirement de fortune qui ne leur présageait rien de bon. Elles semblaient comprendre que ce cortège du bœuf gras pourrait devenir bientôt le cortège du cheval gras. Le public qui se pressait autour du char prétendait, du moins, lire ce sentiment dans leurs yeux effarés et inquiets.

Mais tout cela n'est guère qu'une spirituelle facétie.

Nous sommes loin encore de ce fatal dénouement réservé à l'espèce chevaline ; la fin de l'âge du cheval n'est pas encore venue.

Assurément la noble bête est plus discutée qu'autrefois : on lui reproche de ne faire que 12 kilomètres, de ne gravir les montées qu'au pas en s'essouffant, de ne pouvoir couvrir que 40 à 50 kilomètres par jour (en vélocipède, des enfants en font 100), de manger alors même qu'elle ne travaille pas, d'exiger une écurie, un palefrenier, d'être exposée aux maladies, de ne vivre que vingt ans. L'automobile, au contraire, fait du 20 kilomètres par heure, du 120 par jour, ne consomme pas à l'arrêt et ne craint pas les épizooties. Le cheval s'emballe, la machine ne s'emballe pas.

Tout cela est vrai, mais l'automobile est délicate et elle a sa façon à elle de se couronner. Et puis, si le cheval a le défaut de s'abattre, il a la qualité de suppléer, par l'intelligence dont le Créateur l'a pourvu, aux inattentions du conducteur. La machine obéit peut-être plus vite et plus docilement que l'animal, mais il ne faut pas compter sur elle pour atténuer une maladresse de celui qui la guide. Tel qui laissait flotter sans inconvénient les guides sur le cou de sa bête ne devra jamais abandonner son guidon ; tel qui dormait quelquefois devra toujours être éveillé et vigilant. D'autre part, le cheval épargnait le piéton distrait ou imprudent ; la voiture le brisera sans merci.

Bref, le cheval avait du bon.

Aussi n'est-il pas près de disparaître.

La lutte sera longue et acharnée, et elle ne fait que commencer.

Elle aboutira probablement bientôt à faire retirer de la circulation ces pauvres haridelles, maigres et efflanquées, que leur conducteur ne faisait avancer qu'à coup de langue et à coup de fouet. C'est cette

pensée qui a fait décerner, dit-on, au président de l'Automobile-Club une médaille d'or de la Société protectrice des animaux.

Mais je ne vois pas encore le Président de la République allant en automobile assister aux courses de Longchamps.

II

Les moteurs et carburateurs des automobiles (1).

Le moteur à essence était arrivé à sa maturité quand l'automobile est née, et l'historique que nous venons de faire de la question démontre que les constructeurs de voitures n'ont rien eu à inventer pour la production de l'énergie ; ils n'ont eu qu'à choisir ce qui leur convenait et à adapter ce qui leur plaisait.

Que leur fallait-il ?

Un moteur simple, robuste, silencieux, compact et ramassé, se mettant aisément en marche, dont la vitesse fût régulière et la décharge peu odorante ; c'étaient là les conditions essentielles. L'économie de consommation de carbure, d'eau et d'huile de graissage devait, certes, être appréciée aussi, mais c'était un avantage de seconde ligne, car ce que les chauffeurs demandent par-dessus tout c'est de rouler et de ne pas rester en panne.

L'allumage et la distribution sont le plus souvent les causes d'un arrêt ; c'étaient donc les organes à soigner le plus, à rendre le plus aisément accessibles, à simplifier le plus possible.

Les grandes vitesses linéaires des pistons et angulaires des organes rotatifs, exposés aux poussières de la route, constituaient une autre difficulté de lubrification, qui a été surmontée par l'emploi des graisseurs continus et des carters hermétiques remplis d'huile.

(1) Nous ne nous occuperons évidemment que des moteurs à pétrole. Nous avons trouvé sur ce sujet d'excellents éléments d'information dans la doyenne des revues d'automobilisme : *La Locomotion automobile*. MM. Béguin et Wuillemot ont eu l'obligeance de mettre à notre disposition quelques clichés que les lecteurs reconnaîtront par la marque L. A. qui les distinguera à leur attention et témoignera de notre reconnaissance.

Cet ensemble de conditions a guidé et commandé le choix des constructeurs, qui ont, pour la plupart, adopté des moteurs à quatre temps à deux cylindres avec cycles croisés, pour obtenir une impulsion par tour, munis de soupapes libres et automatiques d'admission et de soupapes commandées d'échappement, d'ordinaire posées verticalement. Les cylindres seraient-ils verticaux ou horizontaux, parallèles, inclinés ou opposés, l'allumage serait-il électrique ou par incandescence, le moteur ferait-il 400 ou 1.000 tours, aurait-il ou non un régulateur, les tiges de piston attaqueraient-elles un seul ou deux vilebrequins, la commande de l'échappement se ferait-elle par came ou par excentrique, tout cela et autres choses encore pouvaient se discuter.

De fait, c'est par là seulement que les moteurs diffèrent les uns des autres.

Pour le lecteur de nos trois volumes consacrés aux moteurs à gaz et à pétrole, la description des moteurs de voitures sera donc extrêmement fastidieuse : tous les moteurs de voitures se ressemblent, ils ne diffèrent guère que par leurs noms, ils sont presque tous copiés les uns sur les autres, et à en croire leurs constructeurs, ils sont tous meilleurs les uns que les autres.

Nous ne nous chargerons pas de classer ces concurrents, que le démon de l'envie taquine plus ou moins, qui ont pour la plupart des illusions, et qui sont tous fort discrets et peu loquaces ; les auteurs ont une peine infinie à obtenir d'eux des renseignements sur la construction des moteurs. Ce sera notre excuse si quelques-unes de nos descriptions sont inexactes : d'ailleurs, nous pourrions encore invoquer à notre décharge les fréquentes modifications apportées à la construction des types qui semblaient les mieux étudiés et les plus solidement fixés ; ce qui était exact hier ne le sera sans doute plus demain.

Notre classement lui-même pourrait blesser quelques susceptibilités ; nous demanderons qu'on ne nous remercie pas d'avoir été nommé le premier et que le dernier nous pardonne son rang : il fallait bien qu'il y eût un premier et un dernier. Nos premiers sont les plus anciens et les plus connus, nos derniers sont, par contre, les plus originaux et les plus intéressants. Quelques-uns de ceux-ci n'ont pas dépassé le dépôt de leur brevet et, s'ils ont été transcrits sur parche-

min, ils n'ont pas eu l'avantage d'être construits en métal ; c'est pour la singularité de leur idée que nous leur avons accordé une mention.

Moteur Daimler.

Ce remarquable moteur a été appliqué aux bicyclettes dès l'année 1885, et aux voitures en 1886 ; c'est le plus anciennement et le mieux connu des moteurs à pétrole de véhicules et il a été appliqué aux automobiles par de nombreux constructeurs et des meilleurs, notamment par MM. Panhard et Levassor, Peugeot, Rossel, etc. (1).

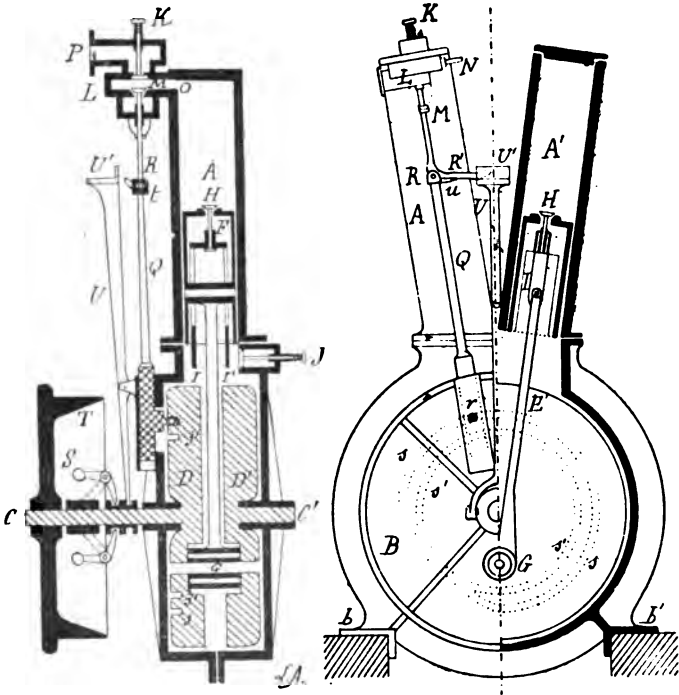


Fig. 174. — Moteur Daimler (L. A.).

Rappelons que ce moteur est caractérisé par la position relative de ses deux cylindres également inclinés sur la verticale et calés de façon à donner une explosion par tour, dans un cylindre ou dans l'autre.

(1) Tome Ier, page 313.

Les plateaux-manivelles et les bielles sont renfermés dans une boîte hermétique dite un carter, laissant passer l'arbre-moteur à travers des presse-étoupes étanches; cette boîte est remplie d'huile, de manière à assurer un graissage continu et abondant des articulations.

L'admission est effectuée par une soupape automatique pressée par un ressort; comme, à fin de course, la pression du mélange aspiré est inférieure à la pression atmosphérique, d'une quantité proportionnelle à la tension du ressort, il en résulte qu'on peut régler la compression en faisant varier la tension de ce ressort. La soupape de décharge *M'* est commandée par une came disposée sur l'arbre secondaire à demi-vitesse; le régulateur écarte la tige de la soupape de sa position normale quand la vitesse s'accélère et la soupape reste alors fermée.

L'allumage se fait par tube incandescent; les cylindres sont refroidis par une circulation d'eau dans les enveloppes. A la sortie de ces enveloppes, l'eau se rendait autrefois dans un volant creux, tournant avec le moteur; un ajutage fixe la recueillait, et, sous l'action de la force centrifuge, elle se rendait dans un réservoir placé à l'avant de la voiture, d'où elle revenait relativement froide au cylindre.

Des variantes ont été apportées à ce type; ainsi sur la figure 174, on voit que la tige *Q* de la soupape d'échappement porte à sa partie inférieure un galet *r* se déplaçant dans une rainure *s* tracée dans un des plateaux-manivelles. Ce galet fait deux fois le tour de l'arbre moteur avant de revenir à son point de départ; il en résulte que la tige *Q* n'agit que tous les deux tours.

Les pistons *P* étaient d'abord pourvus d'une soupape *t'*, s'ouvrant du bâti dans le cylindre à la fin de la course, sous l'action de deux fourchettes *I* et *I'*. Les pistons comprimaient de l'air par leur face inférieure dans la boîte hermétique des manivelles, grâce à la soupape latérale *J*; il se produisait ainsi des chasses d'air pur dans le cylindre à travers la soupape *H*, aussitôt que la pression dans le cylindre devenait inférieure à celle du bâti. Cette complication a bientôt été supprimée.

La circulation de l'eau dans les enveloppes est généralement obtenue par une petite pompe.

L'essence est débitée par un réservoir dont le niveau est maintenu constant par un flotteur; il alimente les deux cylindres. Le pétrole

arrive au réservoir par un tuyau, qui le relie à la réserve d'essence renfermée dans un grand récipient ; une petite pompe à air produit une pression sur la surface du liquide. C'est par ce même moyen que le carbure est fourni au brûleur.

On commença d'abord par des moteurs de 1 à 2 chevaux, mais on reconnut rapidement que cette puissance était trop faible et l'on créa les types de 3 et finalement de 4 chevaux. On n'est pas allé au delà, car le moteur devenait alors trop lourd (1). La voiture Panhard et Levassor qui figura en 1893 dans la course Paris-Bordeaux était encore mue par un moteur Daimler. On peut donc dire que cette ingénieuse petite machine a puissamment contribué au succès de l'automobilisme. Elle ne se construit plus guère aujourd'hui.

Moteur Phénix.

Ce moteur, paru en 1895, est une deuxième forme du moteur Daimler : il a des dispositions analogues, mais il est beaucoup plus léger (2).

Il est à deux cylindres verticaux A et A', à axes parallèles (fig. 175 et 176) ; les bielles agissent sur le même coude du vilebrequin.

Les brûleurs sont renfermés dans la boîte H qui se voit à la partie supérieure des cylindres.

Comme dans le Daimler, et dans la plupart des moteurs, la soupape d'admission est automobile et la soupape de décharge commandée.

La régulation s'opère par suppression des échappements : l'arbre à demi-vitesse porte à cet effet trois cames, calées sur lui, mais dont deux sont fixes, alors que la troisième peut coulisser sur l'arbre en glissant sur une clavette, sous l'action du régulateur. Les deux cames fixes servent à soulever les soupapes d'échappement par l'intermédiaire d'une pièce T, qui porte un décrochement, et d'un butoir muni d'une genouillère. L'effet de la troisième came, qui est double, est opposé à celui des deux autres.

Suivant l'écartement plus ou moins grand des deux boules du régu-

(1) Ce moteur pesait déjà 83 kilogrammes.

(2) Un moteur 4 chevaux pèse au plus 90 kilogrammes, un 6 chevaux, 130 kilogrammes.

lateur, cette came vient présenter ses renflements en face d'une sorte de levier pivotant, solidaire de l'arbre A. Cette pièce, rappelée par un ressort, fait décrire un certain angle à l'arbre et au système des organes OP, qui, par le moyen de biellettes articulées, viennent pousser

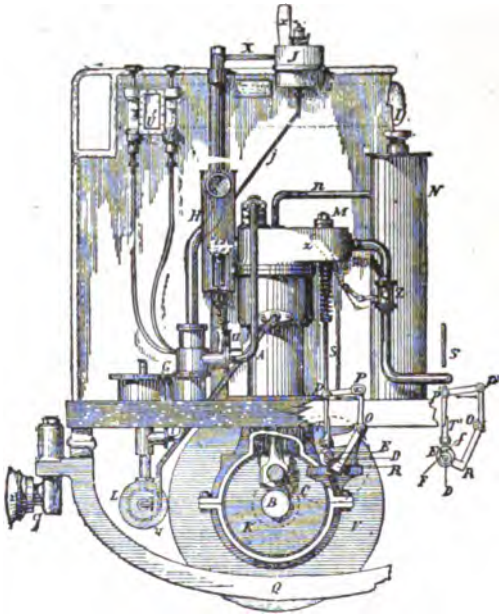


Fig. 175

Moteur Phénix.

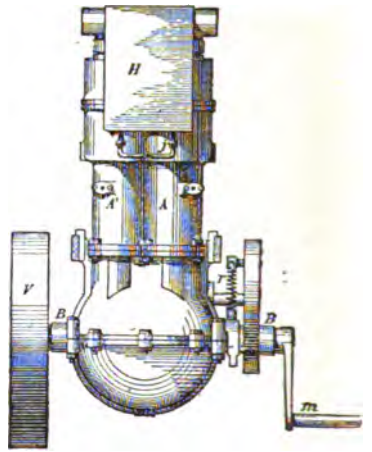


Fig. 176

le butoir et lui font manquer la touche correspondante. L'œil P de l'une des biellettes est ovalisé, de façon à graduer l'action du régulateur sur les deux cylindres successivement.

Le parallélisme des cylindres du moteur Phénix a permis de simplifier la construction de la machine ; il a encore eu l'avantage de permettre d'accoupler quatre cylindres ayant une distribution faite par un seul arbre auxiliaire et un régulateur unique. On arrive ainsi à obtenir deux coups par tour. Le régulateur agit successivement sur les quatre échappements.

Le carburateur se compose de deux parties : d'un régulateur à niveau constant, dans lequel un flotteur équilibré commande un obturateur ; et d'un diffuseur, constituant l'appareil de carburation proprement dit. Le liquide est aspiré à chaque coup de piston et il sort

par un orifice de quelques dixièmes de millimètre, en face duquel se trouve une surface conique striée; le jet vient se briser contre cette surface. Quant à l'afflux d'air, il s'effectue en travers de ce jet et on peut le régler à volonté.

Ce moteur, créé par la maison Panhard et Levassor, est fort remarquable à tous égards et d'une grande légèreté.

Les dimensions approximatives d'encombrement, volant compris, sont 0^m,42 de largeur, 0^m,55 de longueur et 0^m,85 de hauteur. Ce moteur fait 750 tours, et sa puissance effective est garantie formellement.

La Société anonyme des anciens Etablissements Panhard et Levassor, qui construit ces machines, revendique pour elle le minimum de poids et d'encombrement pour une puissance donnée; ce résultat est attribué à la grande vitesse de rotation réalisée et à l'emploi d'un mélange tonnant plus riche. L'argument invoqué est indiscutable et très solide, mais nous ne voyons pas bien comment ce dernier avantage serait mieux obtenu dans ce moteur que dans quelques autres. Toutefois, nous reconnaissons que ces machines fonctionnent très bien et qu'elles rendent d'excellents services pour la traction des automobiles.

Moteur Peugeot.

C'est à un moteur horizontal à deux cylindres que la maison Peugeot a donné la préférence.

Passons sur les dispositions communes à tous les moteurs similaires et insistons sur les détails qui caractérisent cette construction.

Le vilebrequin porte un long tourillon qui est attaqué par les deux bielles, ainsi qu'on le voit sur la figure 177; il est renfermé dans un carter cylindrique coupé en deux suivant un plan passant par l'axe des cylindres. En déboulonnant la partie supérieure, on a donc facilement accès aux organes de la machine; il suffit d'ailleurs de soulever le couvercle A pour graisser. Deux orifices pratiqués sur le côté livrent entrée à l'air froid servant à réfrigérer les pistons et les cylindres.

La soupape automatique d'admission est placée à la partie supérieure de la chambre de compression et de combustion, au-dessus de

la soupape d'échappement ; la boîte à soupapes est refroidie, ainsi que la chambre de compression, par une circulation d'eau. Le tube d'allumage par incandescence est implanté horizontalement sur la boîte entre les deux soupapes, et il occupe le centre de la lanterne de chauffage ; les deux tubes des deux cylindres sont renfermés dans cette lanterne.

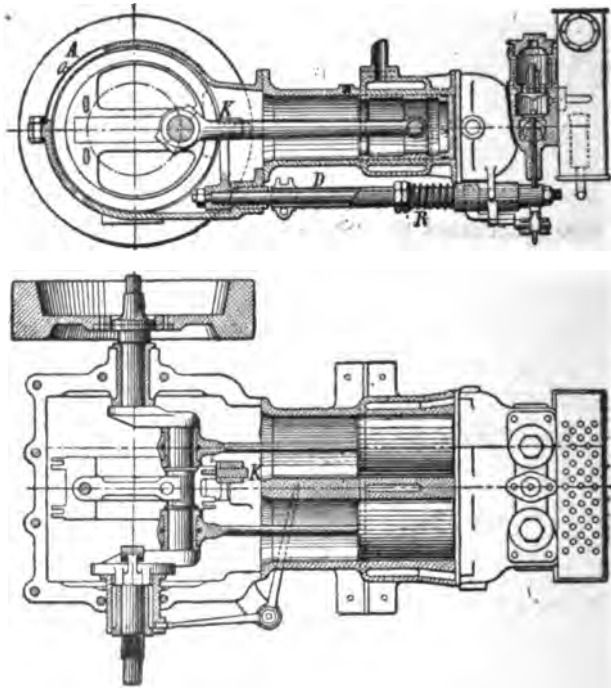


Fig. 177. — Moteur Peugeot (L. A.).

Un arbre unique horizontal D, placé en dessous des cylindres, commande les deux soupapes d'échappement ; une coulisse K, engagée dans une rainure d'une double came en 8, donne à cet arbre un mouvement de balancement qui est utilisé pour soulever tour à tour les tiges des soupapes disposées à droite et à gauche de cet arbre. A cet effet, l'arbre porte un V renversé dont les extrémités sont munies de taquets, lesquels appuient en temps voulu sur les tiges et les soulèvent. Un régulateur centrifuge, calé sur l'arbre D, fait agir, quand la vitesse s'exagère, de petits leviers qui déplacent les taquets et leur font manquer le contact avec les tiges des soupapes. La régulation

s'opère donc, comme d'habitude, par suppression d'échappement. Ce dispositif est très ingénieux et très sûr, mais on pourrait peut-être lui objecter d'être un peu trop délicat.

Le refroidissement du moteur est obtenu par une circulation d'eau dans les tubes du bâti de la voiture.

Le carburateur s'est plusieurs fois transformé en vue de réaliser une meilleure utilisation de la gazoline, dont les parties lourdes échappaient à la volatilisation : un des derniers modèles adoptés par la maison Peugeot est, croyons-nous, le suivant. L'essence, fournie par un récipient d'alimentation, arrive par un canal étroit inférieur dans un réservoir cylindrique à axe vertical, dans lequel un flotteur maintient un niveau constant. Ce réservoir communique par un tuyau horizontal avec le carburateur proprement dit, constitué par un cylindre, dans l'axe duquel débouche un ajutage, entouré par un manchon que traverse le courant d'air chaud qu'il faut carburer. Le pétrole, fourni par le réservoir à niveau constant, vient perler à l'extrémité de l'ajutage et la goutte est cueillie, pulvérisée et vaporisée par le courant d'air, modérable à volonté. L'air carburé rencontre l'air pur nécessaire pour la constitution du mélange tonnant et s'échappe par une tubulure latérale, allant au cylindre. Cet appareil fonctionne très bien.

Il existe un autre carburateur Peugeot dans lequel le tuyau de communication entre le réservoir et la chambre est fermé par un obturateur à pointeau, relié à la soupape d'admission du moteur de façon à ce que le jeu même de cette soupape permette l'entrée du liquide dans le carburateur. L'appareil est monté directement sur la culasse du cylindre, au-dessus de la soupape automatique d'admission ; ladite soupape, disposée verticalement, fait pièce avec la tige de l'obturateur à pointeau, par l'intermédiaire d'un manchon tubulaire très léger. Quand la soupape s'abaisse, le pointeau quitte aussi son siège, et le liquide, débité en charge au sommet de l'appareil, découle sur un épanouissement circulaire qui le répand sur une large surface d'évaporation. Le carbure est ensuite entraîné par l'air appelé à travers des orifices latéraux. Pour régler la carburation, il suffit de faire varier le jeu du pointeau en tournant un raccord vissé dans le chapeau de l'appareil ; on raccourcit ainsi à volonté la tige de connexion de la soupape et du pointeau.

Moteur Tenting.

C'est un des premiers qui ait été appliqué sur des voitures : il est du type horizontal, à deux cylindres conjugués, soupape d'admission automatique, soupape de décharge commandée, allumage par incandescence, etc. Ne nous arrêtons que sur les particularités qu'il présente. Et d'abord, l'axe de l'arbre coudé est à un niveau supérieur à celui du cylindre, d'où il résulte que la bielle n'est pas horizontale quand le piston est à fond de course et que l'allumage a lieu. L'air carburé, appelé par le piston, ne reçoit son complément d'air pur qu'à son entrée dans la culasse. Le régulateur agit sur l'échappement en faisant intervenir un levier qui empêche la soupape de se refermer, quand la vitesse devient trop grande. Les soupapes sont horizontales. Il faut reconnaître que plusieurs de ces dispositifs sont abandonnés aujourd'hui.

Moteur Benz (Roger)

Le moteur Benz n'est plus à deux temps, mais à quatre temps, comme tous les autres ; il comporte un cylindre horizontal, deux cylindres jumeaux ou bien deux cylindres opposés. Dans le premier type, la boîte renfermant les deux soupapes se trouve sur le côté du cylindre ; dans le second type, elle est placée sur les fonds ; dans le troisième, les boîtes sont de nouveaux latérales. Les deux soupapes sont généralement placées verticalement dans le prolongement l'une de l'autre. La vitesse se règle par un papillon de laminage qui modère l'aspiration du mélange. L'allumage est électrique, par accumulateur et bobine : on le règle par un appareil spécial, nommé l'interrupteur mécanique. Cet interrupteur est monté sur l'arbre secondaire du moteur, à demi-vitesse ; il se compose d'un disque de fibre isolante, dont l'axe métallique conducteur affleure la circonférence sur une petite partie et détermine ainsi un contact de durée limitée avec une touche conductrice qui appuie doucement sur sa surface, en fermant ainsi le circuit à la masse une fois tous les deux tours de l'arbre moteur, au moment voulu de l'allumage de la charge. Un léger déplacement de la touche permet de faire varier l'avance à l'allumage au gré du conducteur.

Le moteur à deux cylindres opposés est le plus puissant modèle de la Maison Parisienne.

Les moteurs que nous venons de décrire sont installés sur les voitures de la Maison Parisienne, de MM. Cambier et C^o, de MM. Hurtu-Diligeon et C^o, de MM. Rochet et Schneider, de M. Georges Richard et de plusieurs autres constructeurs, avec des modifications de détail souvent intéressantes, qui n'altèrent pas essentiellement le type général, mais qui dispensent le plus souvent de parler de M. Benz et des ateliers de Mannheim.

Moteur Léon Bollée.

C'est le moteur des fameuses voitures Bollée.

Le cylindre est horizontal; les soupapes sont logées l'une au-dessus de l'autre dans une chambre ménagée dans la culasse : le tube d'allumage, implanté sur le milieu de cette chambre, est placé entre les deux soupapes, et il se présente horizontalement à la flamme d'un brûleur, occupant le milieu d'une sorte de lanterne.

La soupape d'échappement est sous la dépendance d'un régulateur monté sur le volant : quand la vitesse s'accélère, l'écartement des boules produit le déplacement latéral d'un levier, et, par suite, le décrochage d'une sorte de culbuteur, qui est mû par une came montée sur l'arbre de distribution à demi-vitesse. Ce décrochage a pour effet de libérer la soupape de décharge, qui ne s'ouvre plus dès lors. Le décrochage est obtenu à l'aide de deux plans inclinés de sens contraire dont sont munis le culbuteur et le levier.

Le carburateur Bollée se compose d'une enceinte fermée, communiquant avec le réservoir à essence, dans laquelle un flotteur maintient un niveau constant. De cette enceinte, traversée par un conduit débouchant au milieu d'une petite chambre, part l'air appelé par le piston dans la phase d'aspiration; le conduit se termine par un ajutage étroit, surmonté d'un champignon strié. A chaque appel d'air, il jaillit par l'ajutage un petit jet qui se brise contre le champignon et se pulvérise. C'est une forme particulière du carburateur Chauveau, que nous décrirons plus loin.

La prise d'air est munie d'un cône évasé destiné à éviter le bruit de l'aspiration; une toile métallique arrête les poussières et un tiroir

formé d'une plaque perforée permet de limiter et de régler l'entrée de l'air.

La Société des voitures Léon Bollée utilise aussi le moteur Durand, décrit dans notre tome I^{er}, auquel nous renvoyons le lecteur.

Moteur de Dion et Bouton

Voici les données caractéristiques de cette machine excellente et très répandue (1).

Cylindre à grandes nervures, d'un développement tel que le courant d'air produit par la marche suffit au refroidissement.

Long piston à trois segments.

Soupape d'admission automatique.

Soupape de décharge commandée ; elle est soulevée par une tige portant sur un excentrique calé sur un axe, faisant un tour pour deux de l'arbre moteur ; elle n'est donc actionnée que toutes les quatre courses.

Le cylindre est vertical, et les deux soupapes susdites sont placées sur un conduit horizontal ménagé dans la culasse. Au-dessus de chacune d'elles se trouve une ouverture fermée par un bouchon à vis, permettant une visite et un démontage faciles (2).

Une partie des gaz de la décharge va réchauffer le carburateur ; le reste s'échappe par un amortisseur à boîte perforée de trous, qui supprime le bruit.

La bielle et les plateaux-manivelles formant volant sont enfermés dans un carter étanche en aluminium rempli d'huile (3). Les dimensions du type normal sont les suivantes :

(1) La maison de Dion a fourni des moteurs aux constructeurs suivants : MM. Clément, Peugeot, Cudell, Wacheux, Goyet, Maret, etc., et aux Sociétés Phébus et Compagnie d'automobiles, etc. Plus de 1.200 moteurs étaient déjà vendus en 1898.

(2) Il existe un nouveau modèle dans lequel la soupape d'admission n'est plus placée à côté de la soupape de décharge, mais au-dessus d'elle, de sorte que le conduit d'admission n'est plus branché sur le côté du moteur ; il arrive maintenant par-dessus. Les manettes pour le réglage de la compression et de l'allumage sont placées sur la partie antérieure du tricycle, de sorte que le chauffeur n'a pas à se baisser pour les manœuvrer.

(3) Un bouchon de purge permet de faire écouler la vieille huile et de la remplacer par de la nouvelle, renfermée dans un réservoir supérieur : on conseille de faire cette opération tous les 50 kilomètres.

Diamètre du cylindre.	58 millimètres
Course du piston	0 ^m ,70
Nombre de tours par minute . . .	1.400

La puissance de cette machine était d'au plus un cheval et quart ; le diamètre de l'alésage du cylindre ayant été porté à 66 millimètres, la puissance a atteint récemment un cheval trois quarts. L'épaisseur du corps cylindrique est de 3 millimètres ; les ailettes circulaires (formant frettes) ont 19 millimètres de saillie et sont au nombre de 16.

La bougie d'allumage est montée sur la culasse du moteur, et la batterie d'accumulateurs est contenue dans une boîte suspendue au cadre en avant du carburateur : la batterie Fulmen, avec supports en celluloïd, a donné de bons résultats pratiques. Le trembleur de la bobine d'induction, au lieu d'être actionné par la bobine elle-même, est placé à l'extrémité de l'axe, qui porte la came de la soupape de décharge ; une seconde came, calée sur cet axe, soulève le trembleur et établit le contact tous les deux tours du moteur. Par un déplacement de cette came, on règle l'allumage au moment voulu avec une légère avance, et l'on arrête le moteur par suppression d'allumage.

Le moteur est fixé au tricycle par quatre points ; en bas, par une tige horizontale prenant appui sur l'arrière du pédalier, au milieu, par deux fortes tiges à écrous, fixées sur deux pattes du pont ; en haut, par une bride serrée à chaque extrémité par un écrou.

MM. de Dion et Bouton ont aussi essayé un moteur à deux cylindres communiquant par une chambre intermédiaire servant de chambre commune d'explosion. Un des cylindres était à deux diamètres, avec piston différentiel, dont la partie moyenne correspondait à la chambre d'explosion. C'était donc en réalité un moteur à trois cylindres. Les tiges de pistons étaient attelées à 180° sur le même arbre et ils marchaient par suite en sens contraire. Nous ne savons ce qu'il est advenu de ce projet des habiles et célèbres constructeurs.

Le carburateur de Dion se compose d'une caisse métallique plate remplie d'essence jusqu'à un certain niveau. La phase d'aspiration du moteur y détermine un appel d'air ; le volume d'air aspiré pénètre dans la caisse par un tube vertical, servant de cheminée, disposée de façon à pouvoir coulisser dans un manchon et à être plus ou moins relevée. Elle se termine par une plaque de laiton ayant une section semblable à celle du carburateur ; elle forme donc une sorte de toit

au-dessus du niveau libre de l'essence. L'air descend par la cheminée, s'étale sous le toit, lèche la surface libre de l'essence, remonte le long des parois humectées et se carbure ainsi. Un robinet à boisseau cylindrique livre issue à cet air carburé, mais il ouvre en même temps un chemin à l'air pris dans l'atmosphère, qui se mêle à celui que son passage dans le carburateur a chargé de vapeurs combustibles. Le boisseau porte une seule ouverture en losange, alors que le robinet a deux communications, l'une avec l'air, l'autre avec le carburateur : le losange étant en regard de l'une ou de l'autre de ces communications ou en regard des deux à la fois, on admet de l'air pur ou de l'air pur et carburé, dans des proportions variables à volonté. Cette manœuvre se fait par des manettes à portée de la main du cycliste (1).

Le moteur de Dion a été appliqué sur de nombreux véhicules automobiles de toutes formes et de toutes marques, ce qui témoigne des qualités de la machine et de l'excellence de sa construction.

Moteur Mors.

M. Mors avait débuté par l'électricité avant de s'adresser au carbure ; il n'a pas eu à regretter d'avoir changé d'arme, attendu que sa voiture a eu un réel succès.

Son moteur est à quatre cylindres, inclinés à 45° sur l'horizontale, ainsi que le montre la figure 178 ; on obtient ainsi deux impulsions par tour. Le moteur fait 800 tours par minute.

Le gaz carburé et l'air pénètrent dans le cylindre par la soupape automatique S' ; *pb* est la bougie électrique d'allumage ; l'échappement se fait par la soupape S, dont la levée est commandée par la came centrale C.

La même came porte un bossage *c* qui fait manœuvrer la palette *p*, laquelle produit le contact de la masse avec la bougie isolée *b*.

Les engrenages EE donnent le mouvement à vitesse réduite qui convient à la came.

(1) M. de Dion opère aussi la carburation et le dosage de l'essence par un tiroir dont la cavité vient se mettre en rapport avec une rainure communiquant avec l'alimentation ; elle se charge ainsi de liquide qu'elle transporte à l'aspiration du cylindre en plein courant d'air chaud. La quantité de liquide introduit dépend du volume de la cavité et aussi de la pression exercée sur la surface du pétrole dans le réservoir d'alimentation.

Le carter est rempli d'huile dans laquelle baignent les organes en rotation.

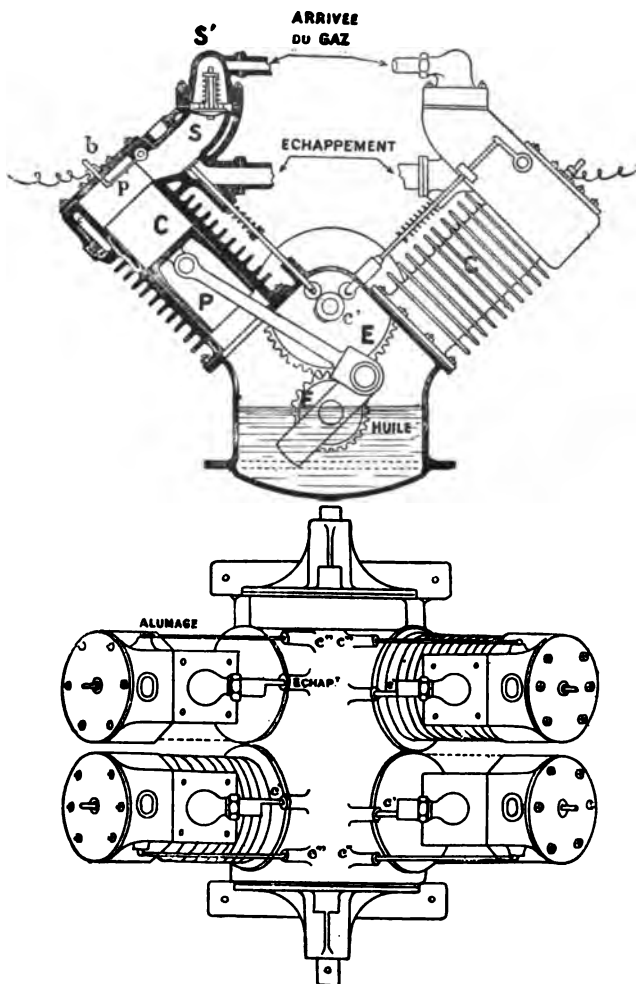


Fig. 178. — Moteur Mors.

La circulation d'eau dans l'enveloppe du cylindre est déterminée par une pompe; elle se refroidit en traversant un réfrigérant à ailettes placé sous la voiture et vers l'avant pour recevoir le courant d'air quand le véhicule est en marche.

La prise d'air du carburateur se fait à l'avant de la voiture et se

manœuvre du siège. Un bouton placé de même à l'avant sous la main du conducteur, permet de régler la quantité de mélange à introduire dans les quatre cylindres simultanément.

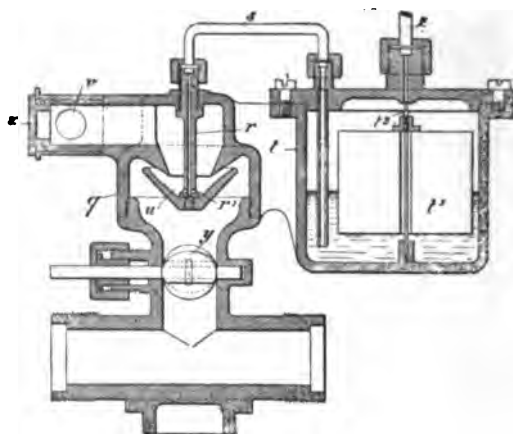


Fig. 179. — Carburateur Mors (L. A.).

Le carburateur Mors se compose d'un récipient cylindrique g dans lequel l'essence arrive par le conduit vertical r et le tuyau s , branché sur le réservoir t . Le conduit r se termine par un large cône u strié à l'intérieur.

Le piston du moteur aspire de l'air qui entre par v , pénètre dans le cône u et y vaporise l'essence qu'il y trouve. L'obturateur x limite l'afflux de cet air, et la valve y règle d'ailleurs le débit du carburateur.

Notons que le niveau de l'essence dans le cône est toujours maintenu à la hauteur des ouvertures r' faites dans le tube r , attendu que le niveau dans le réservoir t reste aussi toujours à cette hauteur r' . Pour obtenir cet effet, le réservoir t est alimenté lui-même par un autre réservoir, relié à celui-ci par le conduit z , et il renferme un flotteur t_1 , portant une aiguille t_2 , qui vient obturer la sortie du pétrole, aussitôt que le niveau monte.

Moteur Audibert et Lavirotte.

Ces habiles constructeurs lyonnais ont établi un moteur analogue au moteur Benz, à un cylindre horizontal, avec allumage électrique

retardé à volonté, dans lequel nous relèverons quelques points de détail. La boîte qui renferme les deux soupapes superposées est logée contre la culasse. Un arbre à demi-vitesse parallèle à l'arbre moteur est muni d'une came qui commande la soupape de décharge de l'avant à l'arrière du moteur, par une tige de longueur réglable, actionnant un levier coudé à fourche. Un levier spécial permet de déplacer cette came et de diminuer la compression lors de la mise en route. La boîte des soupapes est refroidie par une enveloppe à circulation d'eau.

Ce moteur est bien dessiné et réellement fort simple; il a été appliqué avec succès sur divers types de véhicules et notamment sur un omnibus à 16 places.

Moteur Gautier et Wehrlé.

Ce moteur est à deux cylindres horizontaux conjugués, dont les manivelles sont calées à 180° , ou bien à deux cylindres horizontaux, placés en face l'un de l'autre, avec le même calage à 180° : on obtient ainsi une impulsion motrice par tour. Les soupapes d'échappement sont commandées par une came unique, mais, quand la vitesse s'accélère, le régulateur élimine les deux cylindres l'un après l'autre en ne laissant d'abord qu'une des deux soupapes ouverte. L'allumage est électrique ou par incandescence. Le moteur de 6 chevaux, fait 800 tours, mais son dispositif spécial permet de réduire cette vitesse à 400 tours quand la voiture est arrêtée. C'est un heureux perfectionnement. La machine est simple et robuste; elle se place généralement au milieu du véhicule et en travers de son axe; elle donne, dit-on, peu de trépidations.

Le carburateur a la forme d'un large tube, disposé verticalement, muni d'une soupape à ressort, dont la tige est dans l'axe du tube; l'essence, débitée par un réservoir sous une pression de 10 centimètres, vient, par un tuyau latéral, presser sous la soupape; mais cette pression est insuffisante pour la soulever. L'aspiration du cylindre est donc nécessaire pour faire passer le liquide. De l'air chaud débouche par le côté inférieur dans le carburateur: l'air nécessaire pour former le mélange tonnant entre au contraire par le haut, et la rencontre des deux courants produit une bonne diffusion du carbure dans le com-

burant. L'accès de l'air pur est réglé à volonté, ainsi que la tension de la soupape : cet appareil est très sensible.

La Société continentale d'automobiles, qui exploite les brevets Gautier-Wehrlé, construit aussi un autre type de moteur, qu'elle place maintenant à l'avant de ses véhicules ; un long arbre, placé dans l'axe du véhicule, transmet le mouvement aux roues d'arrière. Les deux cylindres horizontaux sont opposés ; l'allumage se fait par incandescence.

Enfin, la même Société a établi un moteur de bicyclette et de tri-cyclo, pouvant marcher à des vitesses de 2000 tours au besoin en développant alors un cheval. Le carburateur est à palettes ; l'agitateur est commandé mécaniquement et produit une volatilisation intense du carbure. L'allumage est électrique.

Moteur Gladiator.

Ce moteur, créé à l'atelier bien connu des Prés-Saint-Gervais, présente quelques dispositions intéressantes, que fait bien valoir notre figure.

La machine se construit toujours à deux cylindres horizontaux jumelés, assemblés sur un même bâti, constitué par un robuste carter ; les deux chambres de combustion, parfaitement indépendantes, sont néanmoins venues d'une même coulée. Les bielles sont connectées avec un tourillon unique claveté entre deux plateaux-manivelles : les pistons ont donc une marche parallèle, mais les phases du cycle sont croisées, de manière à avoir une impulsion par tour.

Le bout de l'arbre des plateaux-manivelles porte un pignon utilisé pour la transmission du mouvement à l'essieu moteur de la voiture, lequel engrène avec un autre d'un nombre de dents double, calé sur l'axe K des cames M et M₁, qui commandent la levée alternative des soupapes de décharge des deux cylindres. Ne nous occupons que d'un seul de ces cylindres, puisque tout est identique sur les deux. Le levier O articulé dans le support P est muni à son extrémité d'un galet toujours maintenu en contact avec la came, grâce au ressort de rappel b ; l'autre extrémité O₁ est recourbée de manière à exercer une pesée normale sur tige de la soupape d'échappement N. Inutile de dire que la soupape d'admission Q est automatique.

L'air à carburer est chauffé avant de pénétrer dans le carburateur

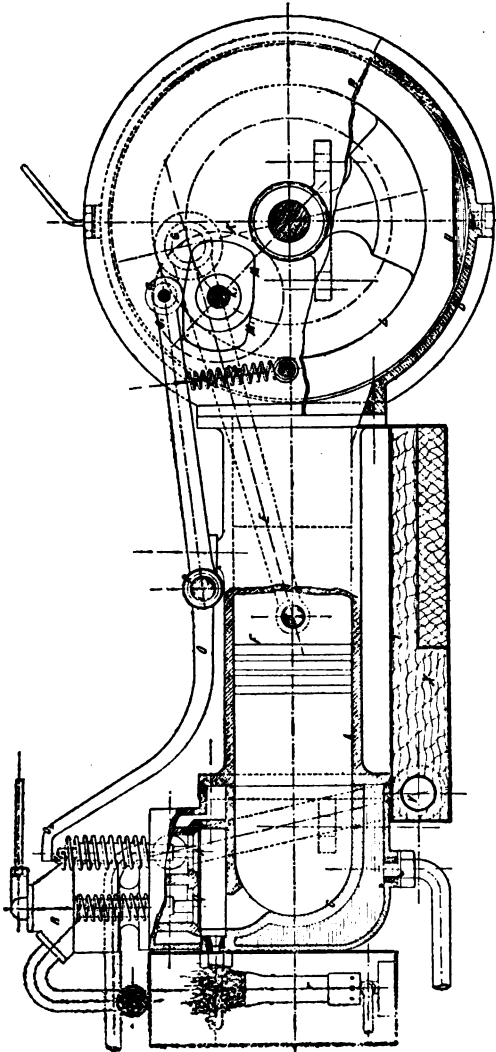


Fig. 180. — Moteur Gladiator (L. A.).

qui fonctionne automatiquement. La proportion d'air à mêler au gaz combustible se règle par un robinet, manié par le conducteur.

La vitesse normale de ce moteur est de 680 tours.

Moteur Pygmée.

Il existe plusieurs types de ce moteur, établi et construit par M. Lefebvre; ils diffèrent uniquement par les dispositifs de carburation.

L'air carburé pénètre dans le cylindre à travers une soupape automatique, et il y débouche tangentiellement au bord; le mouvement giratoire opère un meilleur mélange du combustible et du comburant. La soupape de décharge est commandée; les gaz évacués prennent eux aussi un mouvement giratoire à leur sortie, mais en sens inverse du premier. Le régulateur agit en maintenant ouverte la soupape de décharge.

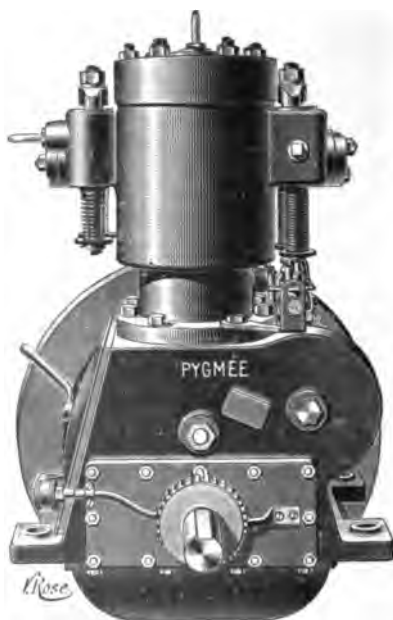


Fig. 181. — Moteur Pygmée.

Une licence de construction a été cédée à la Société de mécanique industrielle d'Anzin, à la Société des anciens établissements Rouxel et Dubois (E. Archdéacon, successeur) et M. L. Lefebvre exploite lui-même ses brevets pour constituer des voitures Léo. La forme change un peu suivant le mode d'installation du moteur sur la voiture.

M. Lefebvre dispose deux cylindres horizontaux conjugués sous la banquette de devant, les cylindres étant tournés vers l'avant du véhicule. Le régulateur à force centrifuge est logé dans le volant et il actionne par un levier une tige guidée, portant deux taquets, solidarisés par un ressort. Les soupapes d'échappement s'ouvrent pour une certaine position de ces taquets et restent fermées pour une autre position.

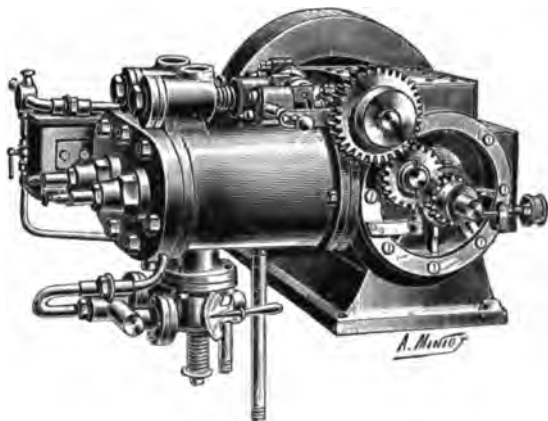


Fig. 182. — Moteur Pygmée.

M. Lefebvre a d'abord employé un pulvérisateur avec serpentin réchauffeur à niveau constant, mais il paraît donner aujourd'hui la préférence au carburateur Longuemarre, que nous décrirons plus loin.

Moteur Lepape.

Le piston P commande le vilebrequin M (fig. 183) monté dans un carter muni de coussinets à bagues de bronze rapportées : l'arbre secondaire actionne par la bielle *d* la soupape d'échappement I, placée en face de la soupape d'admission automatique A. L'allumage est électrique.

Ce qui caractérise ce moteur, c'est le mode de refroidissement du cylindre, qui est effectué par un courant d'air. L'air pénètre en S dans l'enveloppe à ailettes en longeant le cylindre, redescend en Z et s'échappe en O : le mouvement du véhicule suffirait à déterminer un tirant d'air à travers les nervures de l'enveloppe, mais ce résultat est assuré mieux encore en appelant les gaz brûlés de la décharge par

le tuyau TE au souffleur S qui agit à l'instar de l'échappement de la vapeur dans la cheminée des locomotives et détermine un tirage forcé.

Il importe d'observer que le cylindre, l'enveloppe et ses nervures sont coulées d'une seule pièce et qu'aucune de ces parties n'est rapportée. La conductibilité du métal est ainsi plus parfaite.

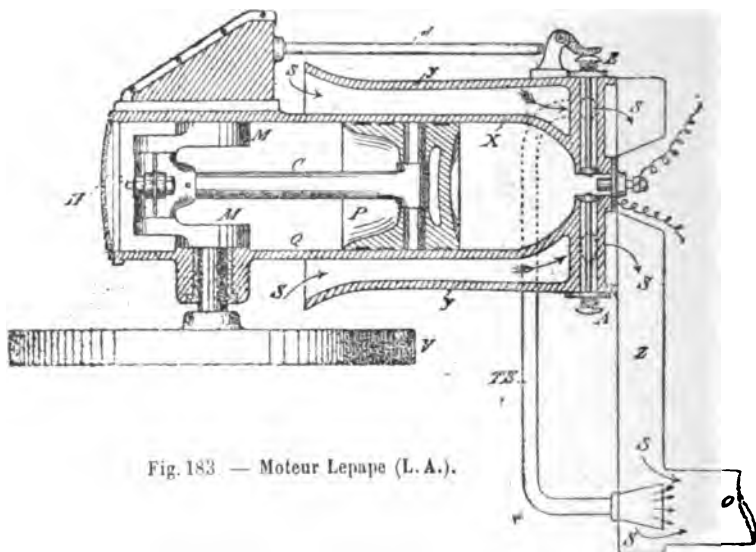


Fig. 183 — Moteur Lepape (L. A.).

Le moteur Lepape est à faible vitesse relative, attendu qu'un moteur de trois chevaux ne fait que 300 tours, mais l'arbre à cames de distribution porte des touches d'allumage permettant de donner de l'avance à la mise de feu et d'augmenter par suite la vitesse à volonté.

Le carburateur Lepape est fort ingénieux. Il se compose d'une chambre cylindrique à axe vertical, portant une soupape centrale dont la tige est surmontée d'une sorte de capot embouti, qui s'abaisse quand le moteur aspire et laisse passer une goutte d'essence. Le liquide découle sur une tubulure enveloppée d'un réseau de toiles métalliques, présentant une grande surface d'évaporation. L'air à carburer arrive chaud et traverse cette tubulure ainsi que le réseau et part vers le cylindre par un tuyau latéral. Le débit d'essence est donc produit et réglé par l'appel même du moteur.

Moteur Vallée.

M. Vallée, constructeur au Mans, dont les voitures ont conquis une certaine renommée, a adopté un modèle de moteur à deux cylindres parallèles et placés côte à côte, dont les pistons attaquent deux manivelles à 180° du même vilebrequin. Le mélange d'air carburé et d'air pur s'effectue dans une chambre de mélange, renfermant des disques de distribution percés d'ouvertures convenablement disposées pour que le conducteur puisse faire varier à la main la quantité de mélange admis et sa richesse. L'allumage est électrique; le courant inducteur ne passe qu'au moment où l'étincelle d'induction doit jaillir. Des thermo-siphons assurent la circulation de l'eau autour du cylindre.

Moteur Landry et Beyroux.

Ce moteur (fig. 184) est vertical et monocylindrique; la culasse du cylindre sert de boîte de distribution, et elle renferme les deux soupapes d'admission et de décharge ainsi que la bougie d'allumage électrique. Un arbre vertical à demi-vitesse N, commandé par pignon d'angle, fait mouvoir l'appareil de distribution, constitué par deux petits engrenages qui entraînent les cames d'admission et d'échappement. Le levier *f* fait l'admission; *J* ouvre la soupape de décharge.

Un régulateur à boules, calé sur l'arbre de distribution, règle l'admission d'air carburé.

Lors de la mise en marche, on diminue la compression, en faisant agir une seconde came d'échappement et l'on retarde en même temps l'allumage, pour éviter un départ à contre sens.

La figure 185 montre comment ce moteur s'installe à l'arrière d'une voiture. Le cylindre est d'une pièce avec toute la partie inférieure et il repose sur le socle *c*, en acier coulé, lequel porte les paliers de l'arbre moteur.

Un ressort, directement rattaché à la pédale d'embrayage, permet de supprimer au besoin l'action du régulateur sur l'admission et de donner au moteur une vitesse supérieure à celle de régime.

La Société M.L.B., qui construit cet intéressant moteur dans ses

ateliers d'Houdouville (Eure) a aussi créé un type de 16 chevaux à

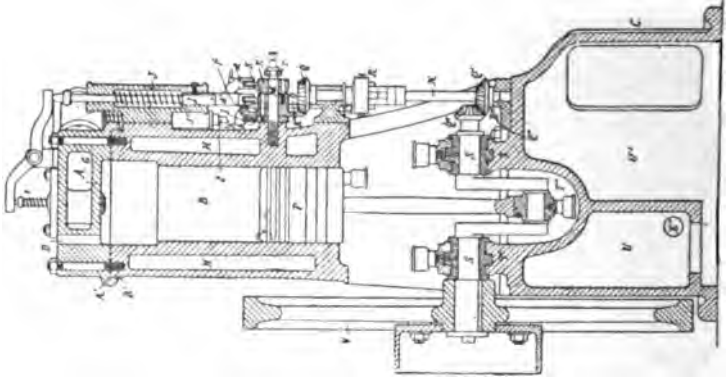


Fig. 181. — Moteur Landry et Beyroux.

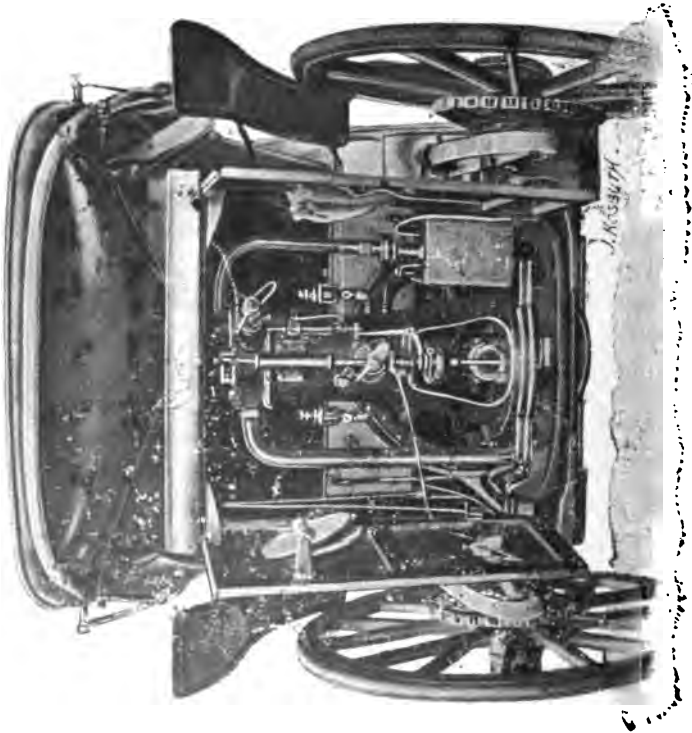


Fig. 185. — Installation du moteur Landry et Beyroux.

deux cylindres, destiné aux grandes voitures de transport en commun et aux véhicules appartenant à la catégorie des *poids lourds*.

Moteur Clément.

C'est un moteur de voiturette légère, qui se signale par sa simplicité. On voit, sur la figure 186, la soupape automatique d'admission en E, la soupape d'échappement en D; cette dernière est commandée par le levier QST mû par la came NN', calée sur l'arbre M à demi-vitesse et desservant les deux cylindres conjugués. Le carter V, dans lequel sont renfermés les coudes du vilebrequin, est alimenté d'huile par le tube 1; le carter des came est lui-même fermé et lubrifié par le tube 3. Le tube 2 graisse le cylindre.

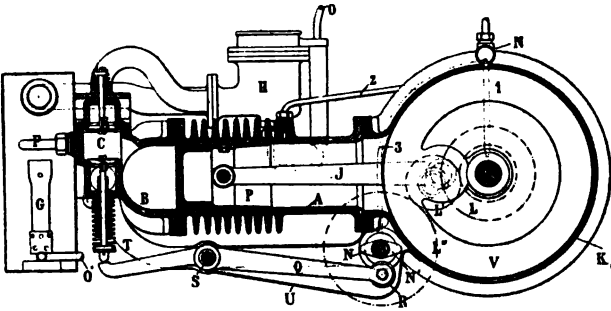


Fig. 186. — Moteur Clément (L. A.).

Le carburateur H est analogue à ces petits abreuvoirs bien connus de cages d'oiseaux, et il débite à chaque aspiration, par la manœuvre automatique d'une soupape, la quantité qu'il faut d'essence. L'air admis est chauffé par le brûleur C.

Un moteur de 160 kilogrammètres pèse 43 kilogrammes.

Moteur Cadiot (Le Maurice).

Ce moteur, à deux cylindres horizontaux, est d'origine et de construction anglaise : il a certaines analogies avec le moteur horizontal Peugeot.

La boîte de protection contre la poussière sert de palier à l'arbre moteur : le bout d'arbre qui passe porte la came d'échappement.

Les deux cylindres travaillent en opposition, les manivelles étant parallèles.

Un moteur de un cheval pèse 70 kilogrammes ; le type de trois che-

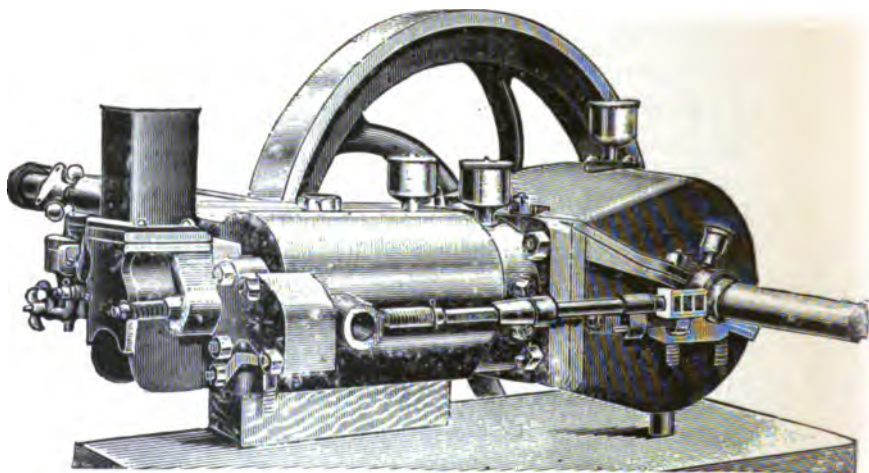


Fig. 187. — Moteur Cadiot (Le Maurice).

vaux en pèse 118 ; ce dernier modèle a 0^m,90 de long sur 0^m,60 de large. On ne pourrait faire plus léger.

Moteur Goujon.

Type courant ; allumage par brûleur Longuemarre ; carburateur à niveau constant, à évaporation directe ; vitesse de 450 tours ; graissage automatique à pression d'air.

Moteur Rochet-Schneider.

Moteur monocylindrique horizontal, disposé dans le sens longitudinal de la voiture ; allumage électrique ; vitesse réduite ; toutes les pièces sont équilibrées. C'est un moteur Benz modifié dans quelques détails.

Moteur Delahaye.

Moteur à deux cylindres horizontaux, dont les pistons actionnent une manivelle calée à 180° de l'autre ; allumage électrique à avance réglable ; circulation d'eau dans l'enveloppe du cylindre sous l'action d'une pompe. Vitesse normale : 700 tours par minute.

Moteur Paul Gautier.

M. Paul Gautier a réuni quatre cylindres sur un même socle renfermant deux arbres coudés reliés par un pignon ; il a donc deux impulsions par tour. Les soupapes d'admission et d'échappement sont disposées dans une même boîte, partagée par des cloisons verticales qui les isolent respectivement. Les soupapes sont toutes commandées, mais les cames des soupapes de décharge sont plus larges que celles des soupapes d'admission, de sorte que le déplacement du manchon distributeur sous l'action du régulateur laisse les soupapes de décharge en prise avec leurs cames alors que celles d'admission sont soustraites à l'action des leurs. L'allumage se fait par incandescence.

Moteur Brouhot.

La maison Brouhot de Vierzon, dont les moteurs ont depuis longtemps fait leurs preuves, a créé un modèle spécial destiné aux automobiles, en cherchant à allier la légèreté à la stabilité, par un choix judicieux des matériaux employés. La machine, analogue à celle que nous avons déjà décrite, est à deux cylindres ; elle se place sous la voiture.

Moteur Augé.

Il porte le nom de *Cyclope*, parce que la disposition des chambres d'explosion des deux cylindres horizontaux jumelés permet de placer côte à côte les deux tubes d'allumage et de les chauffer par un seul brûleur Longuemarre.

Les cycles des deux cylindres sont alternés de façon à obtenir une explosion par tour ; une double bielle à tête unique actionne le vilebrequin fixé entre deux plateaux-manivelles. Un régulateur, placé dans le volant, agit par étranglement de l'admission ; les soupapes d'admission sont automatiques, celles de décharge sont commandées par un balancier actionné par un levier dont le déplacement est déterminé par une came fraisée dans un pignon denté faisant un tour pour deux du moteur.

Voici comment le régulateur modère l'admission. L'écartement des boules a pour effet de faire tourner un collier mobile sur le moyeu même du volant ; or, ce collier porte deux coulisses inclinées, guidées par deux goupilles du moyeu, et tout déplacement circulaire du collier a pour conséquence un mouvement latéral qu'on transmet à une valve régulatrice. Celle-ci se compose d'une sorte de robinet dont le boisseau est mobile à la fois autour de son axe et le long de cet axe. La commande circulaire est faite à la main, tandis que le mouvement de l'axe est donné par le régulateur.

Le carburateur est pourvu d'un régulateur micrométrique.

Moteur Bouché.

Ce moteur, construit par M. Monin, et installé sur les voitures Doré, est composé de deux cylindres horizontaux. La culasse contient les soupapes d'échappement ; une boîte supérieure renferme les soupapes automatiques d'admission.

Un volant avec régulateur agit sur la valve d'introduction.

L'allumage est électrique.

Pour une puissance de 4 chevaux et demi, les diamètres ont 90 millimètres, les courses 0^m,160 et le moteur est réglé à 500 tours ; ce moteur est donc loin d'être surmené.

Pour conserver le niveau constant dans le carburateur, M. Bouché a appliqué le principe des parois flexibles et déformables du baromètre anéroïde.

Moteur Bouvier-Dreux (Jupiter)

Rien de particulier dans ce moteur, dans lequel la soupape d'admission est disposée verticalement sur la culasse et la soupape de décharge latéralement, sa tige horizontale étant commandée par came.

Le carburateur se compose d'un récipient muni d'un flotteur à pointeau, qui ferme le tuyau amenant l'essence, quand un certain niveau est établi. L'air aspiré traverse un ajutage à rainures qui lui fait prendre un mouvement giratoire : de plus, deux petites turbines placées au-dessus de l'ajutage tournent rapidement et brassent le mélange d'air pur et d'air carburé.

Moteur Elan.

Ce moteur est à deux cylindres verticaux parallèles, équilibrés par un accouplement spécial ; les cames des soupapes d'échappement commandées, sont disposées de manière à donner une explosion par tour. Les cylindres portent une ouverture que le piston découvre à fond de course, et qui produit un échappement anticipé, à travers un tuyau qui débouche dans la conduite de décharge des gaz ; quand la soupape de décharge s'ouvre, une partie des gaz brûlés a donc déjà été évacuée et leur température est abaissée ; cette soupape est par suite moins exposée à s'échauffer anormalement.

Les cylindres sont à ailettes ; leur paroi, consolidée par des brides d'acier, est d'ailleurs très mince, afin de faciliter le refroidissement par conductibilité.

L'allumage est électrique avec avance réglable à volonté.

Il y a deux vilebrequins, actionnés chacun par une bielle, mais rendus solidaires par des roues dentées : les masses ont donc des mouvements simultanés, mais inverses, et leurs effets d'inertie se compensent.

Un graisseur permet d'envoyer du pétrole dans les cylindres pour faciliter les mises en marche.

Moteur Fritscher et Houdry.

Ces constructeurs ont modifié leur moteur, décrit précédemment, en vue de son application sur les voitures automobiles.

Ce moteur a l'aspect extérieur d'un moteur de Dion ; cylindre à ailettes ; boîte à soupapes garnie elle-même d'ailettes, logée en haut du cylindre, contre la culasse ; soupape d'admission automobile, soupape de décharge commandée, allumage électrique. Mais il est caractérisé par une nouvelle application d'une came en 8 (ou vis à filets croisés), dont MM. Fritscher et Houdry ont tiré un parti excellent. La soupape de décharge porte une tige guidée dont l'extrémité est munie d'un galet, appuyé sur une came par un ressort ; cette came est montée sur l'arbre moteur lui-même. Comme elle ne doit agir qu'une fois tous les deux tours sur la tige de la soupape, il faut qu'elle se dérobe une fois sur deux. A cet effet, elle peut glisser sur l'arbre, et elle se termine par un manchon cylindrique dans lequel a été pratiquée la rainure en 8 ; un goujon pivotant qui ne peut se déplacer est engagé dans cette rainure. La rotation du manchon devant ce goujon a pour effet d'imprimer au manchon, et par suite à la came solidaire, un mouvement longitudinal alternatif tel que le bossage de la came ne repousse qu'une fois sur deux tours le galet de la tige de la soupape. L'arbre à demi-vitesse devient ainsi inutile.

Comme dans le moteur Elan, le piston découvre à fin de course un orifice libre de décharge, qui produit une avance anticipée à l'échappement et prévient un échauffement exagéré de cet organe.

Ce moteur nous paraît appelé à un certain avenir.

Moteur Klauss.

Le lecteur est prié de suivre d'abord, sur la légende de la figure 188, la description sommaire de ce moteur, qui est appliqué à la voiturette Klauss.

- A arbre moteur.
- A' piston moteur.
- C' sa tige.
- D' cylindre moteur à ailettes.
- E' chambre d'explosion, refroidie par une circulation d'eau.

G' soupape d'échappement commandée par la came **a'**, montée sur l'arbre **o'** à demi-vitesse.

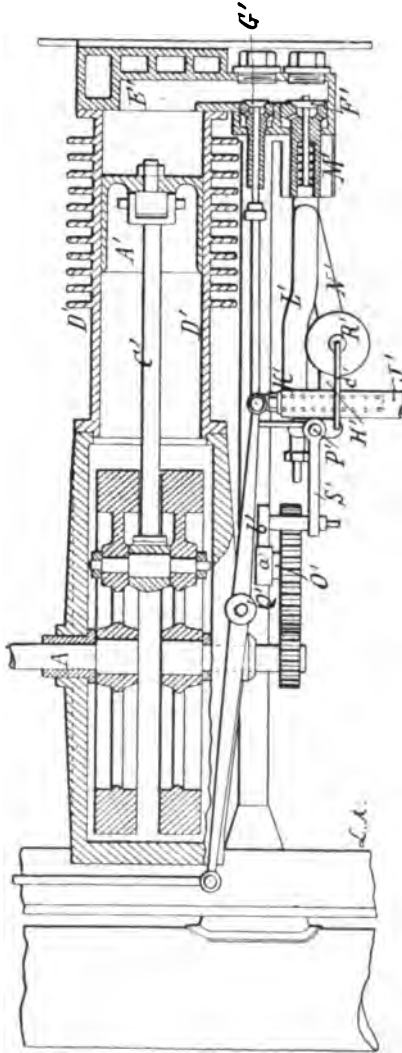


Fig. 188. — Moteur Klaus (L. A.).

F' soupape automatique d'admission.

R' carburateur.

- P' pompe à pétrole, actionnée par la came α' , refoulant le liquide dans R' par le tuyau c' .
- J'H' entrée de l'air dans le carburateur.
- L' entrée de l'air comburant.
- M' chambre de l'air carburé et de l'air comburant.
- K' tiroir tubulaire, manœuvré par la main du conducteur à l'aide du levier Q', et permettant de faire varier à volonté la richesse du mélange.

L'allumage électrique n'est pas figuré sur notre dessin ; il est muni d'un dispositif à l'aide duquel on produit une avance variable à l'allumage.

La pompe P' injecte une quantité constante de pétrole dans le carburateur R' ; le piston est poussé par une des branches de l'équerre S' pivotée sur un point fixe ; un ressort rappelle le piston. La seconde branche de l'équerre S' présente une fourche, qui embrasse un axe porté par le galet b' de la came α' et actionne la soupape d'échappement G'.

Le tube J' et la chambre M' sont garnis de toiles métalliques destinées à faire fonction de chicanes et à mieux brasser le mélange du combustible et du comburant.

L'échappement traverse un *silencer* et provoque un courant d'air à travers les ailettes dont le cylindre moteur est garni.

Ce moteur fait au plus 600 tours : on ne saurait donc le surmener et c'est assurément une condition de bon fonctionnement.

Moteur Durr.

Ce moteur, très original, mais fort compliqué dans ses détails, est destiné aux tracteurs puissants et aux voitures automobiles lourdes.

La figure 189 montre, en figure 1, une élévation d'ensemble et une coupe verticale par l'axe d'un des cylindres, en figure 2, une coupe horizontale par ab et, en figure 3, une autre coupe horizontale par cd .

Le mélange d'air carburé est aspiré, quand le piston monte, à travers la soupape 2, disposée à la partie inférieure du cylindre ; sa descente comprime le mélange à travers le canal 3 dans le couvercle 4, formant chambre de compression. De là le mélange suit le canal 6 et gagne la partie supérieure par le chemin 12 et 13, en traversant le

piston et sa tige creuse, guidée par le tube 13. A la remontée du piston, la compression du mélange s'achève dans la partie supérieure du

Fig. 1.

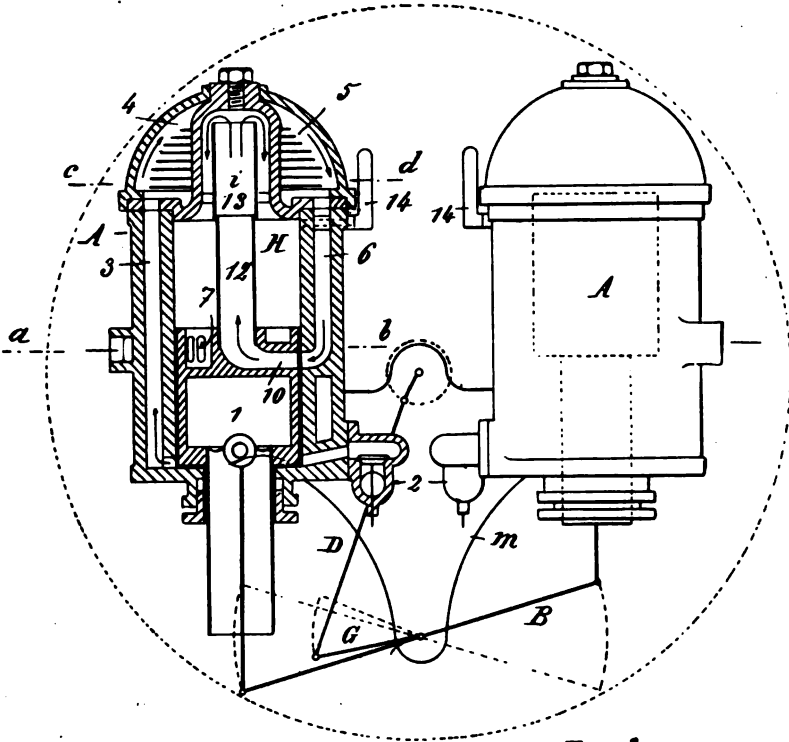


Fig. 2.

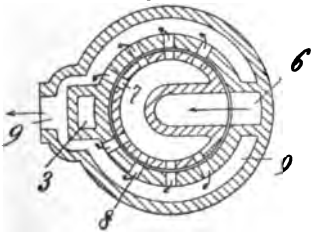


Fig. 3.

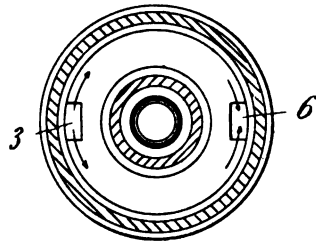


Fig. 189. — Moteur Durr (L. A.).

cylindre, attendu que l'orifice 6 est alors fermé par la partie pleine du piston.

Moteur Petréano.

Ce moteur, destiné à la traction des *poids lourds*, a paru à l'Exposition de l'Automobile-Club de 1898 ; il est caractérisé spécialement par l'admission dans le cylindre d'un mélange tonnant formé dans l'enveloppe ou dans un carburateur, sous la pression atmosphérique, suivant le principe de M. Petréano (1) ; l'application de ce système a permis de plus de constituer un moteur à renversement de marche.

Les deux soupapes (fig. 190) sont disposées parallèlement l'une à côté de l'autre ; toutes deux sont commandées par leurs tiges *a* et *b*. La soupape A reçoit le mélange tonnant par le canal FC ; la soupape B évacue les gaz brûlés par le chemin DEG.

Mais E est un robinet à quatre voies, qui peut d'abord être placé dans la position supérieure de la figure, pour desservir la distribution ainsi que nous venons de le dire, mais qu'on peut aussi placer droit pour isoler les soupapes de leurs canalisations et qu'on peut enfin retourner, pour faire de B la soupape d'admission et de A la soupape de décharge. On renverse donc la marche par une simple rotation d'un robinet.

Un tour de main est nécessaire pour réussir à coup sûr cette opé-

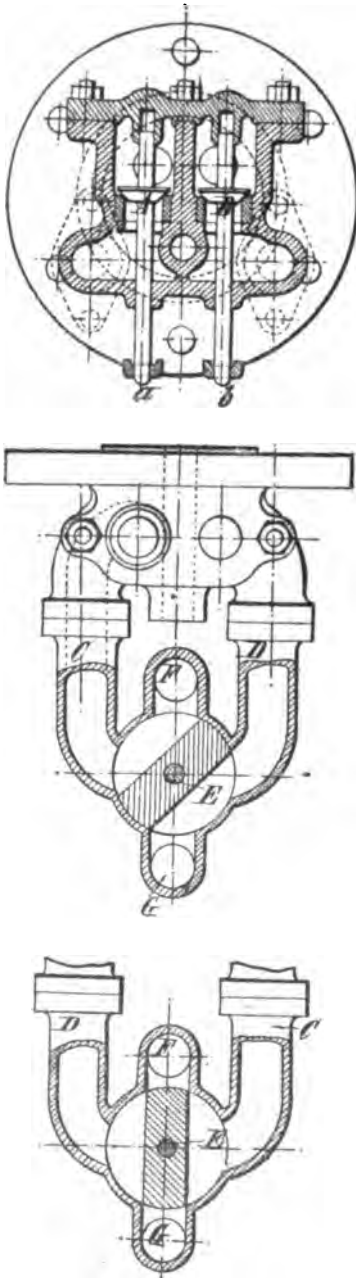


Fig. 190. — Soupapes Pétréano.

(1) Voir ci-dessus, pages 144 et 383.

ration. On commence par placer le robinet dans la position 2 pour cesser d'alimenter le cylindre et de ralentir la marche ; puis on provoque une explosion prématurée, qui renvoie le piston en arrière. Il suffit alors de tourner le robinet et de le mettre dans la position correspondante à ce sens de rotation pour obtenir un mouvement continu.

Cette faculté de renversement de marche peut être appréciée et utilisée dans certains cas. Le moteur Petréano a, de plus, l'avantage de marcher très bien à l'essence, au pétrole et à l'alcool et dans des conditions qu'on nous affirme être très économiques.

Le moteur exposé pouvait développer huit chevaux; il pesait 450 kilogrammes, volant compris. L'allumage se faisait électriquement.

Moteur Hunter.

Le carter, hermétiquement clos, forme un bâti central (fig. 191), sur lequel sont fixés deux cylindres à axes parallèles, mais qui ne sont point placés dans le prolongement l'un de l'autre, de manière à ce que les bielles puissent attaquer les deux vilebrequins de l'arbre moteur.

Ee'' chambre des soupapes.

H soupape automatique d'admission.

h arrivée de l'air carburé venant du carburateur.

F bougie d'allumage électrique.

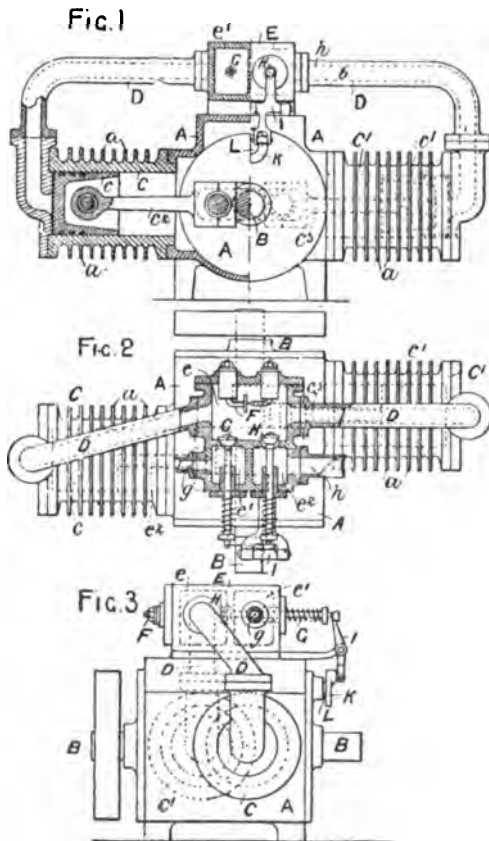


Fig. 191. — Moteur Hunter (E. A.).

D tuyau allant au cylindre et formant chambre de combustion.

G soupape d'échappement, commandée par le toc I, mû par la came K, montée sur l'arbre auxiliaire de distribution à demi-vitesse.

Le diamètre des cylindres moteurs C est de 78 millimètres ; les tubes D ont 20 millimètres de diamètre ; le moteur fait 800 tours et développe aisément 1,5 cheval, et ne pèse que 65 kilogrammes. Sa forme est très ramassée et la position des cylindres compense les efforts et supprime les trépidations.

Moteur Japy.

MM. Japy frères ont adapté leur excellent moteur à la traction des voitures ; il devait se prêter aisément à cette application. Pour obtenir un équilibre parfait et supprimer les trépidations, ils ont donné la préférence au type de machine à deux pistons marchant en sens inverse dans un même cylindre. Les engrenages de la commande de l'échappement sont remplacés par une sorte de navette, agissant sur le régulateur. Ce moteur fait 560 tours et développe 6 chevaux.

Ce moteur est muni d'un très curieux appareil de mise en route, dont la description intéressera nos lecteurs : il évite les coups de recul auxquels on s'expose, lorsqu'une explosion prématurée se produit. La manivelle de mise en train est calée sur un arbre spécial, parallèle à l'arbre moteur et relié à celui-ci par l'intermédiaire d'une chaîne sans fin ; l'arbre spécial porte une sorte de débrayage automatique à friction, constitué par deux cônes emboîlés l'un dans l'autre et pressés l'un contre l'autre par un ressort ; un rochet à cliquet est d'ailleurs monté sur cet embrayage. Le ressort de pression est réglé par des écrous à une tension équivalente à la force nécessaire pour lancer le moteur ; s'il se produit une explosion à contre-temps, les cônes glissent l'un dans l'autre, et, comme le rochet est arrêté par son cliquet, le choc ne se transmet pas à la manivelle.

Moteur Lister.

M. Lister reprend aussi le dispositif, déjà essayé maintes fois, de deux pistons se mouvant simultanément, mais en sens opposés, dans

un même cylindre, et actionnant, chacun par une bielle, un balancier, relié lui-même par deux bielles au vilebrequin. Excellent au point de vue de la stabilité du moteur, ce mode d'agencement des organes est critiquable à d'autres égards, parce qu'il comporte de trop nombreuses articulations.

Un plateau à cames, disposé au milieu du cylindre, effectue la distribution.

A signaler que l'admission de l'air carburé se fait après celle de l'air, de manière à mieux assurer la diffusion du combustible dans le comburant, ce qui est assurément très recommandable.

Moteur Astresse.

C'est encore un moteur à deux pistons opposés dans un même cylindre, mais la tige de chacun d'eux traverse un guidage, qui la maintient horizontale et centrée ; deux crosses servent d'articulation aux bielles qui attaquent en retour les vilebrequins de l'arbre moteur installé au-dessus du cylindre et sur son milieu.

M. Astresse prétend qu'un moteur de six chevaux ne pèse que 80 kilogrammes.

Moteur Koch.

C'est encore un moteur équilibré dans lequel deux pistons se meuvent en sens inverse et symétriquement dans un même cylindre ; leurs tiges actionnent l'arbre moteur par deux systèmes de balanciers et de bielles. La machine est placée en travers de la voiture.

Le carburateur est pulvérisateur, et il permet d'utiliser le pétrole lampant.

La soupape d'admission n'est pas automatique, mais commandée, sous la dépendance d'un régulateur.

Moteur Roser-Mazurier.

Nous avons décrit précédemment (1) cet ingénieux moteur compound à trois cylindres, qui a été monté avec succès sur des

(1) Cf, même volume, page 300.

omnibus de famille et autres, et qui a été adapté aux voitures Brûlé, de l'ancienne et célèbre maison Hermann-Lachapelle. On nous a dit que la consommation de ce moteur était très réduite et sa marche excellente.

Moteur Duplex-Niel.

Nous avons exposé ci-dessus le principe de cet intéressant moteur à double effet. Il diffère de la généralité des moteurs à quatre temps en ce que la charge tonnante, au lieu d'être comprimée et enflammée en son entier dans la culasse du cylindre, se divise au moment de la compression, de façon à ce qu'il n'en reste que la moitié du côté où s'est faite l'aspiration, tandis que l'autre moitié passe en avant du piston dans la partie antérieure du cylindre. Les deux portions de la charge sont comprimées et enflammées en temps voulu sur les deux faces du piston; il se produit par conséquent deux explosions par tour. La détente des gaz brûlés est prolongée jusqu'à ce que leur volume soit le double du volume primitif.

Ce moteur convient assurément fort bien aux voitures, car les efforts sont bien équilibrés, la décharge est moins bruyante et l'on obtient deux impulsions motrices par tour, pour un seul cylindre.

Les figures 193 et 194 permettent de se rendre compte de la manière dont sont agencés les organes du moteur. L'arbre de distribution à demi-vitesse se voit à la partie inférieure du dessin; il reçoit son mouvement d'un engrenage hélicoïdal renfermé dans le carter fermé. L'admission du mélange tonnante se fait par l'ouverture béante 20 pratiquée vers le haut et au milieu du cylindre.

Les soupapes 25 et 26 du milieu sont celles d'admission, alors que les soupapes extrêmes 27 et 28 servent à l'échappement.

Le commutateur électrique, qui distribue le courant alternativement aux bougies d'avant et d'arrière, est placé sur l'arbre moteur.

Un moteur de 145 millimètres d'alésage et 0^m,120 de course, donne aisément six chevaux par 600 tours; il pèse, volant de 50 kilogrammes compris, environ 180 kilogrammes.

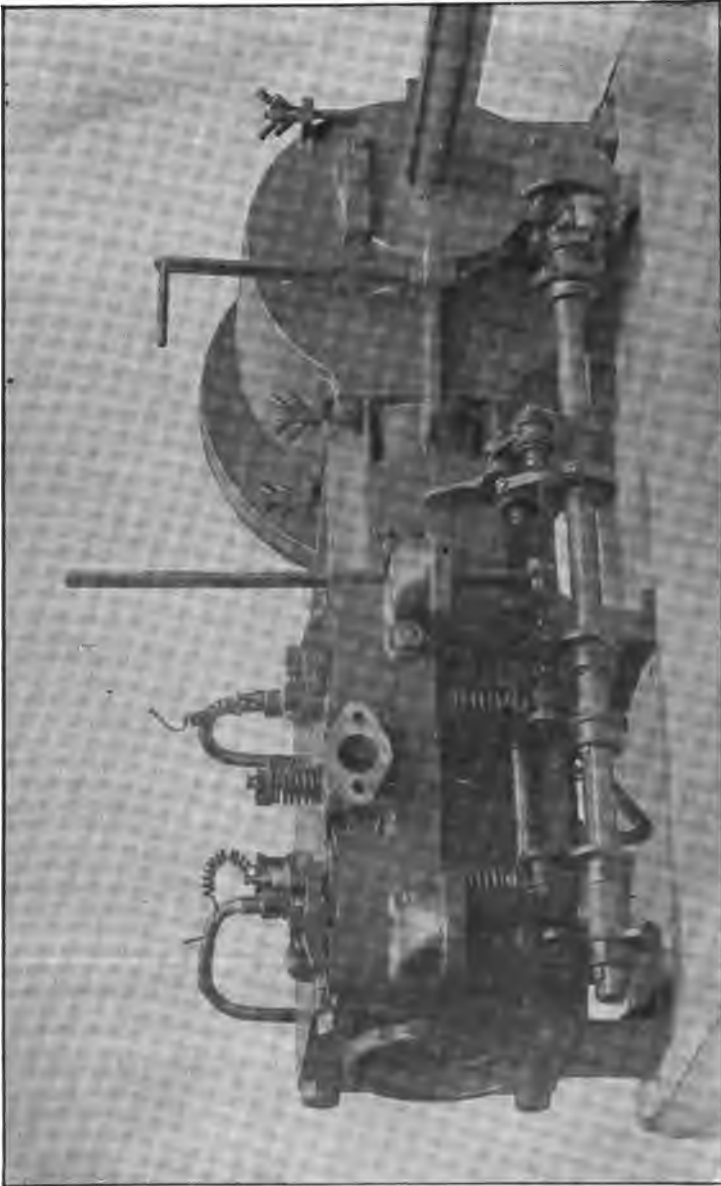


Fig. 192. — Moteur Duplex-Niel.

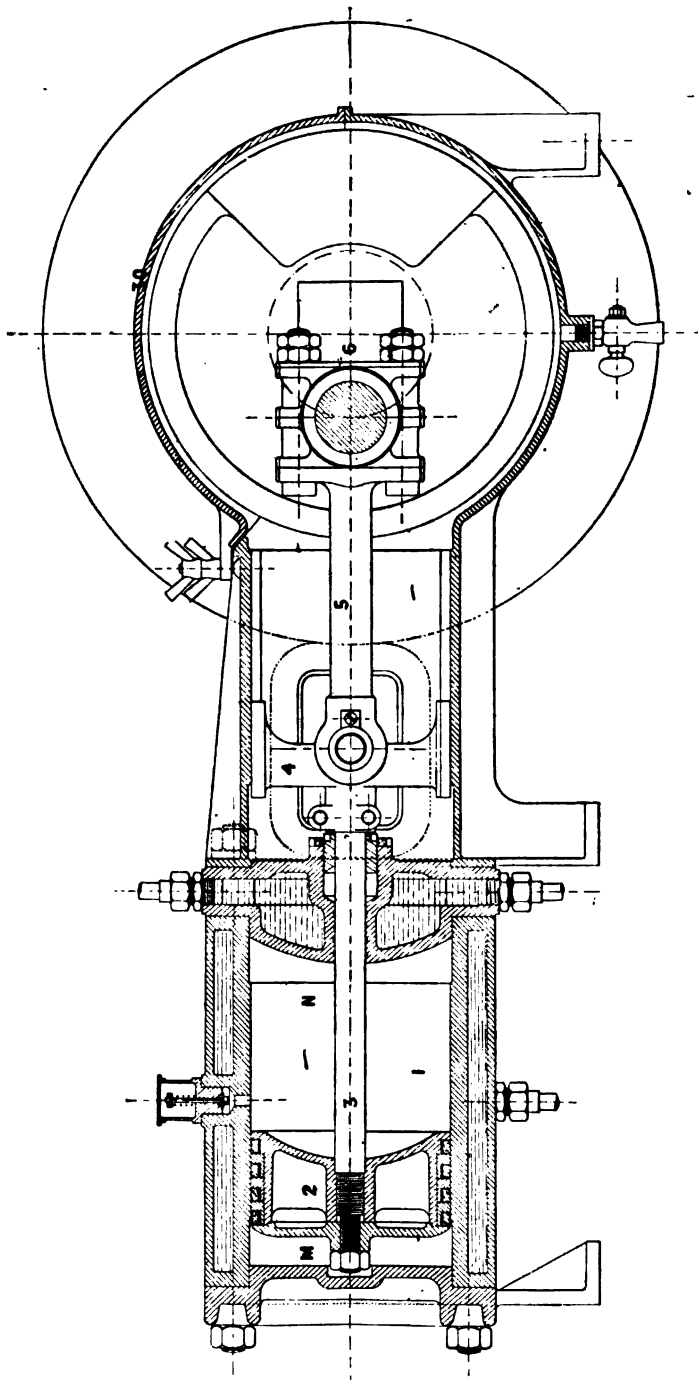


Fig. 198. — Moteur Duplex-Niel

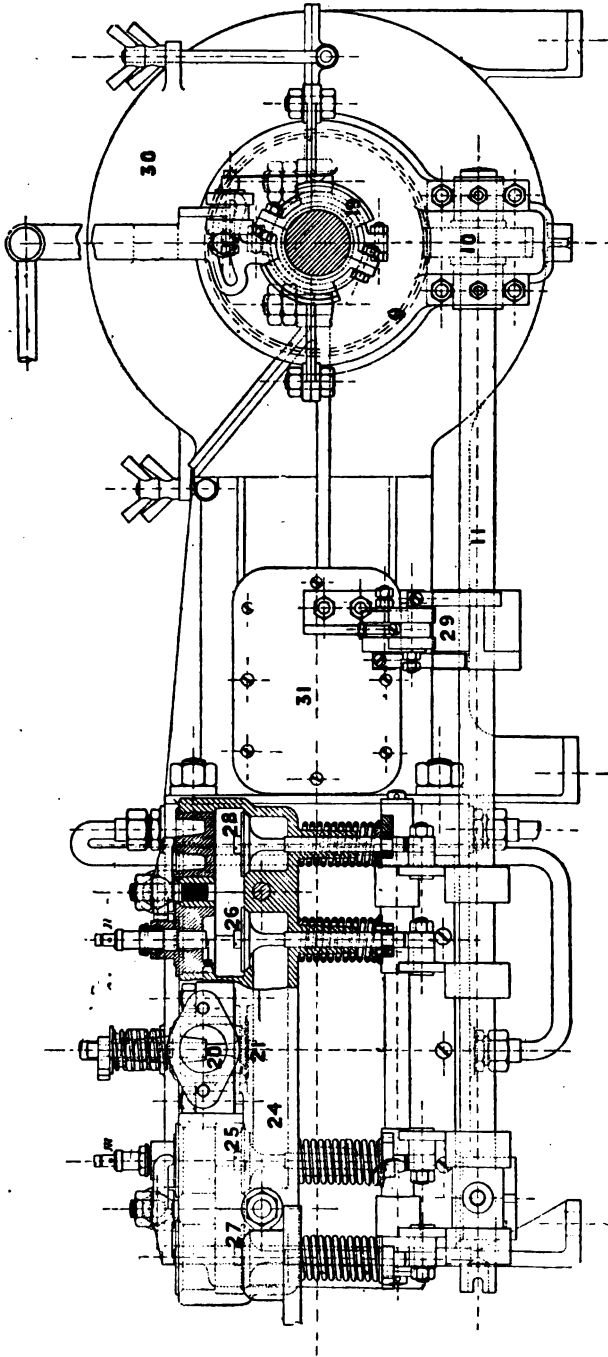


Fig. 194. — Moteur Duplex-Niel.

Moteur Loyal.

Voilà un moteur à deux temps, donc presque unique en son espèce; il présente de plus la caractéristique de n'avoir ni cames ni excentriques ; les soupapes fonctionnent par le jeu des pressions et des dépressions créées dans le cylindre par le mouvement du piston. Si ce moteur marche bien, et nous n'avons pas de raisons d'en douter, il réalise une solution très simple d'un intéressant problème.

Ses soupapes sont maintenues sur leur siège par des ressorts dont la tension est réglée de telle façon que leur jeu soit automatique. La soupape d'admission, disposée au fond du cylindre, s'ouvre du dehors en dedans ; la soupape de décharge, placée vers le milieu du cylindre, s'ouvre, au contraire, du dedans en dehors.

Le moteur fonctionne comme il suit : prenons le piston à fond de course, alors qu'il achève de comprimer le mélange tonnant. L'inflammation se produit au contact d'un tube de nickel incandescent et l'explosion refoule le piston en avant. Or, il découvre à moitié course la soupape d'échappement et celle-ci s'ouvre sous la pression des gaz incomplètement détendus, leur livrant issue dans l'atmosphère. Mais la pression baisse rapidement et la soupape se referme, et, comme le piston continue de progresser en avant, il se crée un certain vide dans le cylindre, qui fait ouvrir la soupape d'admission. A ce moment, il faut supposer que le gaz tonnant admis ne se diffuse que dans les gaz brûlés restés dans le cylindre. Au bout de sa course, le piston a donc derrière lui, sous la pression atmosphérique, du gaz neuf remplissant la culasse, et des gaz brûlés remplissant le reste du cylindre. En revenant en arrière, le piston comprime ces gaz ; il s'échappe un peu de gaz brûlés par la soupape de décharge qui se rouvre un instant, mais qui est bientôt recouverte par le piston. A partir de ce moment il se fait de la compression et le cycle se ferme alors dans un tour de manivelle, c'est-à-dire en deux temps.

Après quelques tours, le tube est assez chaud, pour qu'on puisse éteindre la lampe d'allumage, et l'allumage devient spontané.

Le carburateur Loyal est intéressant aussi. Il se compose de deux réservoirs superposés ; le réservoir supérieur est garni d'essence, et il communique avec l'inférieur, par une petite soupape. Ce réservoir inférieur est d'ailleurs relié d'une part à la soupape d'admission et de

l'autre à un tube débouchant à l'air. Enfin le réservoir inférieur renferme encore une roue à ailettes, qui tourne quand l'appel du piston aspire de l'air à travers sa capacité. Dans la phase d'admission, l'air est donc aspiré dans le réservoir inférieur; la soupape le reliant au réservoir supérieur débite une goutte d'essence, la roue à ailettes brasse le mélange et il va au cylindre de l'air carburé formant avec l'air un mélange homogène. La tension du ressort de la soupape et l'ouverture plus ou moins étranglée du tube à air permettent de faire varier la richesse du mélange.

Moteur Briggs.

Ce moteur est à deux cylindres, à deux temps; on obtient donc une impulsion motrice par tour dans chacun d'eux.

La constitution de cette machine est tout à fait neuve et originale: les cylindres moteurs présentent vers leur extrémité inférieure des diaphragmes, fermés par une large ouverture, pourvue d'une soupape; on peut donc dire que chaque cylindre est prolongé par une chambre avec laquelle il se trouve mis en communication par un grand orifice pouvant être obturé quand le fonctionnement du moteur le demande. C'est dans ces chambres que se font l'allumage et l'explosion de la charge tonnante.

La compression est faite en dehors des cylindres par une pompe à double effet, dont chaque extrémité dessert un des cylindres moteurs. Cette pompe refoule de l'air vers ces cylindres à travers des vaporisateurs à serpentin, qui reçoivent le pétrole et sont chauffés par des lampes spéciales.

Le mélange ainsi formé est dirigé dans des prolongements tubulaires des chambres d'allumage et d'explosion des cylindres: la figure 196 montre la disposition d'un cylindre et de sa chambre.

La soupape *S* du diaphragme est portée par une tige creuse, présentant un orifice *a*, destiné à faire passer le mélange dans la chambre *A*; on y a pratiqué, d'autre part, une échancrure *b*, qui, venant se placer en face de l'ouverture d'allumage *c*, permet à la flamme de la lampe d'opérer la mise de feu du mélange explosif. La soupape d'échappe-

ment est disposée sur le côté en S'; le piston porte un butoir inférieur B. Voici dès lors comment se déroule le cycle d'opérations.

L'explosion ayant conduit le piston en haut de sa course, la soupape S s'ouvre et elle livre issue aux gaz brûlés refoulés par la descente

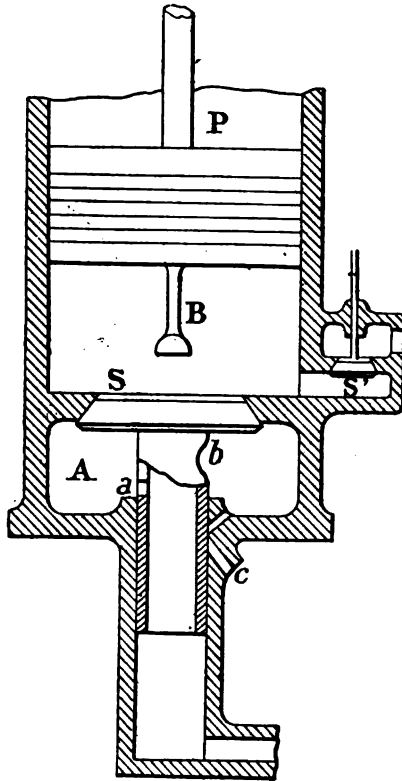


Fig. 196

du piston. En même temps, l'air carburé débité par la pompe de compression exerce sa pression dans la tige creuse de la soupape S, la fait monter, démasque ainsi le trou *a* et pénètre dans la chambre A, séparée du cylindre par l'obturation de l'ouverture du diaphragme. Mais cette obturation ne dure pas longtemps, attendu que le butoir B du piston force bientôt la soupape à s'ouvrir. Le mélange remplit donc la chambre et l'espace resté libre sous le piston. C'est alors que

l'échancrure *b* se présente devant *c* pour effectuer l'allumage. L'explosion a lieu et chasse de nouveau le piston vers le haut du cylindre.

Les cycles sont croisés de telle sorte qu'un des pistons soit au point mort supérieur, tandis que celui de l'autre cylindre est au point mort inférieur ; la soupape d'échappement d'un des cylindres est fermée, alors que l'autre est ouverte. On voit donc qu'à tout instant une des chambres est remplie par une charge de mélange comprimé et que le moteur peut être mis en marche automatiquement, sans qu'il soit nécessaire de lui donner une impulsion en tournant une manivelle.

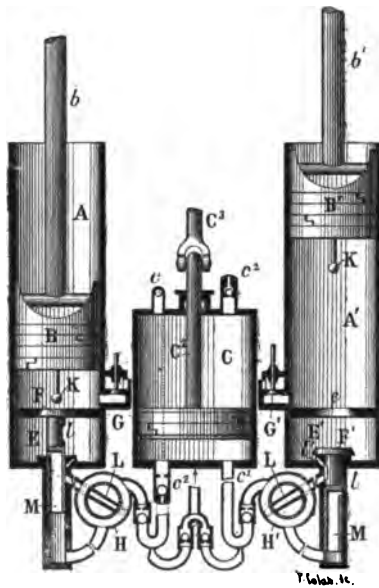


Fig 197. — Moteur Briggs (L. A.).

Tout cela est ingénieux, mais un peu compliqué ; le rôle du butoir B pourrait bien donner des mécomptes après un fonctionnement prolongé.

La figure 197. montre la disposition relative des deux cylindres conjugués A et A', entre lesquels est installée la pompe C à double effet, chargée de comprimer l'air et de desservir par chacune des faces de son piston un des cylindres moteurs. Le mélange comprimé est conduit par les tuyaux *h* aux vaporisateurs H constitués par deux parois con-

centriques et tronconiques entre lesquelles sont logés des serpents. C'est dans les chambres E que se fait l'allumage et l'explosion; les gaz brûlés s'échappent par les soupapes latérales C.

Moteur Preston-Cohendel.

Ce moteur, qui est à deux temps, sera facilement décrit, si le lecteur nous permet de le renvoyer à la monographie du moteur Ravel, faite précédemment (1).

A l'Exposition de l'Automobile-Club, de 1898, cette machine attirait l'attention, parce qu'un prospectus annonçait aux visiteurs qu'on avait réussi à supprimer les cames et l'arbre de distribution qui les porte d'ordinaire; cette revendication était juste, mais les ingénieurs compétents l'avaient déjà entendue à la section américaine de l'Exposition de 1889 et elle a été répétée plusieurs fois depuis lors. Il est si difficile d'être neuf en 1898!

Le carter, dans lequel tourne la manivelle, forme caisse hermétiquement close; elle tient lieu de chambre de compression. Le bâti constitue lui-même un réservoir à pétrole fermé, dans lequel s'exerce la pression de l'air comprimé. Le moteur est du type à pilon; la face supérieure du piston reçoit l'impulsion de l'explosion, sa face inférieure est utilisée à comprimer l'air dans le carter clos et dans le bâti. Le piston est d'ailleurs distributeur, car il découvre des ouvertures d'admission et de décharge, pratiquées dans la paroi.

Cela posé, voici comment fonctionne la machine :

Supposons le piston en haut de sa course : l'explosion le ramène de haut en bas, et les gaz brûlés se détendent jusqu'à ce que le piston découvre un orifice D, placé vers le milieu de sa course, par lequel se fait la décharge. Le piston descendant plus bas encore, découvre l'orifice A d'admission de l'air carburé, envoyé sous pression dans le cylindre, avec l'air pur qu'il lui faut. Un déflecteur, porté par le piston, empêche le mélange de s'échapper par l'orifice de décharge. La charge faite, le piston remonte, comprime les gaz, puis l'allumage a lieu, et enfin l'explosion.

(1) Tomo II, page 178.

Il nous reste à dire comment s'opère la compression de l'air dans le carter. Un orifice *a*, percé à travers la paroi du cylindre et s'ouvrant à l'air extérieur, est découvert par le piston pendant une fraction de sa marche ascendante et le vide ainsi produit dans le carter donne lieu à une entrée d'air ; la descente du piston amènera l'obturation de cet orifice et produira une compression dans le carter.

La position des orifices est donc la suivante sur le cylindre :

- D décharge.
- A admission du mélange tonnant.
- a* entrée de l'air dans le carter.

Le carburateur est constitué par la rencontre de deux tuyaux, amenant l'un de l'essence prise dans le bâti et l'autre de l'air comprimé à cet effet dans le carter ; une nervure contre laquelle se brise le jet d'essence, opère sa pulvérisation.

Ce moteur paraît bien convenir aux marches à très grandes vitesses.

L'allumage est fait par une machine statique très originale, qui permettait à M. Cohendet d'annoncer qu'il faisait de l'allumage électrique sans piles, ni accumulateurs, ni bobines d'induction.

Moteur Bernardi.

Ce moteur a été proposé par M. le professeur Bernardi, de Padoue, et bien que ce ne paraisse être qu'une ingénieuse fantaisie, nous lui consacrerons une courte description, parce que cette machine présente quelques dispositions nouvelles.

Et d'abord, la régulation s'opérerait en maintenant la soupape de décharge ouverte aussitôt que la vitesse deviendrait trop grande : la soupape automatique d'admission cesserait donc de s'ouvrir. C'est un mode employé depuis longtemps, mais encore rare dans les moteurs de voitures.

Un heureux dispositif assure le bon fonctionnement des soupapes : on les voit sur la partie numérotée 1 de la figure 198 ; A est la soupape d'admission, D celle de la décharge. Le levier L ouvre cette dernière en appuyant sur sa tête ; mais son extrémité arrière est munie

d'un ressort R, qui vient alors buter contre la tige de la soupape d'admission et la maintient hermétiquement fermée.

L'allumage est effectué par une corbeille de fils de platine fonction-

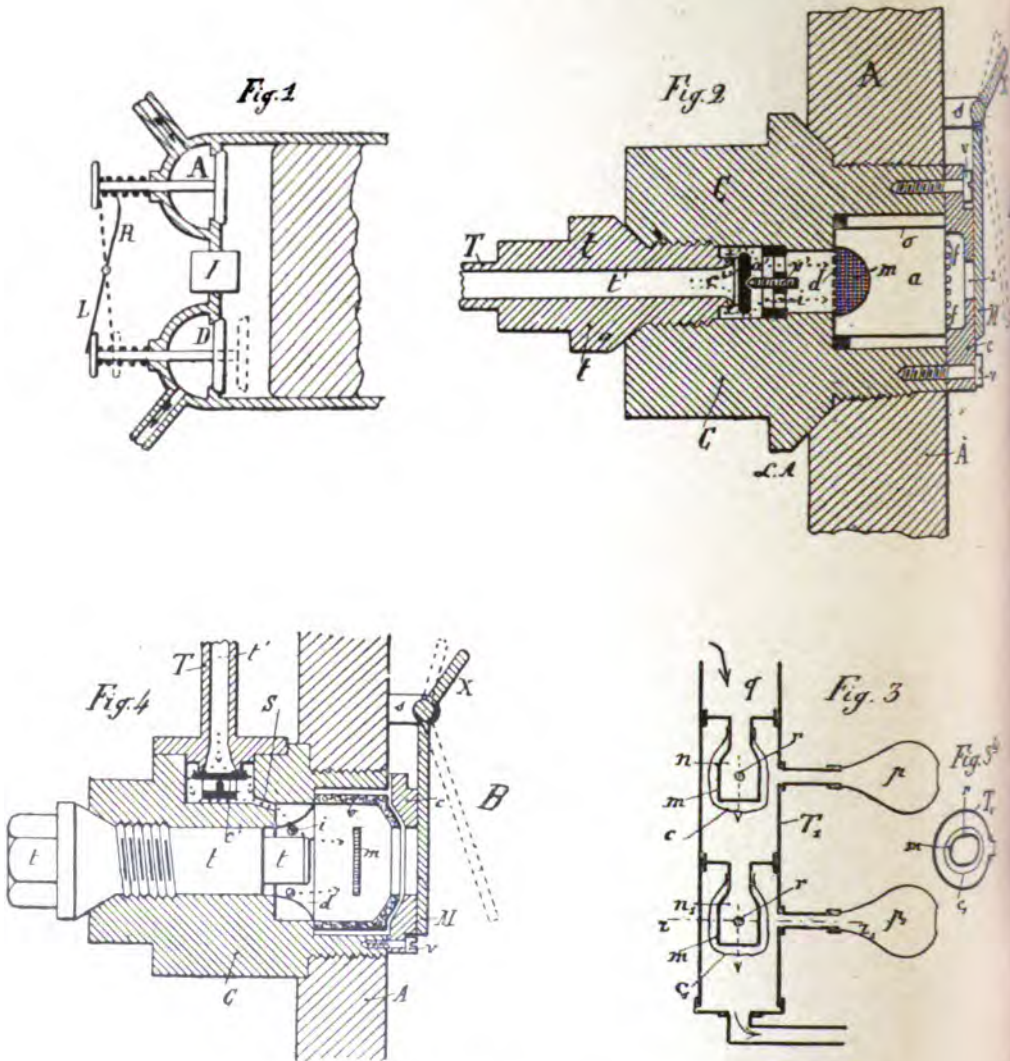


Fig. 198. — Moteur Bernardi (L. A.).

nant à la façon du thermocautère de Paquelin; cet organe est figuré en 2. Il est fixé sur le fond B du cylindre; *m* est la corbeille de fils de platine; le mélange tonnant, comprimé dans la culasse, est mis en communication avec la chambre *a* par les trous *f*, trop petits pour que la flamme puisse se propager à travers eux; le volet *r* venant à se soulever, la déflagration a lieu. Ce mécanisme est primitif et ne résisterait pas longtemps à l'usage, mais il peut être modifié. Ainsi en 4, on voit une autre forme d'allumeur. Le tube T permet d'établir sur *m* une circulation de gaz chaud, alors que le régulateur maintient la décharge ouverte, et conserve au platine la température de 250° qu'il lui faut pour lui permettre de remplir sa fonction.

Pour la mise en route, il fallait dévisser l'allumeur et y souffler de l'air carburé par les poires *p*, visibles en 3. Cette manœuvre a été simplifiée dans un dernier projet de M. Bernardi, dont nos lecteurs trouveront la description dans la *Locomotion Automobile*.

Moteur Loutzky.

Voilà un moteur spécialement étudié par un ingénieur russe pour les bicyclettes. Tout le mouvement du moteur, ainsi que le mécanisme de distribution, est logé dans une cage fermée *a* servant de support au cylindre. Pour gagner de la place, l'arbre *i*, tournant dans les paliers du carter, porte d'un côté le volant *k* et de l'autre la roue dentée *l* engrenant sur la roue *m* de l'arbre de distribution à demi-vitesse. Ce dispositif est donc fort ramassé et très compact.

La soupape d'admission *e* ainsi que celle d'admission sont toutes deux commandées; le mouvement reçu d'une came *m* leur est transmis par les leviers *f* et *g* et par les tringles *d* et *e*, situées dans le même plan. Les rampes de la came sont à 90° l'une de l'autre; l'épaulement *r* attaquant le levier *f* permet de donner de l'avance à l'échappement, attendu que le bec plus court du levier *g* n'est pas touché par ce cran.

Ces dispositions sont réellement originales et elles ne sont pas compliquées.

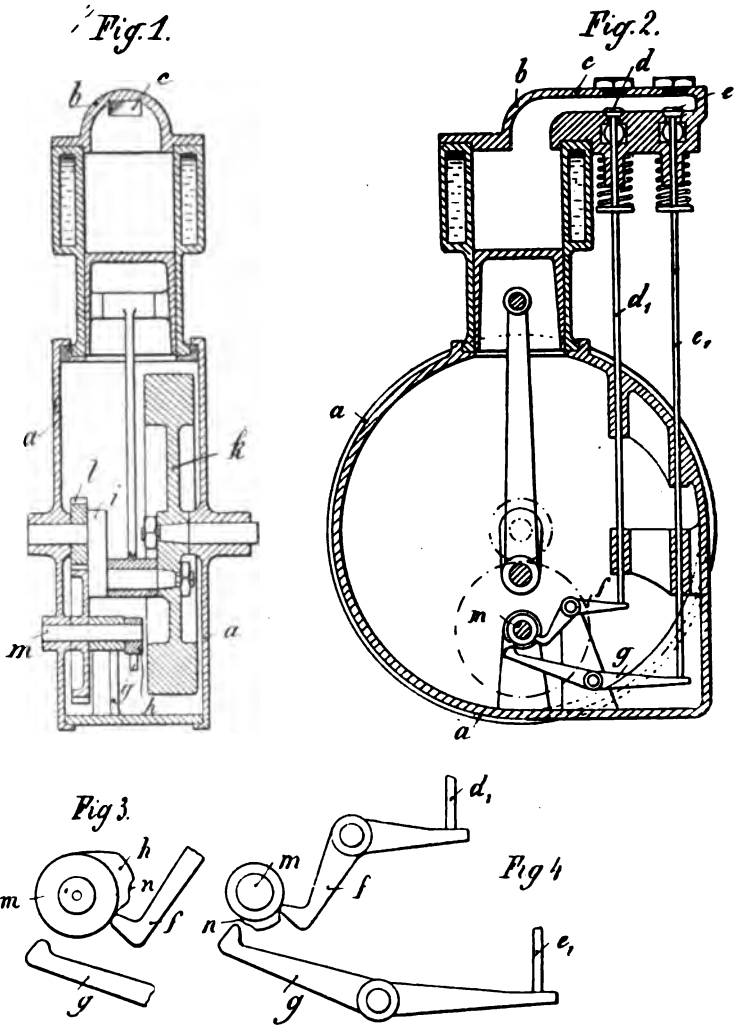


Fig. 198 bis. — Moteur Loutzky (L. A.).

Moteur Duryea.

Bien que cette voiture se soit signalée dès l'année 1896 par le succès qu'elle remporta en Amérique, au concours du *Times Herald*, nous

possédons peu de renseignements sur son moteur, qui paraît être un moteur à combustion. L'explosion ne s'effectuerait pas dans le cylindre même, mais dans un réservoir séparé, jouant en quelque sorte le rôle d'une chaudière vis-à-vis d'une machine à vapeur. Ce réservoir distribue, dit-on, les gaz sous pression au cylindre. L'essence arrive dans un gros tube où elle s'évapore; les vapeurs carburées passent ensuite dans un brûleur muni d'un ajutage cylindrique débouchant dans ce que nous appellerons le réservoir-chaudière. Un tuyau de communication, établi entre ce réservoir et celui qui débite l'essence, égalise la pression dans ces enceintes et permet l'écoulement du liquide.

Ce type de moteur paraissait appelé à un grand avenir puisqu'il a permis de couvrir 90 kilomètres de routes détestables en 9 heures, avec une consommation de 16 litres d'essence; mais voilà trois ans qu'on attend en Europe de mieux connaître cette curieuse invention américaine.

Moteur Kane-Pennington.

Cette machine nous vient aussi d'Amérique; mais nous ne sommes guère mieux documentés sur elle que sur la précédente.

Nous avons décrit précédemment un moteur de ce type (1), qui constitue une nouveauté, par l'emploi qui y est fait de l'électricité pour la vaporisation de l'hydrocarbure; nous ne reviendrons pas sur les détails déjà fournis.

Rappelons seulement l'extrême légèreté de ces machines; en effet, un moteur de 56 kilogrammètres ne pèse que 13 k. 5; on obtient le cheval par un cylindre de 62 millimètres de diamètre avec 0^m,15 de course, construit en tube d'acier étiré: à partir de 6 chevaux, le poids par cheval n'atteint pas 6 kilogrammes. La maison Kane a même établi, dit-on, un modèle spécial pour automobile pesant 8 kilogrammes et développant 4 chevaux par 700 révolutions.

Avec une batterie de 500 grammes et un réservoir de pétrole, ce moteur, équipé sur une bicyclette de 26 kilogrammes, a permis de courir sur piste le kilomètre en 28 secondes. Les roues ont seulement 0^m,54 de diamètre; elles sont actionnées directement par le moteur.

(1) Voir en ce même volume, page 355.

On dit que l'on a pu faire donner au moteur 2000 tours par minute : c'est un véritable tour de force.

La légèreté du moteur a permis de constituer une bicyclette tandem à deux cylindres pesant 48 kilogrammes; une victoria à trois places pèse 180 kilogrammes. Ce dernier véhicule, chargé de trois voyageurs, a parcouru 40 kilomètres à l'heure sur une route macadamisée.

L'automobile Kane-Pennington était inscrite pour le concours de Chicago, de novembre 1895; il est regrettable que le mauvais temps l'ait empêché de faire ses preuves.

M. Kane a imaginé de fermer le cylindre moteur par une sorte d'entonnoir en mousseline imperméabilisée par un enduit d'huile de lin cuite; un anneau élastique serre le tissu sur la paroi intérieure du cylindre, tandis que la bielle en traverse l'ouverture; sa flexibilité est telle qu'il ne se déchire pas et ne paralyse en rien ses mouvements. On évite ainsi l'entrée des poussières de la route dans le cylindre. L'admission d'air est protégée par une éponge humide, qui barre aussi le chemin aux impuretés qui pourraient obstruer les passages.

Pour les automobiles, on emploie de préférence la gazoline; débitée par un réservoir supérieur, elle arrive par son poids sur la soupape d'introduction du liquide.

Nous avons dit qu'il est inutile de réfrigérer le cylindre par une enveloppe d'eau et nous en avons expliqué les raisons.

La marche arrière est obtenue par le décalage de la roue dentée commandant l'arbre de distribution à demi-vitesse.

Les intéressés déclarent que la marche est silencieuse et la décharge sans odeur.

Dans le dernier modèle de ce moteur, la course a été prolongée au delà de deux diamètres et demi et cet allongement a eu pour effet d'abaisser considérablement la pression finale après détente; cela expliquerait l'absence de bruit et d'odeur constatée.

Le moteur est disposé horizontalement à l'arrière de la bicyclette qu'il fait mouvoir; le réservoir à essence est couché sur le cylindre, en travers de son axe. La soupape d'admission est commandée par un toc à glissière; l'échappement se fait par une soupape placée en dessous. On règle la vitesse en modifiant la richesse du mélange.

Notons que les pneus des roues ont 100 millimètres de diamètre, la jante ayant 550 millimètres. On prétend que la bicyclette ne pèse

que 25 kilogrammes et qu'elle peut développer sur palier des vitesses énormes. Mais ces renseignements nous viennent d'Amérique ; nous dégageons notre responsabilité en indiquant leur origine.

Moteur Freeble.

Dans son numéro du 8 septembre 1898, la *Locomotion Automobile* a décrit un moteur à poudre; l'idée de Huyghens revient donc au jour, après plus de deux siècles d'oubli. Les grains de poudre tombent dans la culasse du cylindre et s'enflamment au contact d'un fil en platine maintenu à l'incandescence par un courant : un raté dans la mise de feu n'a pas l'inconvénient de provoquer une accumulation dangereuse de produits tonnants, car les grains qui n'auraient pas déflagré tombent aussitôt dans le canal d'échappement, qui s'ouvre en dessous de l'orifice d'admission. Le fond de la culasse renferme un piston à ressort pour atténuer la violence du choc.

Il est possible qu'un tel moteur puisse être appliqué avec succès aux voitures ; mais on devra veiller à ce que la réserve de poudre ne prenne pas feu.

Carburateur Longuemare.

Comme tous ceux auxquels on donne aujourd'hui la préférence, ce carburateur est à niveau constant : un récipient est donc en communication avec le réservoir de la voiture et l'essence y arrive en traversant un ajutage conique, servi par une tige à pointe manœuvrée par un flotteur sphérique, occupant le centre du récipient.

Le carburateur proprement dit communique librement avec le récipient que nous venons de décrire, lequel y maintient l'essence à niveau constant : le liquide baigne des rainures pratiquées sur la surface extérieure d'une sorte de chalumeau tronconique, placé au centre du récipient ; l'air à carburer est admis par une ouverture latérale et des chicanes l'obligent de se briser contre le chalumeau, avant de s'engager dans l'axe vertical du carburateur. Un entonnoir entoure d'ailleurs le chalumeau et augmente la vitesse du courant d'air léchant les rainures, de manière à mieux assurer l'entraînement du carbure.

L'air pur à mélanger à l'air carburé est admis par le haut de l'appar-

reil et il arrive en sens contraire de l'air carburé, avec lequel il se mêle intimement avant de déboucher par l'orifice latéral de sortie. Un robinet doseur permet de régler la proportion du combustible et du comburant.

Ajoutons que l'air admis au carburateur pour y être saturé de vapeur d'essence peut être chauffé avant son entrée.

Cet appareil est très bien conçu et il fonctionne parfaitement.

Carburateur Chauveau.

Ce carburateur, qui est adopté par plusieurs constructeurs de voitures automobiles et dont nous avons déjà donné plus haut une description sommaire, est à la fois vaporisateur et pulvérisateur. Sa chambre cylindrique communique d'une part avec l'air extérieur, par un large orifice supérieur, et avec le moteur d'autre part, par l'intermédiaire d'une couronne circulaire d'orifices percés à la base de l'appareil; l'essence est débitée par un tuyau débouchant latéralement à la partie inférieure de la chambre et se relevant verticalement le long de l'axe; il forme ainsi une colonne centrale, constituant le pulvérisateur. Dans cette colonne se trouve une soupape maintenue par un ressort et terminée par un fourreau perforé, qui ferme, en temps normal, l'entrée de l'air et l'écoulement de l'essence. Lors de l'aspiration du moteur, le vide produit soulève la soupape de son siège et le fourreau descend de façon à amener ses trous en face d'une gorge de la soupape remplie d'essence. L'aspiration fait jaillir un jet de liquide qui se brise contre les parois de la chambre; il se forme ainsi un brouillard de carbure, qui est entraîné et vaporisé par le courant d'air.

L'essence est débitée par un réservoir à flotteur, qui maintient la constance du niveau à la façon ordinaire.

Refroidisseur Grouvelle et Arquembourg.

MM. Grouvelle et Arquembourg construisent un refroidisseur d'eau qui a été appliqué par de nombreux constructeurs sur leurs voitures à pétrole, et notamment par la maison Panhard et Levassor.

Il est constitué par des tuyaux en cuivre de 15 millimètres de dia-

mètre intérieur, munis d'ailettes rectangulaires de 35 sur 45 millimètres en fer ou en aluminium; ce dernier métal ne donne d'autre avantage que celui qui résulte de sa faible densité.

Le plus généralement, le tube a la forme d'un serpentin à plusieurs étages, dont les branches sont écartées de 50 à 60 millimètres d'axe en axe. Quelquefois aussi, des tubes droits sont engagés entre deux collecteurs d'entrée et de sortie de l'eau, cloisonnés de telle sorte que l'eau traverse les tuyaux en série.

Les ailettes sont toujours parallèles à l'axe longitudinal de la voiture; le refroidisseur est d'ailleurs placé entre réservoir et pompe.

Il faut en moyenne 2 mètres de tuyau par cheval de puissance; à la vitesse moyenne de 20 kilomètres à l'heure, on peut parcourir 200 kilomètres sans avoir à prendre d'eau froide.

Le prix d'un tuyau est de 10 francs par mètre avec ailettes en fer; un coude coûte 1 fr. 50. Nous citons ces prix, contre notre habitude, pour permettre de se faire une idée de ce que peut coûter un refroidisseur en général.

III

Les mécanismes de transmission.

Il serait impossible de commander directement les roues des voitures automobiles par des moteurs qui font généralement plusieurs centaines de tours à la minute; d'où la nécessité d'employer, comme réducteurs de vitesse, un ou plusieurs arbres intermédiaires.

Nombreux sont les moyens possibles de conjugaison entre ces arbres. Sans avoir la prétention de les décrire tous, nous croyons nécessaire néanmoins de faire connaître les mécanismes les plus généralement employés, qui sont partant réputés les meilleurs.

Mais avant d'aborder cette étude, disons que le mouvement de l'arbre intermédiaire doit pouvoir être ralenti à volonté, pour une vitesse constante du moteur: il faut donc une conjugaison à deux, trois, voire

Fig. 1

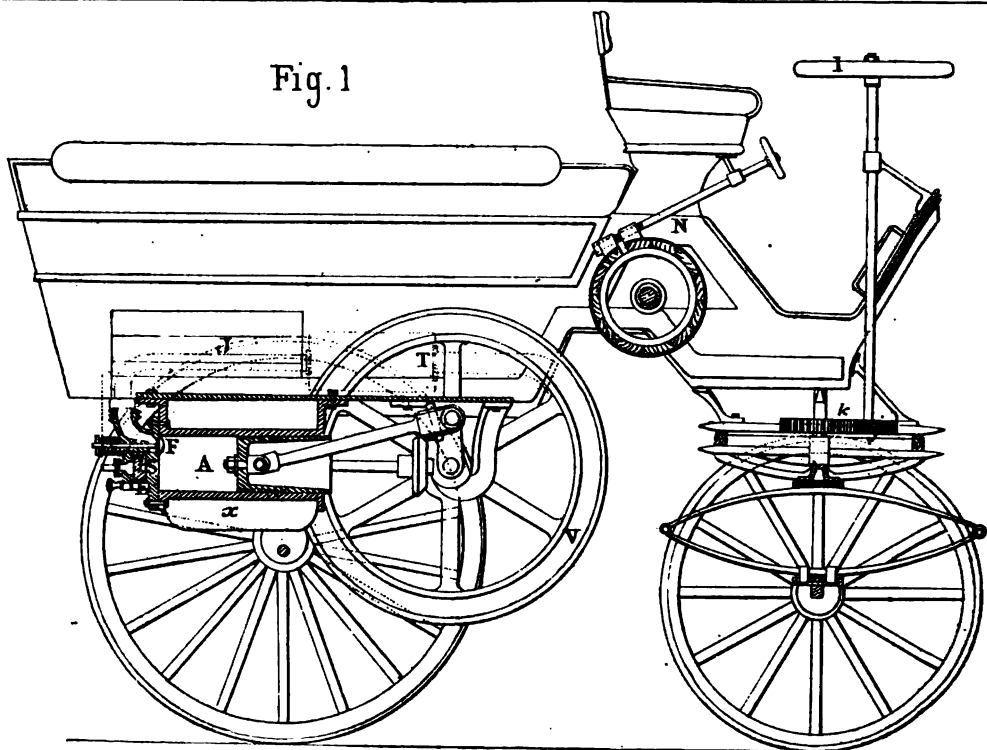


Fig. 2

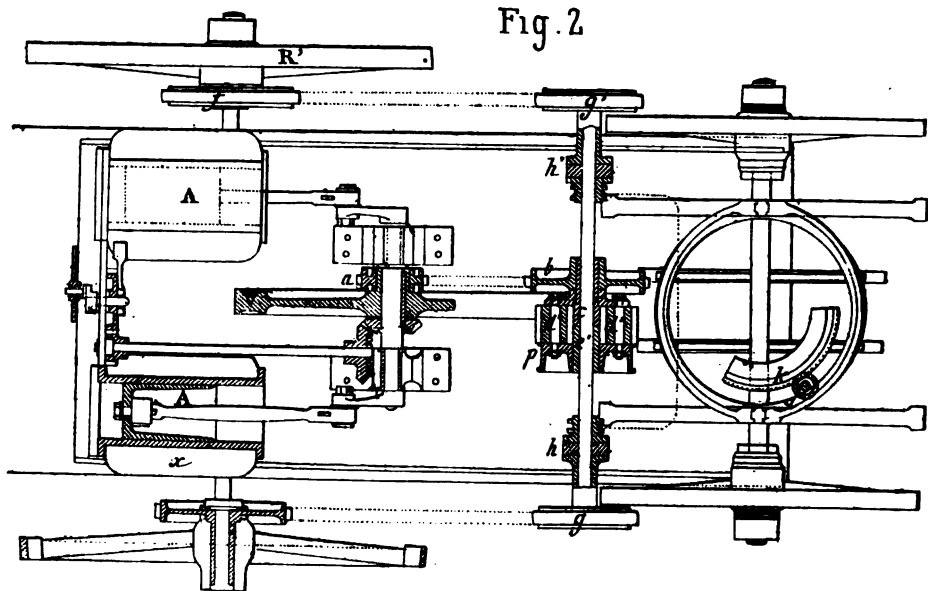


Fig. 199. — Voiture D lam

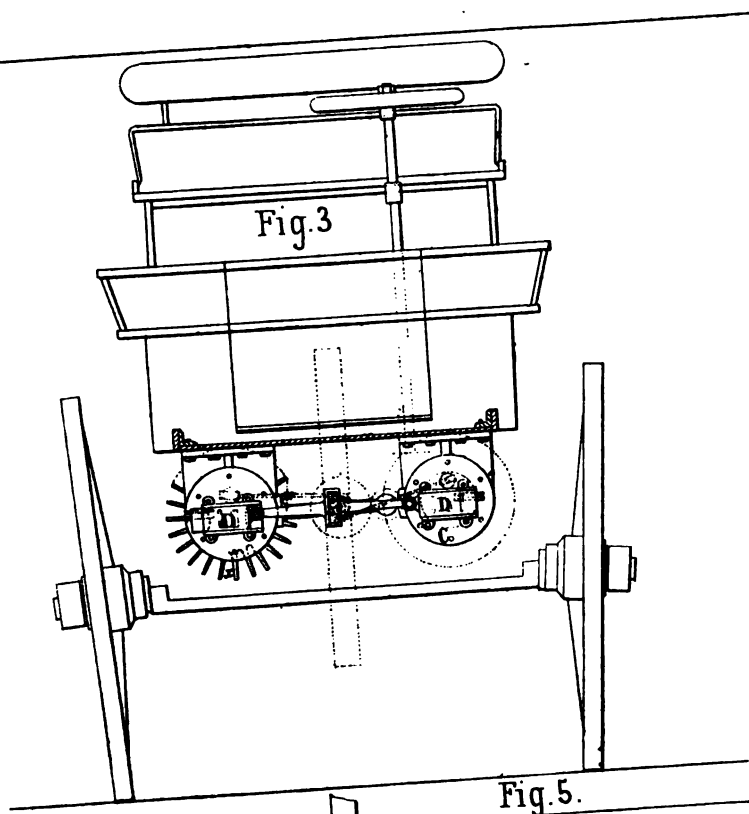


Fig. 3

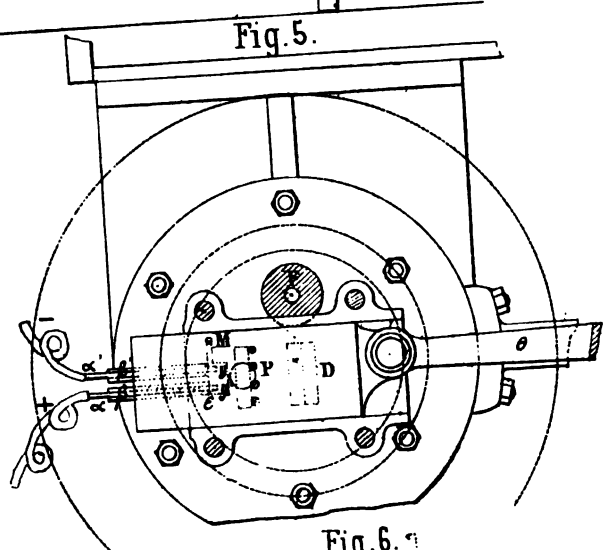


Fig. 5.

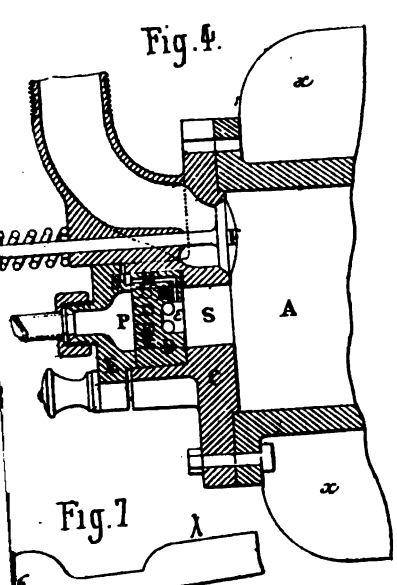


Fig. 4.

Fig. 1

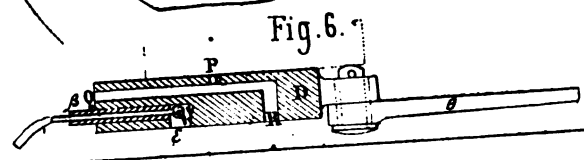


Fig. 6.

Butteville et Nalanda.

même quatre régimes variables de marche (1). Un embrayage doit même permettre de découpler le moteur de la transmission, de manière à ce qu'on puisse arrêter la voiture sans arrêter le moteur, et mettre le moteur en train à l'arrêt de la voiture.

De l'arbre intermédiaire, le mouvement passe aux roues motrices de la voiture soit directement, soit à l'aide de pignons dentés, de chaînes, quelquefois même de courroies.

Enfin, il faut surmonter une difficulté particulière présentée en voie courbe. Dans les virages, en effet, la roue motrice placée à l'intérieur de la courbe parcourt moins de chemin que celle qui est placée à l'extérieur : ces roues ne peuvent donc pas être solidaires l'une de l'autre, car elles feraient alors le même nombre de tours et l'une d'elles serait obligée de glisser sur le sol. Il est donc nécessaire de pouvoir, à un moment donné, rendre les roues indépendantes ; la vitesse de l'une pourra ainsi diminuer alors que l'autre augmentera ; mais cet effet doit-être réalisé sans nuire à la transmission des efforts. Ce résultat est obtenu par l'emploi d'une combinaison d'engrenages permettant de répartir un effort moteur unique entre deux arbres isolés, qui se partageront l'effort de la machine et sa vitesse. Cet appareil se nomme le *différentiel*.

Ce peu de mots suffit pour faire apprécier la complication du problème et la multiplicité des solutions qu'il comporte.

La variété des combinaisons obtenues avec les éléments dont disposent les mécaniciens rend très difficile l'établissement d'une classification rationnelle des nombreux types de voitures créés en ces derniers temps.

Nous manquerions d'ailleurs au programme de cet ouvrage en développant trop longuement ici des questions qui ne se rapportent pas directement aux moteurs à gaz tonnants. Nous nous contenterons donc d'étudier les organes qui transmettent l'énergie développée par le moteur à l'essieu de la voiture automobile.

Commençons par les engrenages.

(1) Quelques constructeurs ralentissent la marche de la voiture en ralentissant la marche du moteur par une variation de la richesse du mélange tonnant : cette pratique est peu satisfaisante, car elle conduit à des combustions incomplètes et à des ratés d'allumage dont le moindre inconvénient est de produire des décharges nauséabondes et de conduire à des consommations excessives.

C'est le mode le plus courant et le plus employé; les roues dentées ont l'avantage d'exiger peu de place et de permettre de rapprocher très fort les arbres; elles transmettent d'ailleurs l'énergie avec le minimum de perte, du moins quand elles sont correctement taillées et peu usées : par contre, ce sont des organes bruyants, et il faut les renfermer dans des carters bien clos et pleins d'huile pour les protéger contre les poussières et les maintenir dans de bonnes conditions de fonctionnement.

La disposition ordinaire des engrenages est fort simple. Le moteur fait tourner un arbre principal avec une vitesse uniforme; cet arbre porte deux ou trois pignons dentés, dont les diamètres vont en diminuant et qui correspondent aux diverses vitesses qu'on veut développer sur route, en palier, ou en rampe. Ils engrènent avec l'une ou avec l'autre des roues calées sur l'arbre intermédiaire, suivant la position qu'on leur fait occuper sur l'arbre principal, le long duquel le conducteur les fait glisser à volonté. Inutile de dire que la somme des rayons des roues correspondantes doit être constante et égale à la distance des deux arbres.

Généralement les choses sont disposées de telle sorte que le premier cran de la manette fasse engrener le plus petit pignon de l'arbre principal avec le plus grand de l'arbre secondaire; si l'on pousse ensuite la manette, on rompt le contact des deux premières roues et on fait engrener deux autres roues, et ainsi de suite.

Le plus souvent, l'arbre principal se compose de deux parties reliées par un embrayage à friction ou autre, permettant d'immobiliser cet arbre sans arrêter le moteur.

La transmission par engrenages avec changements de vitesse, que nous venons de décrire, était connue et appliquée depuis longtemps dans les machines à outils, quand sont nées les automobiles : aussi n'a-t-on rien eu à inventer et il n'y a eu qu'à adapter et à améliorer.

On a appliqué les engrenages aux cas les plus divers, que les moteurs fussent verticaux ou horizontaux, que les arbres fussent rapprochés ou éloignés, auquel cas on recourait à des chaînes pour relier les roues dentées.

Ce dispositif est celui de la première voiture française, celle de MM. Delamare-Deboutteville et Malandin, brevetée en 1884 et signalée ci-dessus. On retrouve dans le moteur de cette voiture le tiroir avec

allumage électrique par étincelle continue du Simplex. Le dessin est suffisamment clair pour nous dispenser de tout commentaire.

La figure 200 représente les dispositions de la voiture Panhard et Levassor, actionnée par le moteur vertical Phenix, placé à l'avant du véhicule. Le mouvement de l'arbre de couche du moteur est transmis, par un appareil de friction E, à un arbre A placé dans son prolongement et qui constitue l'arbre principal : le moteur peut donc être mis

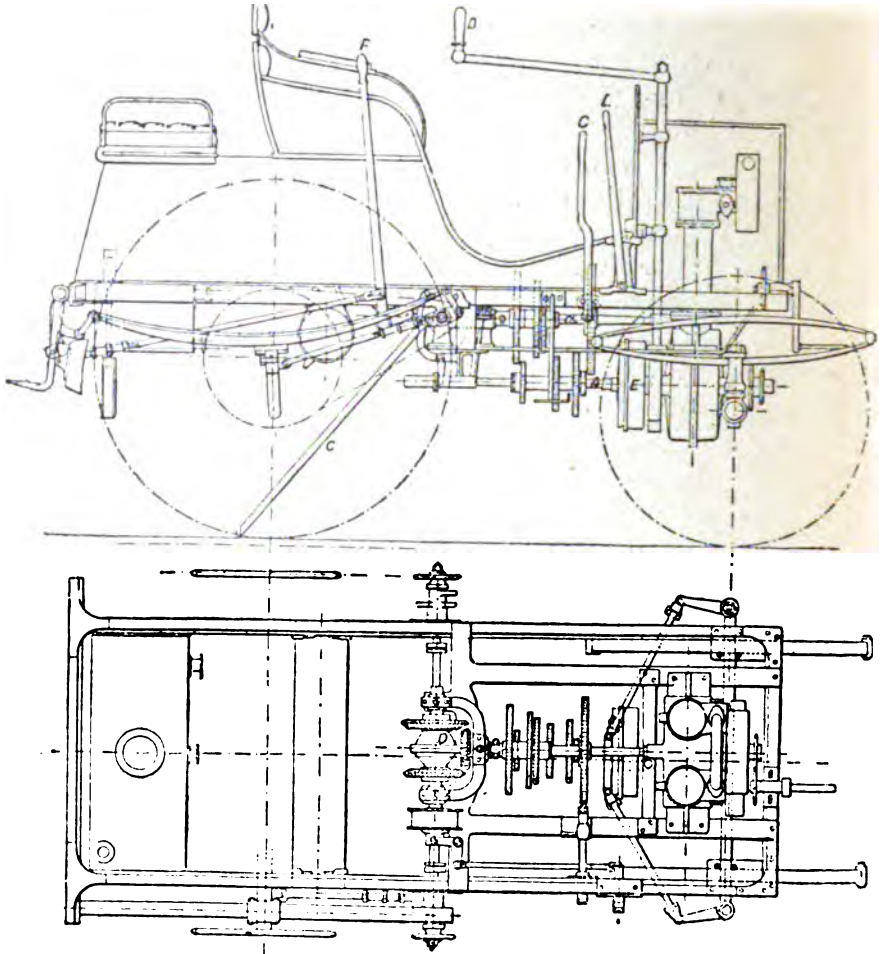


Fig. 200. — Voiture Panhard et Levassor (L. A.).

en train à vide et le démarrage de l'arbre A peut être progressif. L'arbre secondaire *a* est installé au-dessus du premier; l'embrayage de ses divers pignons est fait par le levier G; on obtient à volonté la vitesse de 6, 12, 20 ou 25 kilomètres à l'heure en service courant. Le mouvement passe ensuite à un arbre transversal D, muni du différentiel; la transmission aux roues d'arrière, folles sur leur essieu, s'opère enfin par chaînes et pignons. La direction est, comme toujours à pivots indépendants dits de Janteaud.

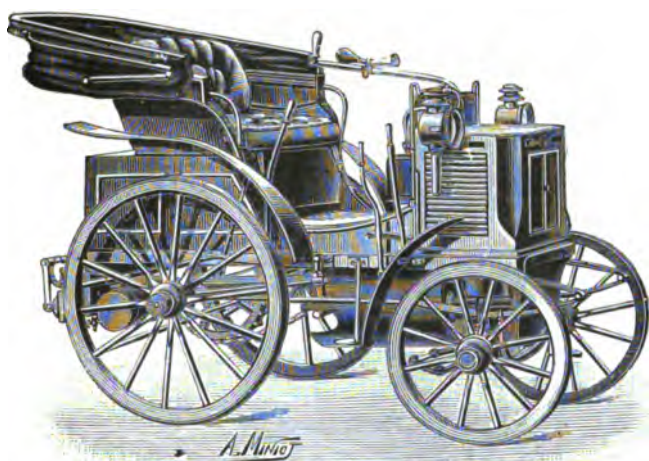


Fig. 201 — Voiture Panhard et Levassor.

Les deux dessins de voitures des figures 201 et 202 permettent d'apprécier les formes de carrosserie imposées par la position à l'avant d'un moteur vertical.

La maison Peugeot a longtemps donné la préférence aux moteurs verticaux, et la figure 203 présente la combinaison primitive de ses transmissions. Le moteur actionnait ainsi un arbre longitudinal, coupé par une friction, et muni des engrenages de transmission et de changement de vitesse. La friction était à poulies coniques, s'engageant l'une dans l'autre, mais maintenues écartées par des ressorts à boudins, assurant une grande douceur de mise en prise. Des engrenages coniques passaient le mouvement à l'arbre muni d'un différentiel commandant par chaîne les roues d'arrière.

Le moteur horizontal dispense du renvoi par roues d'angles : les voitures Peugeot actuellement construites sont toutes de ce genre ; nous n'avons pas à en faire l'éloge, car leur réputation est bien établie.



Fig. 202. — Voiture Panhard et Levassor.

Un grand nombre de voitures sont disposées sur ce modèle, qui est un des plus répandus ; le soin particulier apporté à la taille des dents et l'emploi d'engrenages en cuir vert a permis d'atténuer grandement le bruit de ferraille qu'on reprochait à ce genre de transmissions par engrenages.

La voiture Gautier-Wehrlé mérite une mention particulière pour quelques ingénieux dispositifs. L'embrayage est composé d'un ruban d'acier doublé de cuir, dont les extrémités sont reliées à deux leviers que l'on peut rapprocher ou écarter à l'aide d'une pièce formant coin, manœuvrée par une pédale qui écarte l'extrémité des branches de ces leviers : le ruban d'acier est aussi serré sur la poulie d'embrayage, et il procure une mise en route progressive et sûre. Un pignon fou,

engrenant avec les deux engrenages de la petite vitesse, ceux-ci étant débrayés d'abord, permet la marche arrière. On a supprimé la

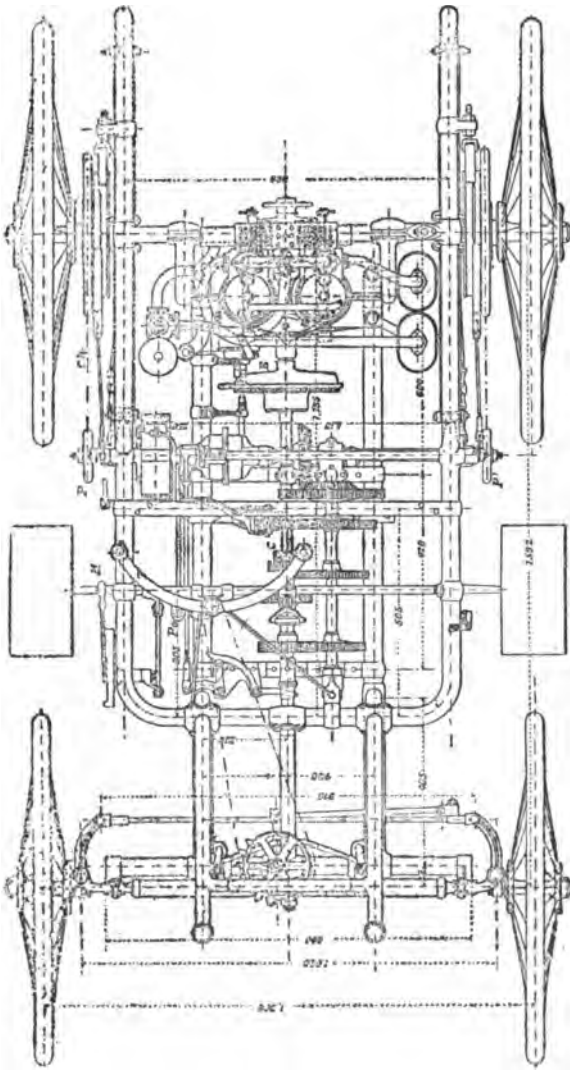


Fig. 203. — Transmission Peugeot (U. A.)

transmission par chaîne en appliquant sur l'essieu moteur un joint universel à rotules composé de deux axes, dont chaque extrémité

porte une tête sphérique traversée par une clavette ; chaque tête s'en-

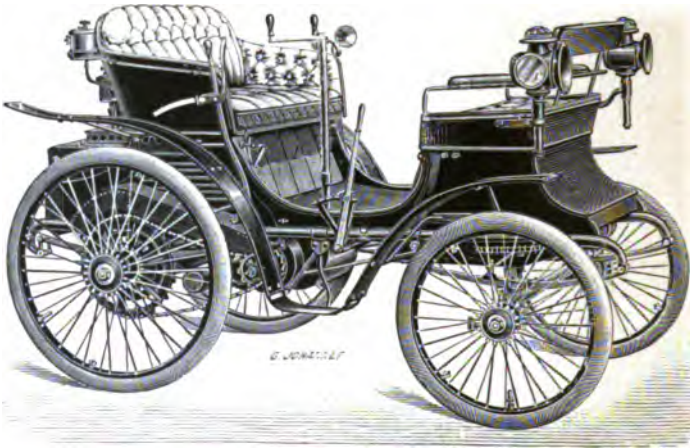


Fig. 204. — Voiture Peugeot.

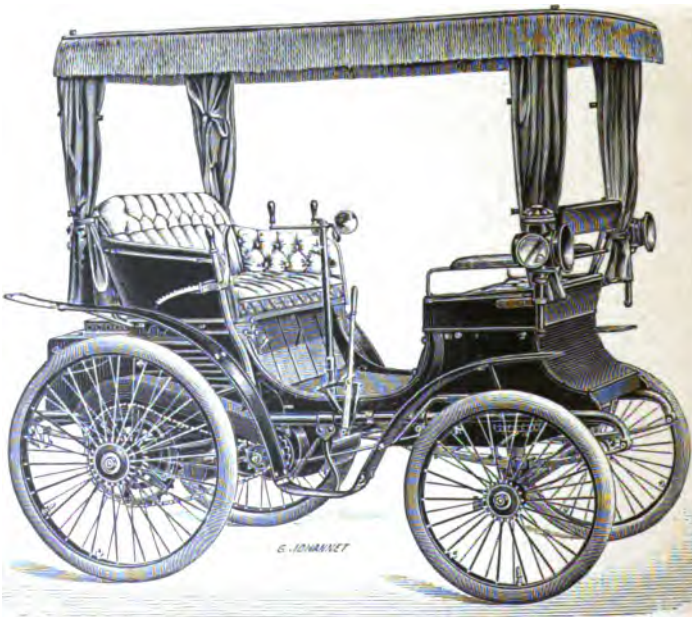


Fig. 205 — Voiture Peugeot.

gage dans un logement cylindrique portant deux rainures, dans lesquelles glissent les clavettes.

La mise en contact des roues dentées, par glissement de ces roues sur leur axe, a le défaut de provoquer des coincements, des chocs et des usures fâcheuses que l'on a cherché à éviter. Parmi les solutions heureuses de ce problème, citons celle qu'a imaginée M. Rossel, constructeur à Lille, et qui est appliquée sur les voitures Rochet, de la Compagnie générale des Cycles.

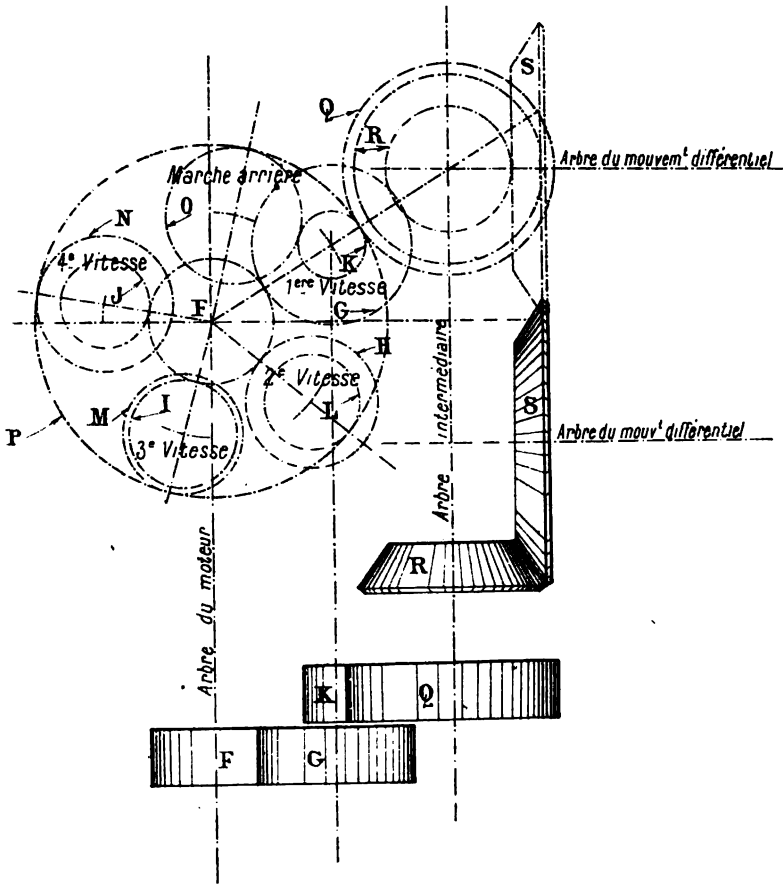


Fig. 206. — Transmission Rossel.

Au lieu de faire venir les engrenages en prise chaque fois qu'on

change de vitesse, par un rapprochement latéral, qui fait buter les dents l'une contre l'autre et ne produit pas un départ immédiat, M. Rossel fait rouler les engrenages les uns sur les autres ; ils s'attaquent donc par la circonférence et non par le flanc. Cet ingénieux dispositif est représenté sur la figure 206.

La roue F est calée sur l'arbre moteur ; elle tourne avec lui et c'est par elle que le mouvement doit être transmis à la roue Q, calée sur l'arbre intermédiaire, et solidaire des roues motrices, par le jeu d'un différentiel.

On obtient ce résultat en plaçant entre F et Q des roues auxiliaires de diamètres différents, qui transmettront le mouvement de l'une à l'autre avec des vitesses variables. Or, la distance des centres FQ est invariable ; il faut donc recourir à un artifice particulier. Il consiste à employer comme auxiliaires des roues doubles, calées sur un même axe, dont l'une G, par exemple, engrène avec F, et l'autre K avec Q. Les diamètres relatifs G et K, H et L, I et M, J et N, donneront ainsi quatre vitesses, dont le conducteur dispose à son gré. Pour effectuer la manœuvre, il suffit que les auxiliaires soient montées sur un arbre porté par un plateau tournant autour de F comme centre, les roues égales demeurant constamment en prise avec la roue principale F, pour qu'un déplacement circulaire de ce plateau amène successivement chacune des auxiliaires en prise avec Q. Un carter de fonte enveloppe ce groupe de roues et les protège contre les poussières tout en les lubrifiant, car il est plein d'huile.

Il est à noter que cette transmission permet aussi la marche arrière.

La figure 207 montre comment M. Rossel avait disposé cet organe de transmission sur la voiture qu'il avait d'abord construite à Lille ; cette voiture elle-même est représentée par la figure 208.

On peut encore éviter les prises de contact des roues par insertion latérale entre leurs dents en multipliant les embrayages ; mais cette solution est coûteuse. La célèbre voiture américaine Duryea nous en fournit un exemple (fig. 209).

J est l'arbre principal dont le vilebrequin est conduit directement par la bielle du moteur ; son mouvement passe à l'arbre transversal K par doubles pignons d'angle, dont un seul est claveté sur l'arbre, l'autre, qui tourne en sens contraire, étant fou. Au-dessous de cet arbre s'en trouve un autre, qui ne peut être visible sur notre plan ;

ces deux arbres parallèles sont reliés par trois paires d'engrenages *l*, *m* et *n*. L'arbre supérieur tourne constamment, et il entraîne l'arbre

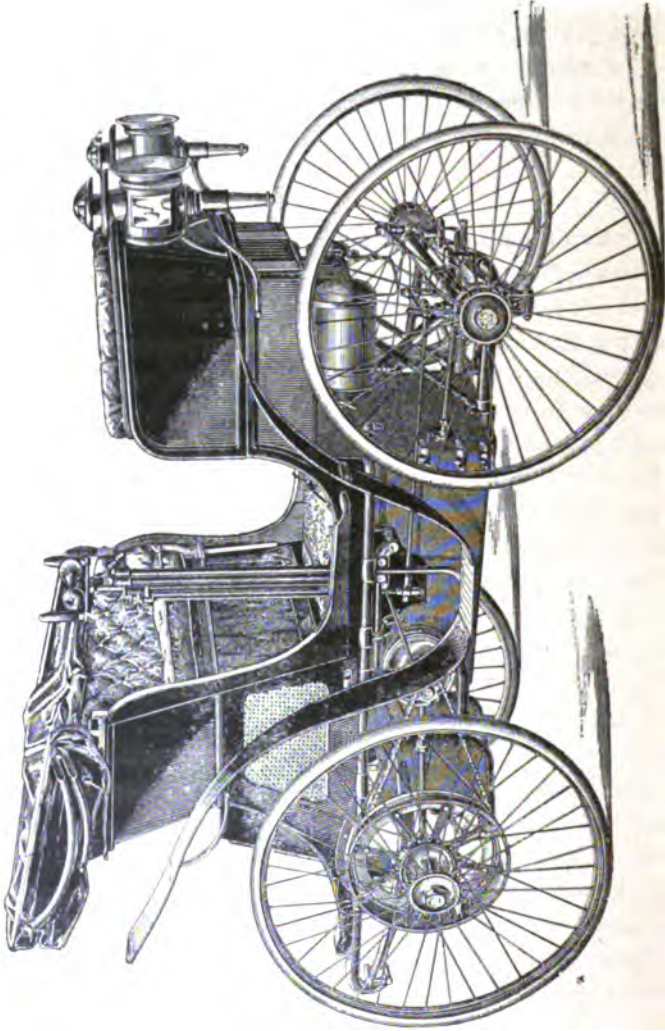


Fig. 208. — Vulture Rossol.

inférieur à des vitesses différentes, qui dépendent de la paire de roues que l'on fait embrayer. Suivant qu'on embraye d'autre part le pignon conique *O* ou *P*, on obtient une marche en avant ou en arrière.

L'arbre inférieur commande, en effet, par la roue d'angle M la roue G calée sur l'essieu moteur d'arrière.

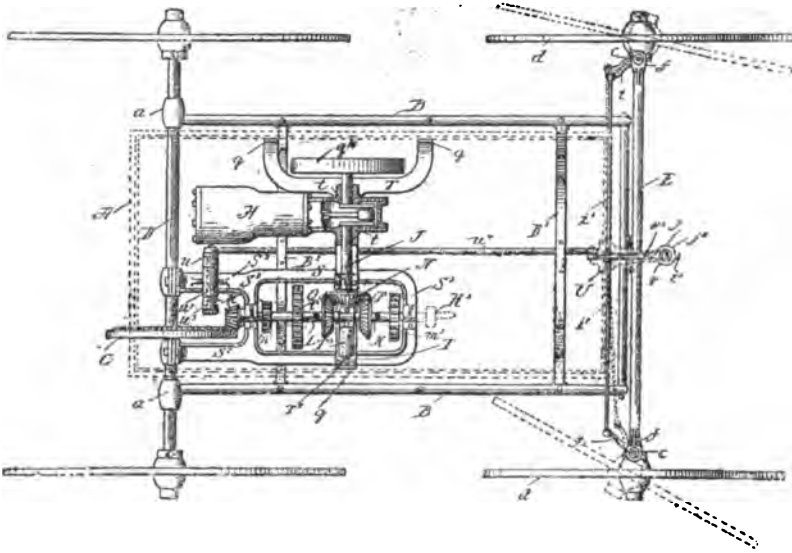


Fig. 203. — Transmission Duryea](L. A.).

Les embrayages sont à friction, par cônes emboîtés; ils sont au nombre de quatre et sont manœuvrés par une tringle unique à bossages, dont les saillies font abaisser des leviers d'équerre et déplacent les cônes de friction. On peut se demander si ce moyen de commande très simple donne une adhérence suffisante et certaine.

Les engrenages ont, dans tous les systèmes que nous venons de décrire, des avantages et des inconvénients, auxquels on attache plus ou moins d'importance, et qui servent de base aux jugements portés par les intéressés. Ceux qui sont touchés plus vivement par les inconvénients forment la clientèle des transmissions par courroie dont nous allons parler maintenant.

Les transmissions par courroies présentent de remarquables qualités au point de vue de l'élasticité, de la douceur et du silence de son fonctionnement. Si elles ne se détendaient pas, si elles ne glissaient pas, si elles ne cassaient jamais, si elles n'exigeaient pas un grand écartement des arbres, nous leur donnerions assurément la

préférence. Quoi qu'il en soit, elles conviennent bien aux voitures légères, et elles rendent bien des services en ce cas.

Un des types de l'application des courroies est la voiture Mors, de la figure 210.

L'arbre moteur horizontal est placé en travers de la voiture et il porte deux poulies G et P, de diamètres différents, très larges, qui commandent, par deux courroies, deux paires de poulies folles et fixes montées sur l'arbre intermédiaire; celui-ci actionne l'essieu moteur

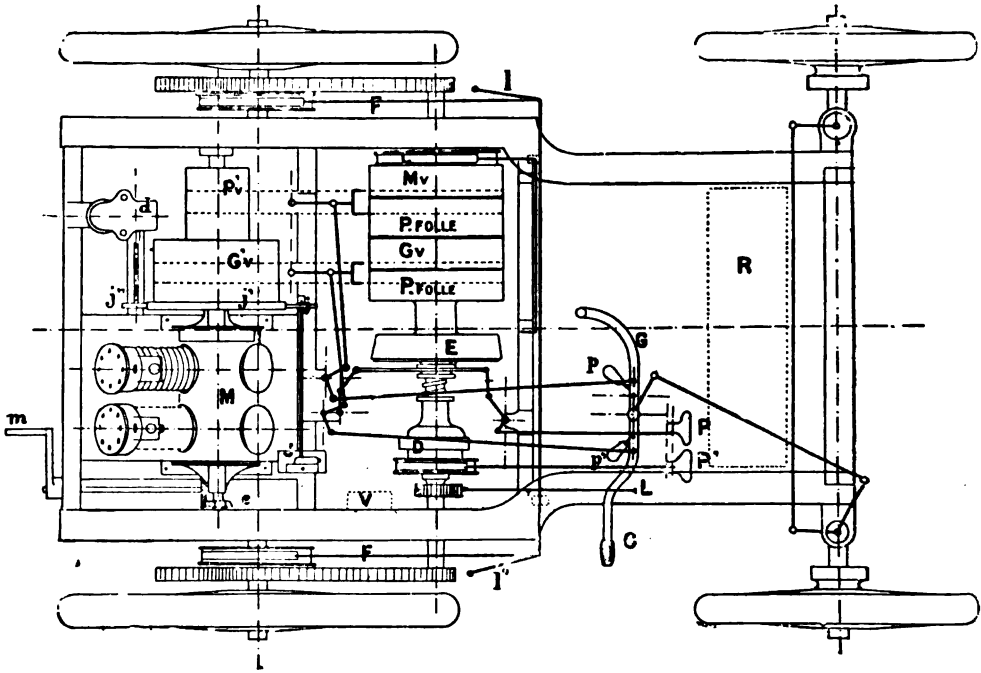


Fig. 210. — Transmission Mors.

par une chaîne de Gall. Deux fourchettes de débrayage, qu'on déplace par les poignées *p* et *p'*, permettent de faire passer les courroies des poulies folles sur les poulies fixes et réciproquement. On ne saurait assurément trouver rien de plus simple que ce dispositif.

La transmission Delahaye est effectuée d'après les mêmes principes : A est le moteur, E et E' les jeux de poulies, J le différentiel, G le frein.

M. Mors a aussi adopté un dispositif à courroies et cônes étagés,

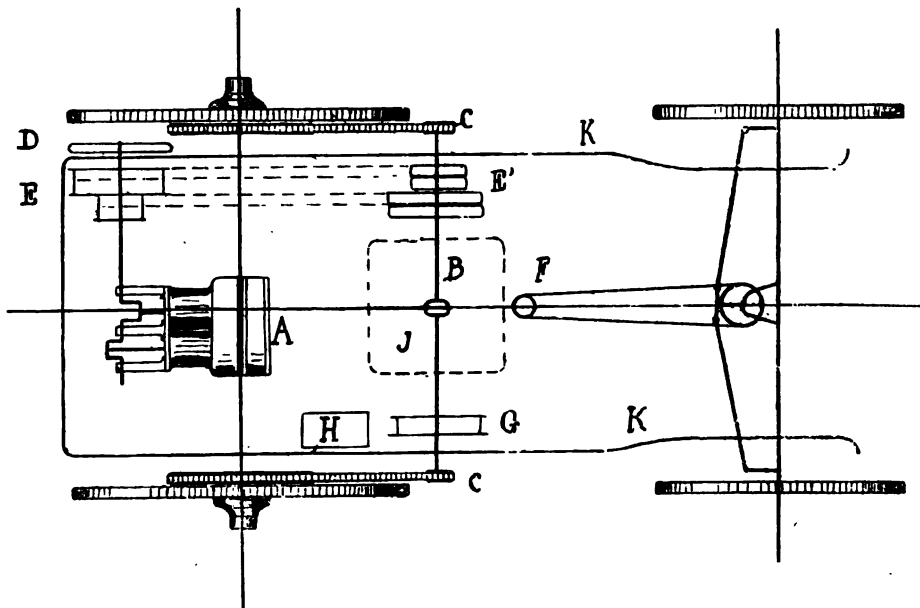


Fig. 211. — Transmission Delahaye (L. A.).

que nous représentons sur la figure 212; la difficulté de faire passer la courroie d'un étage à l'autre demande à être surmontée par des moyens particuliers. L'arbre moteur *f* attaque l'arbre 3 par l'intermédiaire du pignon 1 et de l'une ou l'autre des roues d'angle 2 et 2'; 3 est relié à 4 par les courroies des cônes 8 et 9. Enfin, l'arbre 4 porte à chaque extrémité un pignon 5 actionnant les roues 7 montées sur les essieux moteurs. Pour faire passer la courroie d'un étage des cônes à l'autre, on fixe des fourchettes 10 et 11 sur des règles à coulisse reliées entre elles par un ressort; de cette façon, le déplacement de l'une entraîne l'autre.

En plus des engrenages et des courroies, il existe un troisième moyen de transmission, fort ingénieux, très remarquable, mais encore peu pratique; je veux dire les galets de friction. Qu'on imagine un galet cylindrique à axe horizontal tournant en face d'un plateau circulaire à axe horizontal aussi, mais faisant 45° avec le premier, et

admettons que la périphérie du galet appuie sur la surface plane du plateau : l'un devra entraîner l'autre. Mais la vitesse du galet qui

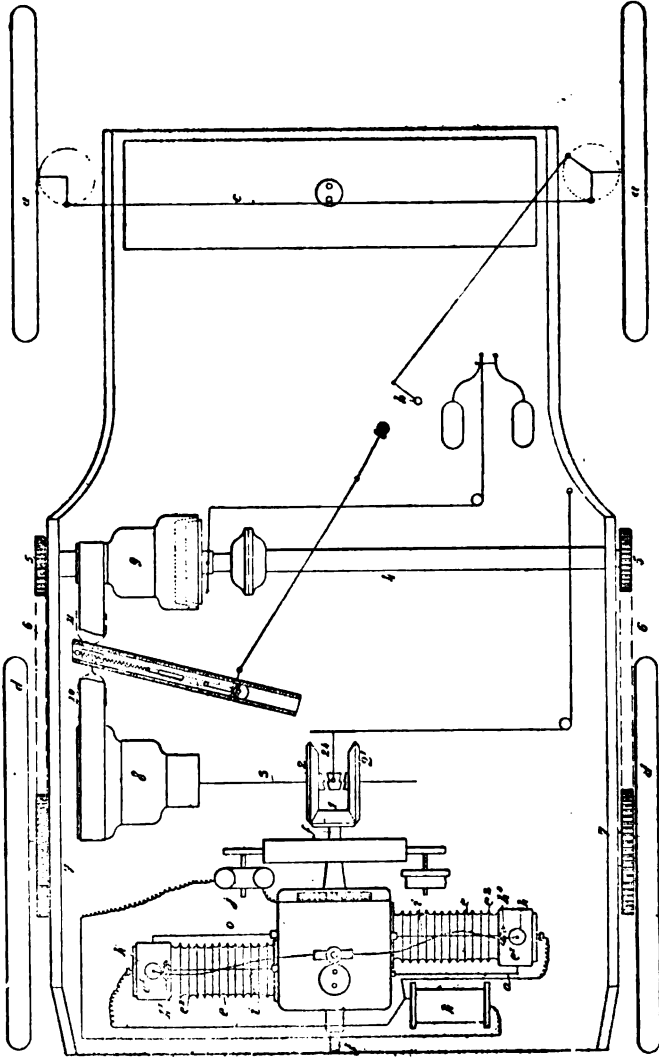


Fig. 212. — Transmission More à cônes étagés (L. A.).

sera nulle, quand il occupera le centre du plateau, ira en croissant au fur et à mesure qu'il s'avancera du centre vers la circonférence ; la

rotation du galet pourra, du reste, changer de sens, quand il passera d'un côté du centre à l'autre. Ce mécanisme permet donc des démarrages progressifs et il est extrêmement simple ; mais il donne lieu à des glissements assez fâcheux.

MM. Lepape et Tenting ont appliqué ce système à leurs automobiles ; le premier a sans doute trouvé la solution la plus simple.

Le moteur fait tourner un plateau horizontal A au-dessous duquel s'en trouve un autre B dont l'axe est perpendiculaire au premier ; cet axe est disposé transversalement sur la voiture. Le plateau inférieur B permet de le déplacer le long de son axe. La vitesse du mouvement transmis à B dépend de sa position relative par rapport au centre de A ; il tourne d'autant plus vite qu'il en est plus loin ; s'il en occupait le centre, sa vitesse pourrait devenir nulle. Enfin, si B venait à être abaissé légèrement, il n'y aurait plus contact ni frottement entre les plateaux et l'arbre secondaire ne serait plus entraîné.

Ce genre de mécanisme était connu et appliqué depuis longtemps, mais M. Lepape l'a habilement adapté aux voitures. Le plateau B est déplacé le long de son axe au moyen d'une pédale, installée devant le conducteur. La pression des plateaux l'un contre l'autre se fait automatiquement ; en effet, l'axe prismatique de B est porté par deux sortes de manivelles, pivotées sur l'axe des roues motrices, et qui permettent à cet arbre de tourner autour de l'essieu ; il en résulte que le mouvement même des roues motrices tend à appliquer d'autant plus énergiquement les plateaux l'un contre l'autre que la résistance sur la route est plus grande.

La figure 213 représente la disposition adoptée par M. Tenting.

Le mouvement est transmis de l'arbre principal A à l'essieu moteur des roues d'arrière P directement et sans interposition d'un arbre intermédiaire, grâce à la combinaison des disques et des galets D et E, qui sont toujours en contact et pressés l'un contre l'autre. Les galets D sont munis d'un cône de friction et ils sont reliés entre eux par la came C, jouant aussi le rôle de volant d'entraînement. A l'arrêt du véhicule, E occupe la position centrale comme le montre notre figure ; pour avancer ou reculer, il n'y a qu'à déplacer E, qui tournera dans un sens ou dans l'autre et fera mouvoir avec lui le pignon de la chaîne.

En plus des trois systèmes principaux que nous venons de signa-

ler, il existe d'autres modes de transmission spéciaux ou mixtes.
M. Léon Lefebvre a imaginé un appareil très ingénieux, dans lequel

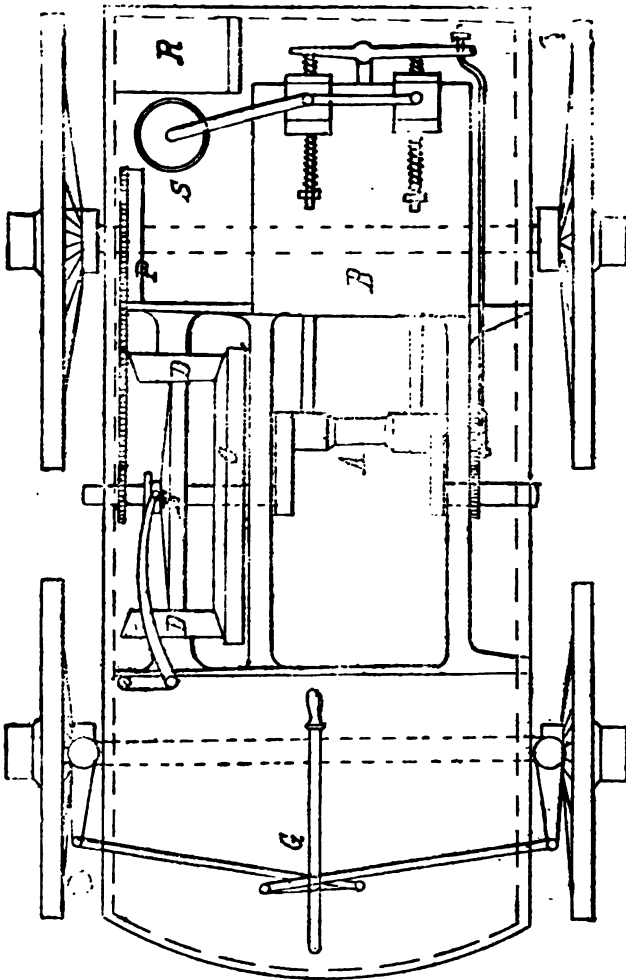


Fig. 219. — Transmission Tenting (L.A.).

sont groupés sous un espace très restreint l'embrayage, le changement de vitesse et de sens et le mouvement différentiel. Nous regrettons de ne pas pouvoir consacrer quelques pages à ce mécanisme intéressant et très apprécié des voitures Léo.

MM. Rochet et Schneider ont inventé une combinaison de poulies, de courroies et de galets, permettant d'obtenir avec une grande élégance et une remarquable simplicité les marches avant et arrière à vitesses variées et des débrayages doux et progressifs. Il nous en coûte aussi de sacrifier cette description.

Parmi les systèmes mixtes, il en est un qui s'est fait beaucoup remarquer, c'est celui du tricycle Bollée, dans lequel l'avant est porté par deux roues directrices F et F' et l'arrière par la roue motrice unique R. Le moteur A est installé sur le côté du bâti tubulaire. Les arbres intermédiaires E et I portent les engrenages de changement de vitesse, donnant 8, 12 et 24 kilomètres à l'heure. Avec un moteur

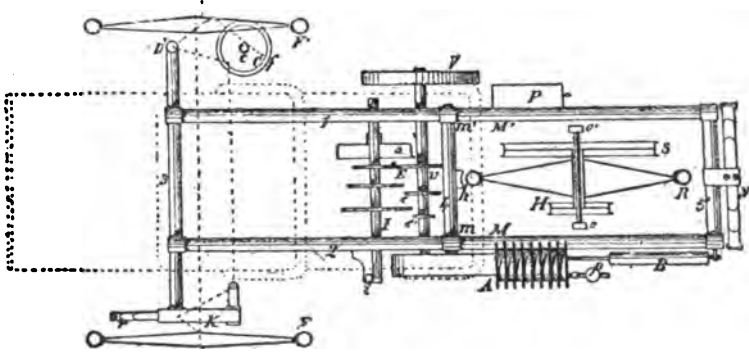


Fig. 214. — Voiturette-tricycle Bollée.

de deux chevaux, on gravit des rampes de 15 % à la vitesse soutenue de 8 kilomètres. L'arbre auxiliaire I attaque l'essieu moteur par l'intermédiaire des poulies S et s ; la tension des courroies peut être augmentée à volonté par un tendeur. V est un volant et H un frein. La mise en marche se fait par le conducteur lui-même sans qu'il ait à descendre de machine, par une manivelle qu'on manœuvre sur le côté de la voiturette.

MM. de Dion et Bouton et MM. Gautier-Wehlrlé ont adopté un système de transmission directe par l'essieu. Le principe de ce dispositif réside dans l'emploi d'un joint de Cardan dont on se sert souvent en mécanique pour relier deux arbres dont les axes peuvent varier de position : à cet effet, chaque arbre porte une fourche dont les extrémités s'appuient sur un cercle suivant deux diamètres rectangulaires;

les fourches sont articulées sur le cercle. Un des arbres venant à tourner entraîne le cercle par sa fourche; le cercle détermine, d'autre part, le mouvement de l'autre fourche, et partant du second arbre. Dans l'omnibus, de Dion l'arbre intermédiaire porte un pignon qui commande l'essieu moteur muni de son différentiel. Les axes des fusées des roues sont inclinés de 5° sur l'horizontale et reliés à la Cardan. Ainsi les roues sont indépendantes l'une de l'autre et indépendantes du châssis, qui leur permet de suivre sans chocs les inégalités du sol.

M. Doré a imaginé un très ingénieux mécanisme, qui permet de rendre l'avant-train moteur et directeur, tandis que l'essieu d'arrière n'est que porteur: un phaéton à pétrole a été construit sur ce modèle.

Nous en trouvons la description suivante dans les *Grandes Usines*, de M. Turgan.

« Dans le dispositif de M. Doré, le moteur agit sur la cheville ouvrière qui fait mouvoir l'essieu d'avant sur lequel sont calées les roues motrices.

La cheville ouvrière est en réalité un cylindre creux à l'intérieur duquel peut se déplacer verticalement une tige à longue clavette susceptible, en dehors de ce déplacement vertical, d'être entraînée par la clavette dans le mouvement de rotation donné à la cheville ouvrière.

La tige est, d'autre part, brisée vers le milieu en deux parties reliées par un double joint de Cardan, et la partie inférieure de l'axe porte un pignon engrenant directement avec le différentiel. De la sorte, les chocs verticaux sont sans influence par suite du déplacement de l'axe dans sa douille, et les chocs latéraux se font sentir sur le joint de Cardan sans gêner la transmission du mouvement.

La direction se fait autour de la cheville ouvrière comme dans les voitures ordinaires au moyen d'un volant manivelle actionnant un petit pignon qui engrène à l'intérieur du cercle de l'avant-train.

L'arrière-train est monté sur deux roues folles sur lesquelles peut agir un frein à ruban ou à sabot d'un système quelconque.

Dans le phaéton à pétrole, l'arbre du moteur porte un volant et un embrayage à friction qui transmet par un engrenage son mouvement à un axe intermédiaire; celui-ci attaque un second axe en produisant diverses vitesses suivant le rapport des engrenages.

Le dernier arbre actionne enfin, par un dernier engrenage droit, un

axe horizontal, qui porte deux pignons d'angle : ces deux pignons d'angle peuvent être alternativement mis en prise avec une roue conique, portée par l'axe vertical moteur : on peut obtenir ainsi la marche avant ou arrière.

Tout l'ensemble du mécanisme est fixé sur un cadre métallique qui reçoit en même temps les accessoires divers, comme les réservoirs à essence et à eau, la pompe de circulation, etc. ».

Il existe encore de nombreuses solutions formées par la combinaison des éléments précédents ; ainsi, dans les automobiles Léo de M. Lefebvre, du type 1895, on avait supprimé les chaînes en transmettant aussi le mouvement à l'essieu d'arrière par un arbre avec joints à la Cardan. Le moteur Pygmée est placé à l'arrière de ces voitures. L'embrayage est constitué par une courroie lâche que l'on tend au moment voulu par un rouleau tendeur, monté sur billes, qui vient donner à la courroie la tension nécessaire pour qu'elle ne glisse plus.

MM. Brouhot et C^o, de Vierzon, ont pu supprimer la chaîne, les courroies et même le différentiel en plaçant leur moteur au milieu de la voiture et en disposant sur l'arbre intermédiaire des engrenages fous sur manchons d'embrayages. On arrive à commander ainsi quatre vitesses et la marche en arrière par un seul levier. L'engrenage commandant l'essieu lui est relié par un joint à la Cardan, qui lui permet de prendre toutes les positions sans que cet engrenage change de place.

Parmi les solutions mécaniques du problème de la traction automobile, citons encore celle de M. W. Morrison, de Chicago : ici l'électricité intervient dans la transmission du mouvement de l'arbre moteur à l'essieu de la voiture. On reproche aux courroies de glisser quand elles se détendent ; les engrenages exigent des débrayages plus ou moins faciles ; les plateaux de friction ne sont pas parfaits ; on a pensé que la bonne fée qui a amélioré tant de choses apporterait ici encore une solution heureuse. Le principe de cette ingénieuse combinaison est le suivant : on interpose entre l'arbre du moteur et l'arbre intermédiaire portant le différentiel un moteur électrique, dont l'inducteur est commandé par le moteur à pétrole à vitesse constante, alors que l'induit (un anneau Gramme) actionne par engrenage l'arbre du différentiel. Les balais de la dynamo tournent avec l'inducteur et le courant produit par la rotation relative des deux organes électriques,

après avoir traversé le fil des inducteurs, passe par un rhéostat auquel il est relié par deux nouveaux balais frottant sur deux bagues tournantes.

Le fonctionnement de cet appareil est le suivant : admettons pour le moteur à pétrole une vitesse constante : à l'arrêt de la voiture, le rhéostat est ouvert, et le circuit coupé, de sorte que la dynamo à inducteur tournant et induit fixe travaille sur une résistance extérieure infinie ; il ne s'exerce donc aucun couple entre l'inducteur et l'induit, et la voiture est débrayée. Mais qu'on ferme alors le rhéostat sur sa plus grande résistance, la dynamo s'amorce, engendre du courant et l'inducteur exerce un couple sur l'induit, couple d'autant plus grand que la résistance du rhéostat sera moindre. L'induit tourne alors dans le même sens que l'inducteur, mais moins vite que lui, et le courant produit résulte de la force électromotrice due à la différence des vitesses des deux organes. Si la voiture monte une rampe, le couple résistant devient plus grand, il se produit un glissement qui accroît l'intensité du courant et le couple moteur ; le véhicule réduit sa vitesse. Supposons qu'alors on mette hors circuit les résistances graduées du rhéostat, il arrive que la voiture prend d'elle-même la vitesse maximum que tolère la puissance du moteur au pétrole.

Ce résultat est fort remarquable ; en effet, le rhéostat constitue à la fois un démarreur et un modérateur de vitesse. On peut le supprimer et le moteur embraye instantanément et automatiquement, quels que soient les accidents du terrain. Il permet d'autre part de modérer l'allure et de rouler moins vite qu'au maximum correspondant à la vitesse du moteur. Pour débrayer, il n'y a qu'à rompre le circuit électrique par le rhéostat.

Le dispositif Morrison est peut-être un peu cher, mais il nous paraît excellent, et l'invention est remarquable de nouveauté et de génie pratique ; c'est une belle idée à tous égards.

IV

Calculs de puissance et de rendement.

Le titre de ce paragraphe doit être considéré comme un jalon posé pour l'avenir.

En effet, l'automobilisme est trop jeune encore pour qu'on puisse signaler à son actif une série d'expériences concluantes et suivies, présentant un réel intérêt scientifique. On se contente encore de courir les routes à des vitesses folles ; les concours, dont la prétention était plus sérieuse que celles des courses de vitesse, n'ont guère fourni jusqu'ici que des données vagues relatives à la viabilité des voitures et à leur consommation horaire kilométrique.

Il y a évidemment mieux que cela à faire.

En attendant que les chauffeurs aient des préoccupations moins sportives et plus techniques, nous ne pouvons qu'indiquer ce qu'on devrait essayer et nous signalerons quelques résultats obtenus çà et là : ils sont encore bien rudimentaires.

La qualité de l'essence de pétrole à employer pourrait donner lieu à une première et belle étude.

Il y a diverses marques de gazoline et nous devons reconnaître qu'il on est de très bonnes et de moins bonnes ; toutefois les chauffeurs sont d'accord pour reconnaître qu'on obtient un fonctionnement satisfaisant avec toutes les essences de densité comprise entre 0,680 et 0,705, si l'on prend la précaution de jeter les huiles lourdes qui s'accumulent au fond des carburateurs, après le départ des parties les plus volatiles. La proportion de ces huiles varie d'une essence à l'autre : elle est probablement en raison inverse du prix d'achat, de telle sorte qu'il n'y a pas d'économie à faire sur le prix de l'essence (1).

(1) L'essence destinée à alimenter la lampe, chauffant le tube d'allumage, doit être de qualité supérieure, si l'on veut opérer un départ rapide et sûr, et obtenir une marche régulière sans ratés. Les tubes d'allumage ont besoin, en effet, d'être maintenus à une température élevée, pour que leur fonction soit remplie régulièrement ; aussi les chauffeurs prévoyants emportent toujours avec eux une provision suffisante de gazoline pour lampe, afin d'éviter d'avoir à acheter en route un produit de qualité douteuse.

L'usage adopté de vendre l'essence dans des bidons plombés est de nature à faciliter l'étude de ces carbures, car les marques caractérisent suffisamment bien l'espèce et l'on pourrait recueillir des résultats bien instructifs en poursuivant des essais méthodiques sur les différentes essences qui ont la vogue aujourd'hui.

La puissance des moteurs est un autre élément qu'il importerait de mieux connaître : le calcul en serait facile, si l'on savait quelle est la pression moyenne développée sur le piston dans sa course, et si l'on pouvait évaluer le rendement organique du moteur. Appelons, en effet, la pression moyenne p_m et désignons par K le rendement organique : nous aurons, pour une section du piston S , une course C , un nombre de tours n par minute, un travail effectif \mathcal{Q} en chevaux donné par la formule connue (1) :

$$\mathcal{Q} = K \frac{S \cdot C \cdot p_m \cdot n}{2 \times 60 \times 75} = \frac{K S C n p_m}{9000}$$

La valeur de K dépend de nombreux éléments de fonctionnement et de construction ; il serait imprudent de l'estimer au-dessus de 0,75.

La pression moyenne varie avec le degré de compression, la contre-pression à l'échappement, la richesse du mélange, la température des parois, la vitesse de rotation, etc. : on ne peut guère la mesurer au diagramme sur un moteur de voiture ! Nous l'estimerons donc au jugé ; d'après les données relevées sur les moteurs ordinaires marchant à l'essence, nous évaluerons p_m à 4^k,25 au maximum, pour garder un peu de marge.

Calculons sur ces données la puissance du moteur horizontal Peugeot, à deux cylindres, de 98 millimètres de diamètre d'alésage, 0^m,144 de course et faisant 750 révolutions à la minute ; la maison Peugeot l'appelle un six-chevaux. Or, nous trouvons :

$$\mathcal{Q} = 2 \cdot 0,75 \frac{75,4 \times 0,144 \times 750 \times 4,25}{9000} = 5,77 \text{ chevaux}$$

La maison Panhard et Levassor prête une puissance de quatre chevaux au moteur Phénix ci-dessous.

(1) Notre formule s'applique à un moteur à quatre temps, donnant une impulsion motrice tous les deux tours du moteur.

Nombre de cylindres	2
Diamètre des cylindres	80 m/m
Course des pistons	0 ^m ,120
Nombre de tours par minute	750

Le calcul fait sur notre hypothèse donne :

$$Q = 2 \times 0,75 \times \frac{50,8 \times 0,120 \times 750 \times 4,25}{9000} = 3,21 \text{ chevaux}$$

Voici, comme troisième exemple, un moteur monocylindrique, faisant 750 tours, ayant 170 millimètres d'alésage de cylindre et 0^m,17 de course; notre calcul donne

$$Q = 0,75 \times \frac{227 \times 0,170 \times 750 \times 4,25}{9000} = 11,57 \text{ chevaux}$$

On estime ce moteur à 12 chevaux.

Ma formule conduit donc à une appréciation légèrement inférieure à celle des constructeurs.

M. Ringelmann a proposé une autre méthode de calcul, dans laquelle il prend comme point de départ le nombre de calories dégagées dans le moteur thermique. Nous croyons intéressant d'exposer ici la théorie du savant ingénieur.

Il admet que le volume d'air nécessaire à la combustion d'un kilogramme de pétrole est de 11.700 litres, auxquels il ajoute un excédent de 4.600 litres par précaution, et pour tenir compte de la dilatation; il estime ainsi qu'il faut 16.300 litres d'air par kilogramme de pétrole, soit 16,3 litres par gramme. Or, le kilogramme de pétrole donne 11.000 calories, équivalentes à $11.000 \times 425 = 4.675.000$ kilogrammètres. Le rendement thermique étant estimé à 0,15, on peut donc espérer obtenir 700 kilogrammètres par gramme de pétrole.

Cela posé, soit V le volume engendré en litres par le piston par cylindrée; il faudra introduire par coup $\frac{V}{16,3} = 0,06135 V$ de pétrole.

La machine faisant n tours par minute, il y aura au plus $\frac{n}{2}$ ou $0,50 n$ explosions par minute; admettons qu'il n'y en ait que $0,45 n$ pour éviter un échauffement exagéré. Cela fera par seconde $\frac{0,45}{60} n = 0,0075 n$ explosions.

Le poids de pétrole consommé par seconde égale donc :

$$0,06135 V \times 0,0075 n = 0,00046 n V$$

et la puissance en chevaux prend la valeur :

$$\mathcal{P} = \frac{700 \times 0,00046}{75} n V = \frac{0,922}{75} n V = 0,0043 n V$$

Appliquons cette formule au moteur monocylindrique étudié ci-dessus ; nous trouvons :

$$\mathcal{P} = 0,0043 \times 750 \times 3,86 = 12,49 \text{ chevaux}$$

Ma formule a donné 11,57 chevaux.

M. Hospitalier a voulu mettre ces calculs à la portée de tous les chauffeurs et il admet que la puissance d'un cheval (1) correspond à un déplacement des pistons de 7,5 litres par seconde. On calcule ce déplacement en multipliant le double volume de la cylindrée (aller et retour du piston par tour) par le nombre de tours du moteur par seconde et par le nombre de cylindres. D'après cela, le moteur monocylindrique susdit aurait une puissance de 12,8 chevaux.

Mon appréciation est donc un peu plus sévère que celles de MM. Ringelmann et Hospitalier.

Ce que nous venons de calculer, c'est le travail disponible sur l'arbre moteur principal de la voiture : il s'agit maintenant de savoir quel est le travail *disponible aux jantes*. C'est le rendement mécanique du véhicule qui intervient ici : sa valeur varie encore suivant les cas et suivant les transmissions dont on fait usage : malheureusement, les données expérimentales nous font presque entièrement défaut sur ce point. On prétend que ce rendement a pu devenir égal à 0,75 ; par contre, il est quelquefois tombé à 0,40 : sa valeur moyenne paraît être 0,50.

Pour une voiture munie d'un moteur de 10 chevaux, il n'y en a donc que la moitié qui soit réellement utilisable.

Il sera aisé dès lors de calculer, approximativement du moins, la puissance de moteur nécessaire pour qu'une voiture ayant un poids connu, chargée de voyageurs et d'objets divers d'un poids connu

(1) Notre savant camarade ne parle plus que de *poncelets* ; un cheval vaut 0,75 poncelet ; 7,5 litres par cheval équivalent à 10 litres par poncelet.

Résultats des essais de Chicago faits à la course du Times Herald en novembre 1895

PAR MM. LUNDIO ET SUMMERS

Gazoline } Densité = 0,688.
 } Prix : 22 centimes le kilogramme = 32 centimes le litre.

VOITURES	POIDS		POIDS TOTAL	RAYON des roues motrices	BANDAGES	NOMBRE des cylindres	DIAMÈTRE des cylindres	COURSE du piston	POSITION des roues motrices	PUISSANCE		RENDEMENT	EFFORT de traction	Consommation		PRIX par cheval-heure	VITESSE par seconde
	sur roues motrices	kil.								ch.	Au jeu moteur			par cheval- heure utile	totale par heure			gr.	fr.	m.
De la Vergne . . .	570	765	1335	0,598	Pneus Pleins	1	128	0,165	à l'arrière	1,57	2,97	0,58	28,6	1290	2020	0,28	5,10
Duray . . .	390	552	942	0,570	Pneus	2	100	0,112	id.	1,16	1,75	0,65	39,7	1470	1700	0,32	2,22
Hayes et Apperson . . .	378	569	947	0,445	Pneus	2	100	0,100	id.	0,95	2,28	0,45	17,8	2740	2600	0,60	2,02
Lewis . . .	408	762	1170	0,575	Pneus Pleins	1	125	0,125	id.	0,58	1,06	0,50	22,7	2800	1490	0,62	1,80
Macy . . .	655	829	1484	0,595	Pneus Pleins	1	125	0,175	id.	2,50	5,18	0,48	39,6	890	2220	0,20	4,8
Morris et Salm (1) . . .	572	749	1321	0,495	Pneus 2 moteurs	2	—	—	à l'avant	1,78	2,46	0,72	18,15	—	—	0,82	10,20
Müller . . .	570	714	1284	0,600	Pneus Pleins	1	156	0,156	à l'arrière	1,18	1,79	0,66	41,9	1840	1580	0,30	2,15
Sturges (1) . . .	946	1611	2557	0,627	Pneus 1 moteur	1	—	—	id.	1,14	1,58	0,74	19,0	—	—	0,80	4,50

(1) Moteurs électriques; tous les autres sont à pétrole.

aussi, monte une rampe de x pour cent avec une vitesse déterminée.

Soit une route de 1 kilomètre dont la pente est de 0,01 ; elle monte donc de $1.000 \times 0,01 = 10$ mètres par kilomètre parcouru. La voiture pèse, par exemple, 850 kilogrammes et elle porte quatre voyageurs et des paquets pesant ensemble 300 kilogrammes ; le poids total est dès lors de 1.150 kilogrammes. L'ascension fait dépenser $1.150 \times 10 = 11.500$ kilogrammètres. Si l'on met 2 minutes ou 120 secondes pour parcourir ce kilomètre, il faudra disposer de $\frac{11.500}{120} = 96$ kilogrammètres par seconde.

Le coefficient de roulement étant de 0,04, le travail de déplacement coûtera en outre, pour une vitesse de $\frac{1.000}{120} = 8^m,33$ par seconde, $1.150 \times 0,04 \times 8,33 = 383$ kilogrammètres.

Portons ce chiffre à 404 kilogrammètres pour le supplément de travail imposé par les courbes et la résistance de l'air, et nous arrivons au total de 500 kilogrammètres, soit à une puissance sur jantes de $\frac{500}{75} = 6,66$ chevaux, ce qui suppose un moteur d'une puissance d'environ 13 chevaux.

Les considérations et les calculs qui précèdent pourront faire apprécier aux intéressés l'avantage immense qu'il y aurait de bien établir les valeurs des divers coefficients dont nous avons fait usage.

C'est tout un ordre nouveau d'essais et d'études qu'il s'agirait d'inaugurer.

Voilà, certes, des expériences dont les résultats auraient une autre valeur que ces courses désordonnées par monts et par vaux, par delà les frontières, qui ne peuvent guère avoir d'autre objectif que de faire ressortir l'habileté et l'endurance d'un chauffeur et la robustesse d'une voiture construite spécialement en vue de cette épreuve.

Nous ne connaissons qu'un seul concours qui ait été organisé scientifiquement, c'est celui du *Times Herald*, de Chicago, dirigé par MM. Lundic et Summers, et dont nous donnons ci-contre quelques résultats extraits du beau rapport de ces savants ingénieurs.

Nous en recommandons la lecture et l'étude.

Ce n'est peut-être pas encore l'idéal, mais c'est du moins un modèle du genre.

Puisse-t-il en inspirer d'autres et de meilleurs!

ANNEXE

NOUVEAUX PROGRÈS DANS L'UTILISATION DES GAZ DE HAUTS FOURNEAUX

Durant le temps que ce livre s'imprimait, l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux par les moteurs à gaz faisait de remarquables progrès, qui nous imposent d'ajouter à ce qui a été dit dans le corps de cet ouvrage quelques indications nouvelles relatives à des applications heureuses et de brèves considérations sur l'avenir de ces procédés.

Et d'abord, le moteur à gaz a définitivement conquis sa place à côté des hauts fourneaux : quel que soit le mystère dont on entoure les expériences poursuivies de tous côtés, il est bien établi que le pouvoir calorifique de ces gaz varie entre 900 et 1.100 calories (1), sa valeur moyenne étant d'environ 980 calories, à 0° et 760 millimètres, sous volume constant, vapeur d'eau condensée ; que les bons moteurs s'accoutument bien de ces pouvoirs relativement faibles et de ses variations ; que l'allumage du mélange se fait bien et que la mise en route est aisée ; que les poussières peuvent sans trop de peine être arrêtées par des appareils spéciaux et peu coûteux et qu'elles ne nuisent pas à la bonne marche de la machine ; qu'après plusieurs mois

(1) J'ai même relevé du gaz à 1.208 calories.

de service, les cylindres ne sont pas rayés et ovalisés, ni les soupapes brûlées et hors d'usage, ainsi que l'avaient prédit des ingénieurs pessimistes ; qu'enfin, les consommations d'eau et d'huile ne sont pas excessives.

Les essais qu'il m'a été donné de faire (1) à Seraing et ailleurs ont démontré qu'avec du gaz à 980 calories la dépense de gaz par cheval-heure *effectif* peut certainement devenir inférieure à 3.500 litres ; pour obtenir ce remarquable résultat, qui correspond à un rendement thermique d'au moins 18 %, il suffit de comprimer à 7 ou 8 kilogrammes. Je pense que la plupart des moteurs à quatre temps, réglés pour l'emploi des gaz pauvres de gazogène, peuvent être alimentés avec succès par des gaz de haut fourneau : toutefois, il ne faudrait pas croire que n'importe quel moteur à gaz puisse marcher régulièrement et continûment à côté de n'importe quel haut fourneau, marchant avec n'importe quel minerai et à n'importe quelle allure. Chaque cas exigera une étude spéciale, et rien ne devra être abandonné au hasard : sous cette réserve, on peut considérer le problème comme résolu.

Il existe déjà un certain nombre d'applications de l'idée, qui a surgi il y a quelques années.

M. Thwaite, qui paraît devoir être considéré comme l'initiateur de cette application féconde (2) a maintenant achevé plusieurs installations, parmi lesquelles celles de Wishaw, de Frondigham et de Barrow sont les plus connues : il semble qu'il ne donne la préférence à aucun type de moteur, attendu qu'on signale l'emploi de moteurs Otto, Crossley et Acmé. A Seraing, l'initiative de M. Greiner a doté les ateliers Cockerill d'une disponibilité de 200 chevaux, qui ne lui coûte que son excédent inutilisé de gaz de hauts fourneaux, et qui sera bientôt décuplée ; ici, c'est le moteur Simplex qui a été préféré, après une discussion sérieuse de ses titres par MM. Bailly et Kraft, et il n'a pas trompé les espérances qu'on avait fondées sur lui. A Hörde, près de Dortmund, M. Tull a appliqué le beau moteur de M. von Oechelhaeuser à la production d'énergie électrique par des dynamos Schuckert ; les résultats obtenus sont, dit-on, excellents aussi.

(1) Voir ci-dessus page 214.

(2) M. Riley, directeur général de la *Glasgow Iron and Steel Co* a précisé la date de l'idée de M. Thwaite en déclarant qu'une offre lui a été faite par lui en octobre 1894.

La Compagnie allemande des moteurs Otto, de Deutz, fait une installation importante à Friedenshütte ; elle comporterait deux moteurs de 200 chevaux et deux autres de 300, ce qui ferait 1.000 chevaux ; on a débuté par un moteur de 16 chevaux (1). Enfin, on prétend que le moteur Diesel est lui-même entré en scène dans les ateliers Krupp à Essen. Les métallurgistes du grand-duché de Luxembourg ne sont pas restés en arrière ; M. Gredt, que ses travaux sur les gaz de hauts fourneaux avaient mieux préparé que tout autre à cette application, a commencé par demander à un moteur à gaz l'éclairage électrique de la vaste usine de Differdange. Ce moteur a été construit par la *Berlin-Anhalt'sche Maschinenbau Action Gesellschaft*, de Dessau, celle-là même qui avait établi le moteur von Oechelhaeuser, de Hoerde ; c'est une machine à quatre temps, présentant une grande ressemblance avec un des types les plus répandus de Crossley, et dans laquelle on s'est contenté de reproduire les dispositifs nécessités par l'emploi des gaz pauvres. Les ingénieurs de Dessau font donc simultanément, en deux lieux différents, l'essai des moteurs à deux et quatre temps, et il sera intéressant de voir à quel cycle ils donneront la préférence. Les essais que j'ai faits à Differdange me permettent de dire que leur moteur à quatre temps donne un excellent rendement. A Dudelange, les aciéries sont éclairées aussi par un moteur Otto.

Nos métallurgistes français attendent, pour se décider à leur tour, que l'on ait publié les résultats obtenus à l'étranger ; l'*Ancre* de Saint-Dizier les tient au courant de ce qui se passe et ne leur laisse rien ignorer des succès et des insuccès obtenus jusqu'ici.

Dans le Pas-de-Calais, à Outreau, près de Boulogne, M. Thwaite s'est engagé à faire une installation de 250 chevaux ; ce renseignement nous est fourni par M. Dutreux.

En somme, les premiers résultats connus sont de nature à justifier les plus heureux pronostics, et voilà donc le moteur à gaz entré dans la métallurgie ! C'est une nouvelle et victorieuse étape que nous n'aurions pas osé prédire il y a cinq ans.

Assurément, il reste beaucoup à faire pour assurer cette conquête ; les graves objections de M. Lürmann d'Osnabrück ne doivent pas être oubliées, et il faut se méfier des 29 kilogrammes de poussières, occu-

(1) Nous empruntons ce détail à un article de M. Dutreux, paru dans le *Génie Civil*, en Juillet 1898.

pant un volume de cent litres, qui traverseraient journellement un moteur de 100 chevaux, si l'on ne prenait pas des précautions pour les arrêter en route.

Les métallurgistes qui monteront des moteurs à gaz devront donc veiller avec soin à l'épuration des produits gazeux de leurs hauts fourneaux. Il existe déjà d'excellents appareils réalisant cet objectif : signalons entr'autres les épurateurs de M. Charles Munier, de Frouard, près Nancy, qui provoquent le dépôt des poussières par brusque rupture de sens du courant au contact d'une nappe d'eau devant fixer les éléments solides entraînés; trois volte-face du courant suffisent pour arrêter la majeure partie des poussières.

Des scrubbers à colonne de coke et irrigation d'eau, des épurateurs à huile, des tamiseurs à sciure de bois, ou tous autres appareils analogues, seront montés à l'entrée du moteur et barreront la route aux poussières qui auront franchi les premiers séparateurs. Il conviendra aussi de faire passer les gaz par un gazomètre mélangeur de grand volume, qui régularisera leur composition et leur pression, formant l'office d'une sorte d'antipulsateur et d'un accumulateur. On disposera convenablement les valves d'admission pour éviter toute obstruction et tout engorgement: c'est une question de forme aussi bien que de dimension. Le refroidissement de la boîte à soupapes devra être largement assuré par une abondante circulation d'eau, afin d'empêcher tout grippement et de réduire la dépense de graissage.

Un régulateur très sensible (le régulateur à air du Simplex est un modèle du genre) permettra au moteur de conserver la même vitesse en dépit des variations incessantes de richesse du gaz. Bref, les ingénieurs ne négligeront rien pour assurer la bonne marche des moteurs.

Au taux de 3 mètres et demi par cheval-heure effectif, les calculs de MM. Greiner et Hiertz conduiraient pour un haut fourneau de 100 tonnes par jour, à une disponibilité colossale de plus de 2.000 chevaux effectifs, ainsi que nous l'avons dit plus haut (1); les chaudières et machines à vapeur actuellement en service en recueillent à peine le cinquième.

Ce résultat est alléchant.

On peut l'escompter dès aujourd'hui.

1. Cf. : page 74.

Toutefois je crois que, pour le moment, il sera sage de conserver quelques chaudières pour alimenter les grandes machines soufflantes, et de ne demander à l'excédent de gaz que l'énergie nécessaire pour actionner une grande station centrale d'électricité, chargée de l'éclairage, de la commande des pompes, des monte-charges, des appareils de déchargement et d'élevage ainsi que de la traction des wagons.

Ce serait un premier pas à faire.

Les autres se feront bientôt après et ce seront des pas de géant.



TABLE DES CHAPITRES

	Pages
Bibliographie	V
Introduction	VII
CHAPITRE PREMIER	
Histoire des moteurs à gaz.	1
CHAPITRE DEUXIÈME	
Classification et nomenclature.	22
CHAPITRE TROISIÈME	
<i>Etude sur les combustibles.</i>	
I. — Gaz d'éclairage	24
II. — Gaz de gazogène et gaz pauvres.	28
III. — Types de gazogènes	41
IV. — Gaz à l'eau	68
V. — Gaz de hauts fourneaux.	70
VI. — Gaz acétylène	78
VII. — Pétrole.	90
VIII. — Alcools.	96
CHAPITRE QUATRIÈME	
Théorie générique des moteurs à gaz.	102
CHAPITRE CINQUIÈME	
Théorie expérimentale des moteurs à gaz	133
CHAPITRE SIXIÈME	
<i>Essais des moteurs.</i>	
I. — Disposition des essais	160
II. — Résultats d'essais	181

CHAPITRE SEPTIÈME

Monographie des principaux moteurs à gaz.

I. — Moteurs du premier type	216
II. — — du deuxième type, à deux temps (genre Clerk) . . .	216
III. — — — à quatre temps, (genre Otto)	229
IV. — — du troisième type (à compression et combustion) . . .	305
V. — — atmosphériques	312
VI. — — rotatifs	313

CHAPITRE HUITIÈME

Monographie des principaux moteurs à pétrole	317
--	-----

CHAPITRE NEUVIÈME

Éléments de construction des moteurs.

I. — Organes des moteurs	358
II. — Allumage	363
III. — Régulateurs	371
IV. — Carburateurs	381
V. — Appareils de mise en train	395
VI. — Accouplements et transmissions	398
VII. — Amortisseurs	405
VIII. — Graissage	410

CHAPITRE DIXIÈME

Applications des moteurs à gaz et à pétrole	413
---	-----

CHAPITRE ONZIÈME

Les voitures automobiles.

I. — Les automobiles dans le passé, le présent et l'avenir	474
II. — Les moteurs et les carburateurs	501
III. — Les mécanismes de transmission	555
IV. — Calculs de puissance et de rendement	579

ANNEXE

Nouveaux progrès dans l'utilisation des gaz de hauts fourneaux . . .	585
Table des chapitres	591
Index alphabétique des matières	593

INDEX ALPHABÉTIQUE

des Matières contenues dans le III^e Volume

A

	Pages
Acétylène	78
Action de parole	135
Accouplements Zedel	398
— Lindsay	400
— Villard-Bonnafous	403
Alcools	15, 96
Allumage par transport de flamme	463
— par tubes	364
— spontané.	366
— électrique	367
Amortisseurs d'échappement	406
— de vibrations	409
Applications des moteurs à gaz	413
Analyse des gaz.	24
Appareils à diagrammes	163
Atkinson	237
Automobiles (Voir Voitures).	474

B

Bailly et Kraft	40, 74
Bâtis	359
Bateaux (moteurs de).	467
Batteuses à pétrole	466
Bénier	217
Bobine Ducretet	370
Bombe eudiométrique	160
Bourdon	172
Boulvin	103
Brûleurs	393

C

Calorimètre Junkers		161
Capitaine	239, 377,	385
Carburateurs Fessard		382
— Southall		382
— Petréano		383
— Longuemarc		552
— Chauveau		554
Chaleurs de combustion	24, 30, 40, 73.	97
Charon	151, 247,	435
Classification des moteurs		22
Combustion des gaz	24, 40,	142
Commande Ewans		404
Compagnie parisienne du gaz		242
Composition des gaz	24, 35, 43,	45
Compression préalable	109,	149
Cuinat		84
Crossley	150, 236, 326, 431,	442
Crozet		126

D

Delamare-Deboutteville (voir Simplex)		
Diagramme entropique		103
Diesel	9, 110,	306
Dilution des gaz		136
Diffusion des gaz		144
Distribution de l'énergie		415
Donkin (Bryan)		169
Dwelshauvers-Dery		179

E

Eclairage électrique par moteurs		427
Elévations d'eau		417
Essais des moteurs		160
Enrichissement du gaz		43
Expulsion des gaz brûlés	139,	236

F

Fielding et Platt	252, 386,	395
Fichet et Heurtey	45,	441

Freins Bourdon	172
— Ringelmann.	174
— Carpentier	176

G

Gardie	305
Gaz de ville	24
— pauvre	28
— à l'eau.	68
— de hauts fourneaux.	70
Gazogènes Deutz	47
— Pierson.	49
— Tangye	51
— Mond.	54
— Wynand	59
— Kitson et Walker	60
— Bemelmans	61
— Riché.	62
Gas Engine Research Committee.	146
Goudrons	26
Graissage des moteurs	410
Greiner	76
Grover	139

H

Haber et Weber.	142
Hauts fourneaux (gaz de)	70, 585
Heirman	118
Histoire des moteurs à gaz	1
— voitures automobiles	474
Hospitalier	90, 582
Hubert	71

I

Indicateurs Crosby	163
— Wayne.	165
Installation des indicateurs.	167

J

Japy	337, 379, 391, 465, 536
----------------	-------------------------

L

Lampes Japy, Southall, Suédoise	391
Législation des moteurs	17
Lencauchez	44
Letombe	9, 115, 254
Levage (appareils de).	458
Locomobile Niel.	451
— Japy.	453
— Lacroix.	455
— Midland	456
— Robey	458

M

Marteau à gaz	463
Meyer	33, 137, 153, 203, 448
Moteurs à gaz : 1 ^{er} type.	216
— 2 ^e type (genre Clerck) Von Eichelhaeuser	220
— — — Parker.	224
— — — Southall	225
— — — Dufour.	217
— — — (genre Otto) Acmé	263
— — — Werdau	266
— — — Hille.	268
— — — Pygmée	270
— — — Pellorce	272
— — — Lair-Delay	273
— — — Hamilton	273
— — — Robson.	274
— — — Midland	276
— — — Kappel	279
— — — Phénix.	280
— — — National	281
— — — Furnival	281
— — — Andrew et Bellamy	281
— — — Gardner	282
— — — Borsig	284
— — — Westinghouse et Rudd	284
— — — Démon.	285
— — — Southall	286
— — — Polke	287
— — — Fritscher et Houdry	288
— — — Champion	289
— — — Duplex Day	291

Moteurs à gaz : 2 ^e type (genre Otto)	Duplex-Niel	292
— — —	Hartley, Dick et Kerr	294
— — —	Dawson	295
— — —	Roser-Mazurier	380
— — —	Nicolas	304
— (3 ^e type), à combustion	. . . . .	305
— — Diesel.	. . . . .	306
Moteurs atmosphériques		312
Moteurs rotatifs		313
— Gautier-Wehrlé		318
— épicycloïdal A. G.		314
— Beetz		314
— Vernet		315
— Auriol		315
— Chaudun		316
— Gardner Sanderson		316
Moteurs à pétrole		317
— Daimler		328
— Capitaine-Tolch		329
— Japy		337
— Lacroix		339
— Tangye		342
— Wells		345
— Gibbon		346
— Gardner		347
— Robey		348
— Clarke-Chapman		349
— Gladys		350
— Campbell		350
— Howard		351
— Hille		351
— Dürkopp		353
— Ganz		353
— Kane-Pennington		355
Moteur à poudre Freeble		553

N

Navigation		467
Niel	245, 481,	451
Nomenclature des moteurs		22

O

Otto	230, 321,	397
Oechelhaeuser (von)	77,	220

P

Petréano	144,	383
Pétrole		90
Picou		122
Pompe à incendie à pétrole.		461
Pistons		359
Piles		368
Pierson.		49
Priestman.		320
Pressions explosives		141
Procès-verbaux d'expériences		181
Puissance des moteurs		579

R

Ravel.	86,	481
Refroidisseur Grouvelle et Arquembourg.		554
Régulateurs		371
— Simplex		374
— Capitaine.		377
— Japy		379
— Dawson		380
Rendements (calculs des)		579
Riché.		62
Ringelmann . . . . .	. 92, 97, 155, 174, 180,	581

S

Schröter	91, 157, 172,	207
Self-starter Fielding		395
— Deutz		397
— Andrew		398
Simplex.	76, 214, 244, 374, 422, 482,	556
Théorie expérimentale des moteurs.		133
— générique —		102

T

Tramways à gaz.		470
-------------------------	--	-----

U

Unités anglaises. 172

V

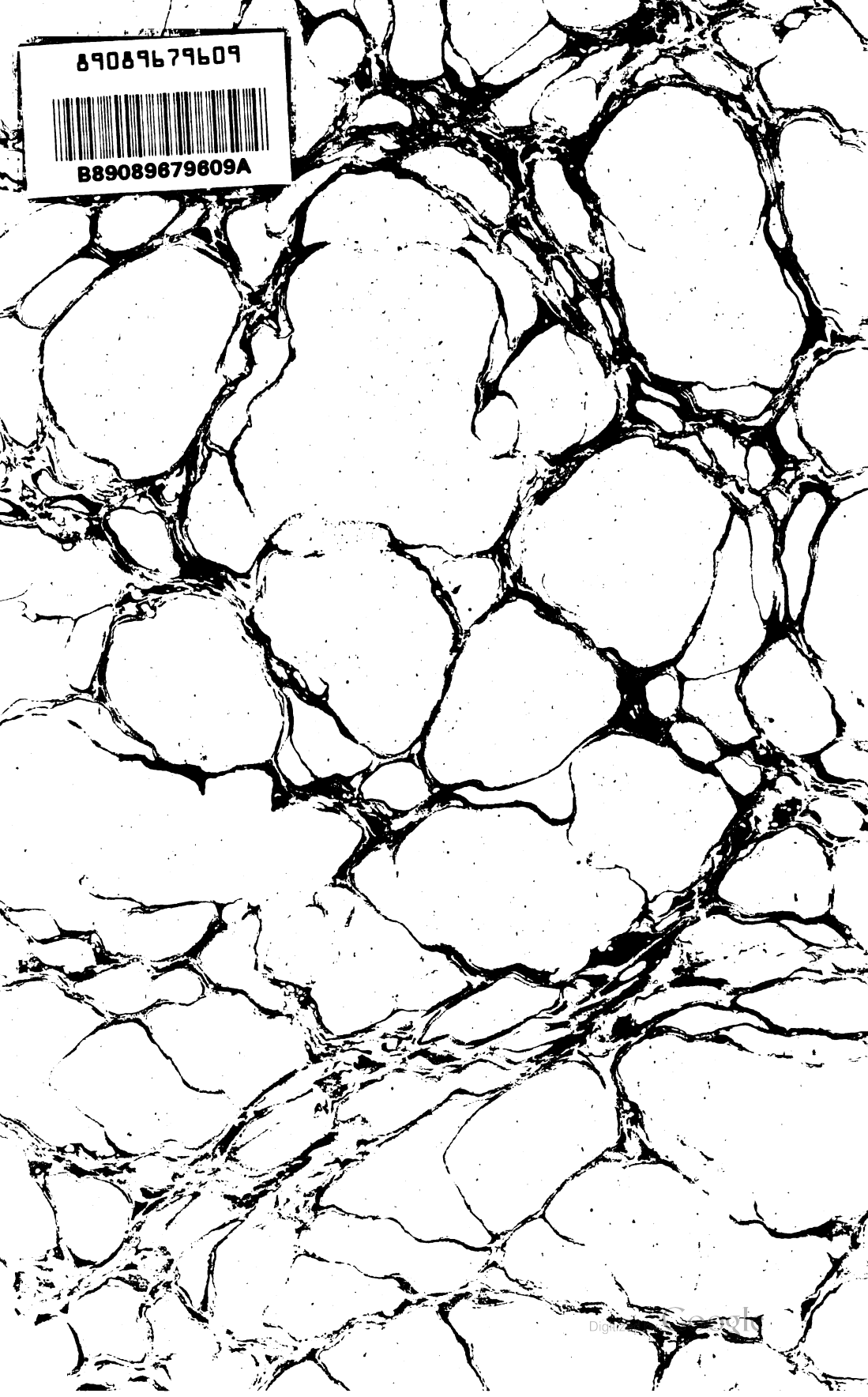
Vitesse des moteurs	180
Voitures automobiles : Histoire	474
— Moteurs Daimler	503
— — Phénix	506
— — Peugeot	507
— — Tenting	509
— — Benz (Roger)	510
— — Léon Bollée	511
— — de Dion et Bouton	512
— — Mors	514
— — Audibert et Lavirotte	516
— — Gautier et Wehrlé	517
— — Gladiator	518
— — Pygmée	520
— — Lepape	521
— — Vallée	523
— — Landry et Beyroux	523
— — Clément	525
— — Cadiot	525
— — Goujon	526
— — Rochet-Schneider	526
— — Delahaye	527
— — Paul Gautier	527
— — Brouhot	527
— — Augé	527
— — Bouché	528
— — Bouvier-Dreux	529
— — Elan	529
— — Fritscher et Houdry	530
— — Klaus	530
— — Durr	532
— — Petréano	524
— — Hunter	535
— — Japy	536
— — Lister	536
— — Astresse	537
— — Koch	537
— — Roser-Mazurier	537
— — Duplex-Niel	538

Voitures automobiles : Moteurs	Loyal	. . . . .	542
—	—	Briggs	. . . . . 543
—	—	Preston-Cohendet	. . . . . 546
—	—	Bernardi	. . . . . 547
—	—	Loutzky	. . . . . 549
—	—	Duryea	. . . . . 550
—	—	Kane-Pennington	. . . . . 551
—	Mécanismes de transmission	Panhard et Levassor	. . . . . 555
—	—	—	Peugeot 561
—	—	—	Gautier-Wehrlé 562, 575
—	—	—	Rossel 565
—	—	—	Duryea 567
—	—	—	Mors 571
—	—	—	Delahaye 570
—	—	—	Lépape 573
—	—	—	Tenting 583
—	—	—	Lefebvre 574, 577
—	—	—	Rochet-Schneider 575
—	—	—	Bollée 575
—	—	—	de Dion et Bouton 575
—	—	—	Doré 576
—	—	—	Brouhot 577
—	—	—	Morrison 578

89089679609



B89089679609A





8 100 101 100 7



b89089679609a