

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre ([www.eclydre.fr](http://www.eclydre.fr)).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](https://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment possible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Revue technique de l'Exposition universelle de 1900. Texte
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1900
Numérotation	1, 1900 - 14, 1901
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1900-1901
Collation	14 vol. ; in-8
Nombre de volumes	14
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 585
Sujet(s)	Exposition universelle (1900 ; Paris)
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE585">https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE585</a>
LISTE DES VOLUMES	
	<a href="#">1. Première partie. Architecture et construction. Tome I</a>
	<a href="#">2. Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la mécanique. Tome I</a>
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	<a href="#">3. Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la mécanique. Tome II</a>
	<a href="#">4. Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la mécanique. Tome III</a>
	<a href="#">5. Troisième partie. Électricité. Tome I</a>
	<a href="#">6. Quatrième partie. Génie civil. Tome I</a>
	<a href="#">7. Quatrième partie. Génie civil. Tome II</a>
	<a href="#">8. Cinquième partie. Moyens de transport</a>
	<a href="#">9. Sixième partie. Génie rural et industries agricoles et alimentaires. Tome I</a>
	<a href="#">10. Sixième partie. Génie rural et industries agricoles et alimentaires. Tome II</a>
	<a href="#">11. Septième partie. Mines et métallurgie. Tome I</a>
	<a href="#">12. Huitième partie. Industries textiles</a>
	<a href="#">13. Neuvième partie. Industries chimiques et diverses</a>
	<a href="#">14. Dixième partie. Armées de terre et de mer</a>

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1900
Volume	<a href="#">3. Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la mécanique. Tome II</a>
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1901
Collation	1 vol. (240 p.) : ill. en noir et blanc ; 27 cm
Nombre de vues	246
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 585 (3)
Sujet(s)	Exposition universelle (1900 ; Paris) Moteurs à gaz -- 19e siècle Moteurs à explosion -- 19e siècle
Thématique(s)	Expositions universelles
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	06/10/2010
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.fr/15255498X">https://www.sudoc.fr/15255498X</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE585.3">https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE585.3</a>



REVUE TECHNIQUE  
DE  
L'EXPOSITION UNIVERSELLE  
DE 1900

---

COURBEVOIE

IMPRIMERIE E. BERNARD ET C<sup>ie</sup>

14, RUE DE LA STATION, 14

BUREAUX A PARIS : 29, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

---

778  
8° Xav 585-2

# Revue Technique DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

*Par un Comité d'Ingénieurs,  
d'Architectes, de Professeurs et de Constructeurs*

Directeur

CH. JACOMET \*

DIRECTEUR-INGÉNIEUR DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES  
DIRECTEUR  
DE L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE  
EN RETRAITE

## DEUXIÈME PARTIE

# Matériel et Procédés généraux de la Mécanique

TOME II

PARIS

E. BERNARD & C<sup>ie</sup>, IMPRIMEURS-ÉDITEURS  
29, Quai des Grands-Augustins, 29

1901



LES  
MOTEURS A GAZ ET A PÉTROLE  
ET  
LES GAZOGÈNES  
à  
L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900  
PAR  
**AIMÉ WITZ**  
DOCTEUR ÈS SCIENCES  
INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES  
PROFESSEUR  
A LA FACULTÉ LIBRE DES SCIENCES DE LILLE

---

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

---

A l'Exposition de Paris de 1889, 31 exposants présentaient 53 moteurs à gaz de types différents, dont la puissance totale dépassait à peine mille chevaux ; en 1900, nous avons vu, tant au Champ-de-Mars qu'à l'annexe de Vincennes, plus de 200 moteurs, pour lesquels 56 constructeurs ou inventeurs sollicitaient l'attention des visiteurs, la préférence des acheteurs et les faveurs du jury. Leur puissance totale avait pour le moins quintuplé ; alors qu'en 1889 une machine unique était annoncée pour 50 et que deux moteurs seulement atteignaient cent chevaux, l'Exposition de 1900 en comptait un bon nombre de 50, 75 et 100 chevaux, un de 250, un de 300 et enfin un autre de 700 chevaux, à un seul cylindre. Voilà le progrès réalisé en onze ans.

Et pourtant l'Exposition reflétait mal l'état présent de cette branche de la construction mécanique ; les moteurs à gaz étaient loin d'occuper la place et de jouer le rôle que nous avions rêvé pour eux et qu'ils devaient remplir. Nous avions l'espoir fondé et la légitime ambition de les voir contribuer pour une large part, concurremment avec les machines à vapeur, à la production et au transport de la force motrice et à l'éclairage

électrique des jardins et des galeries ; nous nous attendions à trouver, en face des batteries de chaudières à vapeur, des batteries de gazogènes, alimentant de puissants moteurs ; nous nous flattions de mettre en parallèle avec les admirables groupes électrogènes à vapeur de non moins admirables groupes électrogènes à gaz, dont l'élégance, la régularité, l'élasticité, l'allure rapide, l'ingéniosité mécanique et l'impeccable construction auraient pu conquérir également les suffrages de tous. Il n'en a rien été malheureusement et nous sommes contraints d'en appeler de ce concours à un autre, mieux préparé, organisé avec plus d'ensemble par une administration plus éclairée, sinon plus bienveillante, et appuyé peut-être sur un syndicat de bonnes volontés qui a fait défaut cette fois encore.

Il eût été d'un intérêt suprême de pouvoir compter les tonnes de charbon consommées d'une part pour le service des machines à vapeur, d'autre part pour l'alimentation de moteurs à gaz développant le même nombre de chevaux-heure effectifs : nos gaz pauvres, qui transportent l'énergie au loin avec une perte insignifiante, auraient fait valoir par des chiffres significatifs et incontestables leur supériorité sur la vapeur dont les condensations grevaient d'une perte considérable le bilan de la puissance motrice. Les gazogènes et les moteurs au rendement thermique élevé auraient d'autre part complété ce triomphe. Au point de vue de l'encombrement et de l'espace occupé, le générateur de gaz aurait lutté avantageusement avec les générateurs de vapeur les plus puissants et les plus actifs. Enfin l'économie réalisée sur la construction des cheminées, dont les gazogènes n'ont pas besoin, aurait largement payé les frais d'établissement du gazomètre qui aurait recueilli et distribué les gaz.

Puisque nous exposons ici les espérances que nous avions caressées et les déceptions que nous avons éprouvées, pourquoi ne les dirions-nous pas toutes avec franchise ? Nous pensions que les moteurs à gaz et les gazogènes auraient l'honneur d'une classe distincte et d'un jury composé uniquement de spécialistes ; nous supposions qu'on pourrait grouper ces machines dans une halle qui leur serait réservée et qui aurait permis des études et des comparaisons fructueuses et fécondes. Nous espérons aussi que, répudiant des procédés qui ne conviennent plus à leur situation acquise aujourd'hui, les moteurs à gaz renonceraient aux enseignes voyantes, aux réclames tapageuses, aux boniments hyperboliques, et que, laissant au public et au jury la tâche ardue de reconnaître et de signaler les meilleurs, aucun d'eux ne se déclarerait

lui-même le plus parfait, le plus économique et le premier de tous. Ces revendications ont le grand tort d'être peu modestes, sans compter qu'elles sont déplaisantes pour les voisins ; de plus, l'affirmation audacieuse de qualités exceptionnelles qu'on ne réalise pas toujours et de consommations qu'on dépasse le plus souvent fait naître des exigences qu'il serait préférable de ne pas éveiller.

Ce sont, à vrai dire, de légères ombres dans un lumineux tableau : en somme, l'exposition des moteurs à gaz a consacré les brillants progrès accomplis. Ils sont incontestables au point de vue de la régularité, de la sécurité, de la marche silencieuse, de la consommation et de la construction.

Les moteurs à quatre temps du genre Otto l'emportent sur toute la ligne ; les petits moteurs sans compression, les moteurs à combustion et les moteurs atmosphériques n'ont pas été représentés, et il n'y avait en tout que deux moteurs à deux temps (<sup>1</sup>). Le moteur du premier type, à explosion sans compression, dont la consommation est exagérée, n'a plus sa raison d'être et il n'y a aucune raison de le regretter. Le moteur à deux temps du genre Clerk possède au contraire des avantages incontestables, compensés, il est vrai, par son moindre rendement ; mais cette infériorité est peu sensible, quand on alimente ces machines de gaz pauvre, ainsi que l'a fait avec succès M. Bénier ; ce moteur dont la marche est remarquablement silencieuse et qui produit le cheval-heure effectif par 714 grammes d'anthracite ou 752 grammes de coke (<sup>2</sup>), aurait fait bonne figure à Vincennes à côté des moteurs à quatre temps, accouplés comme lui avec des gazogènes à aspiration. Le moteur Von Oechelhaeuser et le nouveau duplex Koerting auraient aussi dû figurer à l'Exposition pour démontrer que les deux temps se prêtent bien à la production des grandes puissances. Quant aux moteurs à combustion, du troisième type, le succès de la machine Diesel déterminera certainement un revirement de l'opinion en leur faveur et je ne doute pas que la prochaine Exposition universelle (si toutefois il s'en fait encore une) ne soit marquée par la réapparition de ce type dont Simon, Crowe et Gardie ont été les premiers représentants ; pour le moment, le mo-

(1) Il est intéressant de rappeler qu'à l'Exposition de 1889 ces types n'étaient pas encore tombés dans le même abandon. On y voyait quatre moteurs du premier type (Forest, de Bisschop, Bénier et Laviornery), six moteurs à deux temps (Ravel, Bentz, Midland, Dot, Mire et Baldwin) et un moteur Griffin à six temps. Aucun moteur à combustion ne fut exposé.

(2) Ces chiffres ont été établis par mes essais de 1894 ; M. Bénier a obtenu mieux depuis lors, ainsi que je viens de le constater par une expérience de quinze heures consécutives.

teur Diesel n'est encore qu'un excellent et fort remarquable moteur à pétrole, du genre Brayton. Le nom de Gardie n'était rappelé que par son gazogène à haute pression.

C'est donc vers les quatre temps de Beau de Rochas, devenus le chef-d'œuvre d'Otto, que tous les constructeurs portent aujourd'hui leurs préférences, s'efforçant d'en améliorer la construction, d'y perfectionner la distribution, de mieux disposer ses divers organes, de faciliter leur accès et leur démontage, d'augmenter leur durée et de réduire la consommation par cheval effectif, grâce à un rendement thermique et organique élevé. Le résultat a été remarquable ; plusieurs moteurs, parmi lesquels le Charon continue de se distinguer, sont descendus à moins de 500 lit. de gaz à 5 230 calories ; mais le Crossley paraît détenir en ce moment le record par les 419 lit. de gaz de Manchester constatés par M. Hopkinson avec un moteur de 60 chevaux. C'est le triomphe de la réduction des actions de paroi et des fortes compressions préalables ; on est limité malheureusement dans cette voie par les difficultés mécaniques de la construction et les inflammations prématuées ; Beau de Rochas les acceptait et opérait ainsi la mise de feu du mélange tonnant, il n'a pas bien dit comment ; Diesel les évite, et c'est un de ses grands mérites, en introduisant le combustible dans le comburant, alors que sa compression est effectuée. Qu'on joigne à la haute compression les détentes rapides et longues que nous avons préconisées depuis le début de nos travaux, et le rendement thermique s'améliorera de plus en plus.

Les précautions prises pour réduire l'action de paroi ont malheureusement leur contre-partie dans les pertes à l'échappement qu'on n'évite que par une détente complète et très prolongée. Le type classique d'Otto s'y prête peu, si l'on n'y adjoint pas des dispositifs spéciaux, dans le genre de ceux qu'ont imaginés Charon, Niel, Letombe, Heynen (Champion) et d'autres ; de Bisschop et Atkinson avaient obtenu ce même résultat par des agencements mécaniques qui compliquaient les organes. Tous ont réussi à abaisser la consommation et la théorie a été confirmée par l'expérience. Le moteur Charon a été engagé le premier dans cette voie heureuse et ses consommations réduites lui ont créé une juste renommée, alors que le fonctionnement a lieu à pleine charge ; le rendement thermique baisse un peu à demi-charge, il est vrai, en même temps que diminue la compression, ce qui a amené M. Letombe à sa belle invention de la surcompression, qui permet d'allonger la détente sans diminuer le degré de compression. Le mo-

teur Letombe actuel est né dans l'intervalle des deux Expositions de 1889 et de 1900 et il doit donc figurer dans les nouveautés parues, bien que l'Exposition de Bruxelles l'ait déjà mis dans la catégorie des Grands Prix.

Le moteur Letombe et le Duplex français sont revenus avec succès au double effet qui réduit l'encombrement et peut améliorer le rendement et la régularité de marche ; il faut signaler ce perfectionnement mécanique qui repose sur l'amélioration des joints mobiles de stuffing-box. M. Letombe a exposé des triplex et il construit même des quadruplex dont nous ferons ressortir plus loin le mérite et les avantages.

La meilleure qualité des huiles de lubrification a permis de réaliser une autre indication de la théorie, la marche à température élevée des cylindres ; mais il convient de procéder avec prudence dans cette direction, car il faut être bien sûr des huiles qu'on emploie et se garder, d'autre part, de perdre à l'échappement ce qu'on a gagné sur l'action de paroi. Je dois citer néanmoins un résultat très net que j'ai observé sur un moteur Millot, qui consommait seulement 339 grammes de pétrole quand l'enveloppe du cylindre était traversée par de l'eau à 100° et 378 grammes lorsque cette enveloppe était maintenue à 53°.

Des artifices spéciaux, assurant une parfaite diffusion du gaz combustible dans la masse d'air comburant, ont aussi contribué à diminuer l'influence nuisible d'une imperfection des cycles dont on a longtemps méconnu l'importance. La combustion complète et parfaite qui en résulte contribue grandement à la réduction de consommation obtenue par la généralité des moteurs.

Le balayage des produits de l'explosion par une chasse d'air était une des idées préférées d'Atkinson, et le maître avait constitué, avec le concours de M. Crossley, le type remarquable appelé *scavenging engine*. Nous ne l'avons pas vu dans la belle exposition des moteurs Crossley que MM. Pierson avaient organisée, et on pourrait croire que ce type a cessé de plaire ; il avait pourtant permis d'obtenir le cheval-heure effectif par 467 lit. de gaz d'Openshaw à 5 650 calories par mètre cube, pour un moteur de 40 chevaux, faisant 174 révolutions par minute. On a dit que ce modèle était plus bruyant, ce qui serait un grave argument contre des moteurs au gaz de ville, destinés à des installations urbaines, dans des quartiers où l'on ne saurait tolérer, par respect des voisins, le bruit rythmé d'un moteur à décharge retentissante.

L'Exposition ne nous a montré que des perfectionnements de détail pour les régulateurs, mais il semble que l'on ait réussi à les corriger de

l'oscillation périodique que leur imprime la résistance des organes de distribution qu'ils commandent ; les derniers moteurs Otto et Crossley sont remarquables à cet égard.

Rien de nouveau pour l'allumage, qui se fait électriquement ou par incandescence ; on a réussi à prolonger la durée des tubes ; l'appareil électromagnétique Otto a trouvé peu d'imitateurs, bien qu'il soit très pratique.

Bon nombre de constructeurs recourent sagement à un troisième pâlier pour éviter le porte-à-faux des lourds volants, qui chargent les arbres des puissants moteurs. La plupart des firmes ont aussi établi des types spéciaux à grande vitesse pour la commande des dynamos ; la régularité de la lumière y a gagné beaucoup, et un immense progrès a marqué à cet égard les dix dernières années.

L'emploi de l'air carburé par des pétroles légers, gazolines et autres, paraît se restreindre beaucoup pour les moteurs fixes, les seuls dont nous ayons à nous occuper dans cette étude<sup>(1)</sup> ; d'autre part, l'utilisation de l'alcool, tant désirée par nos agriculteurs français, progresse lentement et gagne peu de terrain ! Malgré les concessions faites par le fisc, le prix du litre d'alcool dénaturé est encore trop élevé pour que ce produit du sol national puisse concurrencer les carbures de l'Amérique et du Caucase, dont les sources sont loin d'être taries. En ce moment, les expériences les plus favorables à l'alcool ont démontré que l'on ne peut faire mieux que de dépenser volume égal d'essence à 0,70 et d'alcool à 90° pour même travail ; il faudrait donc que les prix du litre fussent égaux, ce qui n'est pas encore. Il faudrait aussi que les moteurs à alcool ne soient pas plus lourds, ni plus encombrants, ni plus chers que les moteurs à essence. L'Exposition a jeté peu de lumière sur ces divers points.

Par contre, l'utilisation des pétroles lampants a progressé vivement, et le Champ de Mars aussi bien que Vincennes nous a présenté une belle collection de moteurs à huile de pétrole. Le but à poursuivre était connu depuis longtemps ; former un mélange gazeux homogène, pouvant brûler complètement dans le cylindre et ne produisant aucun encrassement. A cet égard, le moteur Diesel est parfait : il le doit à sa haute compression et au mode d'injection de la vapeur de pétrole. Le moteur Priestmann et les analogues, qui pulvérissent le pétrole avant de le vaporiser, permettent aussi un excellent brassage de l'air et du carbure et

(1) Les moteurs d'automobiles feront l'objet d'un article spécial de la *Revue*.

donnent lieu à une bonne combustion ; les procédés sont extrêmement variés et il en est de fort ingénieux ; le moteur Niel leur doit son beau succès.

Avec le pétrole, le fonctionnement à quatre temps s'impose et M. Diesel a eu l'habileté de le combiner avec le type à combustion.

L'injection d'eau de Hugon et de Simon avait été oubliée, mais on y revient et M. Banki est arrivé bon premier, dans des conditions superbes : nous décrirons avec soin cette intéressante création.

Le gaz de ville et le pétrole ne conviennent qu'aux petites et moyennes puissances ; c'est au gazogène qu'il faut recourir quand les installations prennent une certaine importance.

Faut-il rappeler que c'est E. Delamare-Deboutteville<sup>(1)</sup> qui a appliqué, sans doute le premier en France, le gazogène à l'alimentation du moteur Simplex ? J'ai fait un essai sur cette installation à Rouen, en novembre 1883, et j'ai relevé alors une consommation remarquable de 2439 lit. d'un gaz à 1350 calories par cheval-heure effectif pour un moteur de 7 chevaux. Depuis lors, M. Dowson a multiplié les applications de son gazogène en perfectionnant son fonctionnement, et il a trouvé de nombreux imitateurs. En 1889, le gazogène Buire-Lencauchez était exposé sur la berge de la Seine à côté du Simplex monocylindrique de cent chevaux qui fit grande impression sur le jury et le public. Ce fut, si mes souvenirs sont exacts, le seul gazogène exposé ; en 1900, il y en avait huit types différents.

Le progrès est manifeste, et pourtant, il est en réalité bien plus considérable encore qu'il ne ressort du parallèle établi entre deux expositions successives.

Et d'abord, le gazogène, qui exigeait au début un anthracite choisi et du coke lavé, s'accorde aujourd'hui de tout charbon non collant : il suffit en effet que le combustible descende régulièrement dans la cuve pour qu'on puisse produire de bon gaz ; tout charbon maigre n'ayant pas une teneur trop élevée en cendres et suffisamment criblé, se prête à une bonne marche. J'ai fait récemment au tramway de Cassel des essais qui ont donné d'excellents résultats sur un gazogène Pierson, alimenté de braisette Lagrange (provenance des mines d'Anzin) criblée à 30/30, renfermant près de 10 0/0 de cendres.

(1) Edouard Delamare-Deboutteville est mort pendant que nous corrigeions les épreuves de ce travail ; ce vaillant et infatigable promoteur des moteurs à grande puissance a été enlevé à la fleur de l'âge, au moment où il allait recueillir le fruit de ses travaux et de son initiative intelligente et hardie.

Les appareils Pierson, installés à Loos, à Petit-Bourg, à Puteaux, à la Briche, à Lyon, à Douarnenez (Finistère), à La Turbie (Alpes-Maritimes) et ailleurs, sont chargés avec des charbons maigres de Charleroi, du Nord, de Saône-et-Loire, du Gard, etc., qui donnent partout un bon gaz de moteur. M. Letombe nous a fait connaitre aussi une expérience brillante faite sur son gazogène avec du charbon des Alpes, chargé de 44 de cendres. Mais la merveille est peut-être celle-ci : les gazogènes Mond emploient des charbons bitumineux, sous forme de menus, renfermant environ 62 0/0 de carbone fixe ou volatil. C'est par un dosage convenable du mélange d'air et de vapeur insufflé que ces résultats sont obtenus en réglant habilement l'allure du feu.

Le prix du mètre cube de gaz pauvre a évidemment considérablement baissé à la suite des progrès que nous venons de mentionner ; il baisserait bien plus encore, si l'on extrayait, comme cela se pratique à l'usine de MM. Brünner et Mond à Northwich, le sulfate d'ammoniaque du gaz avant de l'envoyer aux moteurs ; le rendement en ammoniaque, dûment constaté, est de 31 kg. par tonne de houille. Dans cette remarquable installation, le rendement net des gazogènes est de 80 0/0 ; peu de chaudières utilisent aussi bien le calorique du combustible ; des moteurs Crossley donnent le cheval-heure indiqué par 1 975 lit. de ce gaz dépouillé d'ammoniaque, ce qui correspond à 467 grammes de charbon médiocre et fait ressortir le kilowatt à 992 grammes.

Le prix net du mètre cube de gaz Mond, à 1 430 calories, est d'au plus 1,7 centime, d'après M. Humphrey, et la *Northwich Electric Supply Co* a renoncé à utiliser des chutes d'eau dont elle disposait, pour faire une installation de gazogènes.

La puissance des installations croît rapidement d'année en année ; ne citons que cette grande batterie, décrite dans l'*Iron Age*<sup>(1)</sup> et desservant les nouveaux ateliers de l'Erie Railroad, à Jersey City ; elle est montée de gazogènes Taylor (connus en France sous le nom de Fichet et Heurtey) et de moteurs Otto, d'une puissance totale de 400 ch. L'expérience a démontré que l'on arrive à y produire maintenant la force motrice à un prix moitié moindre qu'autrefois par l'aide des chaudières et des machines à vapeur. Les moteurs Otto ont consommé 2 400 lit. de gaz par cheval-heure effectif, soit 450 grammes de charbon. Le gazomètre est de faible diamètre ; sa capacité ne fournit que dix minutes de marche, et son rôle est surtout de régulariser la production, la

(1) Cf : *Génie Civil*, 1899, 2 décembre, p. 79.

richesse et la consommation du gaz. A Winnington, en Angleterre, chaque gazogène Mond gazéifie 24 tonnes de charbon par jour et alimente, sans interposition d'aucun gazomètre, des moteurs pouvant développer 1 000 chevaux effectifs, quand l'installation sera achevée. En Amérique, la Compagnie Westinghouse a déjà une station de 1 500 chevaux et elle en projette une de 30 000.

Tout cela n'apparaissait pas à l'Exposition et la leçon de choses qu'elle donnait sur les gazogènes était donc incomplète.

M. Ayrton a dit autrefois qu'un moteur à gaz alimenté de gaz de ville est dans les mêmes conditions qu'un moteur électrique desservi par des piles. En rapportant ce propos, j'écrivais en 1886 (<sup>1</sup>) : « Il s'agit de produire le gaz de chauffage de même qu'on produit de la vapeur ; l'opération n'est pas plus compliquée, et nous n'hésitons pas à affirmer que dans un avenir prochain la cornue à gaz aura supplanté dans bien des industries, les bouilleurs des générateurs à vapeur ». M. Bramwell, célèbre ingénieur anglais, a été plus loin encore (<sup>2</sup>) ; il a prédit que dans cinquante ans, la machine à vapeur ne se verrait plus que dans les musées. C'est peut-être assigner à l'évolution une période trop courte et prévoir une solution trop radicale, mais il n'est pas nécessaire d'être fils de prophète et encore moins d'être prophète pour apprécier l'avenir réservé aux moteurs et aux gazogènes.

Aussi, voyez quelle poussée formidable depuis quelques années ! Qui s'occupait du moteur à gaz en 1889 ? Qui s'y intéressait ? Les grands constructeurs le dédaignaient, les savants l'ignoraient ou ne le jugeaient pas digne de leurs études. Et voici que les plus grandes maisons se disputent les brevets à exploiter. Le Creusot, la Compagnie de Fives-Lille, la Société John Cockerill, MM. Japy frères, la Société Alsacienne, et d'autres encore, qui se tiennent momentanément dans la coulisse, organisent à grands frais des ateliers spéciaux pour la fabrication des moteurs. Les compagnies se forment et réunissent des capitaux considérables pour créer un type ou pour en améliorer un autre et s'arracher des clients qu'on prévoit nombreux. Des techniciens de talent consacrent dans les revues les plus autorisées des articles de critique, d'analyse ou de description ; des maîtres en physique mathématique, restés étrangers jusqu'ici au mouvement, y entrent à leur tour et

(1) *Traité des moteurs à gaz*, première édition, p. 283.

(2) When the next fifty years came round, the steam-engine, unless some means were found of making most important improvements (as he did not see where they were to come from) would be found only in museums.

cherchent à attacher leur nom à une théorie nouvelle et à briser les lisières des doctrines admises jusqu'ici. Ces doctrines, nous n'hésitons pas à le reconnaître, n'étaient et ne sont encore que des ébauches, et elles attendent un Fresnel, un Ampère, un Carnot, un Maxwell pour les illuminer d'une lumière nouvelle; ce sera demain peut-être, si Dieu le veut. Les ouvriers de la première heure ne jalouseront pas ceux de la onzième heure et ils ne murmureront pas de voir allouer un denier aux derniers venus aussi bien qu'à ceux qui ont porté le poids du jour et de la chaleur.

Ils désirent modestement qu'on ne méconnaisse pas la part qu'ils ont prise à la conquête de ce qui a été péniblement acquis et ils demandent seulement que les nouveaux Christophe Colomb ne s'attribuent pas la découverte de la Méditerranée en attendant qu'ils aient abordé l'Amérique.

A cet égard, il peut être utile de dresser le bilan des résultats obtenus à ce jour par les efforts combinés de tous.

En somme, en admettant comme première approximation que la suite des modifications éprouvées par un mélange gazeux dans un moteur constitue un cycle, on est arrivé à démontrer que le moteur à compression est supérieur à celui sans compression, que le moteur à explosion a un rendement supérieur à celui du moteur à combustion, la compression étant égale, que le moteur à combustion peut améliorer grandement son rendement par une augmentation de la compression, que le moteur atmosphérique a le rendement le plus élevé de tous. C'était la théorie générique. La théorie expérimentale, fondée sur des essais de laboratoire, et sur de nombreuses expériences répétées dans des conditions diverses sur des moteurs de types variés, a montré d'autre part que l'action de paroi est prépondérante, qu'il faut surtout chercher à réduire les pertes qu'elle occasionne, qu'il faut veiller à obtenir des combustions complètes, qu'il faut allonger la détente dans la mesure du possible, et travailler alors à des températures élevées, en marche rapide, avec une forte compression préalable<sup>(1)</sup>. Ces conclusions formulées, il y a bientôt vingt ans, ont été confirmées par la pratique.

En appliquant aux phénomènes le principe de l'équivalence sous la forme qui convient aux transformations ouvertes, en tenant compte de ce qu'aucune transformation n'est réellement ni adiabatique, ni isothermique, en introduisant dans les formules les variations de  $\gamma$  de la

(1) *Etudes sur les Moteurs à gaz tonnant*, 1884 et *Traité des moteurs à gaz*, première édition, 1886.

formule  $pc^7$  et de la chaleur spécifique des gaz aux températures élevées, en faisant intervenir la condensation qui accompagne la réaction chimique, etc., on obtiendra assurément des formules plus exactes, mais au prix d'une complication qui les rendra moins suggestives, complication devant laquelle les premiers auteurs de la théorie générale ont reculé. Nous souhaitons que cette méthode aboutisse à des résultats nouveaux. MM. Clerk, Schöttler, Slaby, Diesel, Boulvin, Kœhler, Richard, Donkin, Stodola, Meyer, Banki, Duperron, Deschamps, etc., ont déjà publié de remarquables études qui ont avancé la question et dont les conclusions ont été fort lumineuses. Il est permis d'espérer qu'il en sortira une théorie générale solidement établie.

Mais il nous semble que tout perfectionnement de la théorie expérimentale sera plus fécond encore et c'est dans cette voie que nous voudrions voir s'engager les collaborateurs distingués qui s'attachent avec tant de talent et de zèle aux progrès du moteur à gaz, en vue de contribuer à ses progrès et d'assurer son brillant essor.

L'Exposition de 1900, pour incomplète qu'elle ait été, a rendu le service qu'on en attendait ; elle a mieux fait connaître cette catégorie de moteurs thermiques.

C'est ce qu'il faut aux œuvres d'avenir : elles n'ont besoin que d'être connues.

### Utilisation directe des gaz de hauts fourneaux

Le remarquable moteur de la Société Cockerill, exposé dans la section belge, dont le piston mesure 1<sup>m</sup>,300 de diamètre et parcourt une course de 1<sup>m</sup>,400, attirait tous les yeux à l'Exposition et il a conquis tous les suffrages, y compris ceux du jury, qui lui a décerné le premier grand prix. C'est un moteur destiné à utiliser les gaz de hauts fourneaux et à actionner directement une machine soufflante.

Nous avons vu comment, d'une exposition à l'autre, le moteur à gaz a grandi : il a atteint aujourd'hui une puissance de 600 chevaux au gaz très pauvre par un cylindre, et, en multipliant les cylindres, il peut développer 1200 et 2400 chevaux. Les ingénieurs de Deutz donnent la préférence au type de deux et quatre cylindres ; ils revendiquent pour lui une économie sensible sur les frais de construction. M. Munzel, directeur des ateliers Otto allemands (<sup>1</sup>) prétend que, pour des machines exi-

(1) Voir notre compte-rendu du *Congrès international de Mécanique appliquée*, tome I, p. 513.

geant une très grande régularité, le prix de revient du moteur monocylindrique est plus élevé des deux tiers que celui du moteur à quatre cylindres ; les prix ne s'égaliseraient même pas pour les moteurs possédant une régularité moyenne. Cette affirmation de l'éminent ingénieur serait facile à contrôler ; je la crois exacte. Mais le prix de revient n'est pas le seul élément à considérer dans un moteur : il en est d'autres encore qu'on invoque en faveur des deux ou quatre cylindres. La consommation des moteurs polycylindriques est au plus égale à celle des premiers. J'ai constaté, en effet, par les nombreux essais que j'ai effectués sur les types les plus divers de moteurs, que le rendement thermique ne s'améliore pas avec les dimensions du cylindre ; la masse des organes en mouvement croît, d'une part, rapidement avec la puissance ; d'autre part, les pertes par l'échappement et par la détente incomplète augmentent plus vite que ne diminuent les pertes par les parois ; de plus, les nécessités de la réfrigération par circulation d'eau imposent des dispositions et des charges plus onéreuses pour les cylindres de très fort diamètre ; enfin, la division des efforts et du travail assure une sécurité relative plus grande à l'égard de certains accidents produits par des allumages intempestifs. Bref, on fait valoir des arguments séduisants en faveur des quatre et des deux cylindres.

Mais écoutons les défenseurs de la thèse opposée. Le cylindre unique se prête bien mieux à la commande directe de certaines machines, et notamment des machines soufflantes. D'ailleurs, la multiplication des cylindres et de leurs organes de distribution entraîne des difficultés de conduite plus grandes, des nécessités de surveillance et de graissage plus pressantes, des chances d'avaries plus nombreuses, des éventualités d'obstruction par les goudrons et par les poussières plus graves, etc. : nous reconnaissons que ces arguments ont une grande valeur. Nous exprimons, du reste, le vœu que des expériences sérieuses soient faites en vue de résoudre cette intéressante question, et que les moteurs à quatre cylindres de 600 chevaux de puissance soient l'objet d'essais analogues à ceux qui ont été faits à Seraing et à Differdange sur des moteurs monocylindriques, indiquant toutes les données de consommation de gaz, d'eau, d'huile, et les données de fonctionnement relatives à la régularité moyenne et cyclique, aux températures d'échappement, à la netteté des soupapes et des cylindres, etc. C'est par des études de ce genre, poursuivies avec patience et dirigées avec méthode, que sera résolu le problème dont nous venons d'indiquer les solutions contradictoires.

Les moteurs à gaz de grande puissance étaient donc réalisés dès 1894 ;

où allait-on trouver des gazogènes assez grands pour fournir les 1800 m<sup>3</sup> de gaz qu'absorbe par heure un moteur de 600 chevaux ?

C'est ici qu'est intervenu le bon sens de tout le monde.

C'était un axiome indiscuté parmi les chimistes et les métallurgistes que les hauts fourneaux constituaient les meilleurs des gazogènes (<sup>1</sup>) ; on savait qu'un haut fourneau de 100 tonnes consomme au moins 100 tonnes de coke et fournit, en vingt-quatre heures environ 400 000 m<sup>3</sup> d'un gaz dont le pouvoir calorifique est compris entre 900 et 1000 calories ; on utilisait ces gaz du mieux qu'on le pouvait pour chauffer des appareils à air chaud du système Cowper Whitwell et pour produire la vapeur nécessaire aux machines soufflantes, aux pompes, aux monte-charges et aux concasseurs de minerais ; quelquefois, les gaz chauds étaient employés au grillage des minerais. En somme, on perdait beaucoup de mètres cubes de gaz, parce qu'on n'avait pas grand bénéfice à les capter, et l'on perdait beaucoup de calories, parce qu'on les utilisait mal. En effet, on a trouvé dans certaines installations nouvelles, parfaitement étudiées, que le cheval-heure effectif coûtait 8 m<sup>3</sup> de gaz ; mais M. Lürmann, qui connaît parfaitement cette question, estime cette dépense à 12<sup>m3,6</sup>, et je suis porté à croire, à la suite d'expériences que j'ai faites, que ce chiffre est très souvent dépassé.

Dans un intéressant travail, publié dans *Stahl und Eisen*, en 1890, M. Gredt, dont la compétence est grande en cette matière, a estimé à 50 374 372 les calories utilisées par les chaudières adjointes à un haut fourneau de 100 tonnes, et à 339 633 147 les calories emportées par les gaz non recueillis. Quelqu'un a dû se dire un jour que le haut fourneau pourrait donc servir de gazogène à de puissants moteurs à gaz, qui tirent un excellent parti des calories des gaz et permettraient de les employer en totalité : cet ingénieur était dans le vrai.

Est-ce M. Thwaite, M. Oechelhaeuser, M. Greiner ou MM. Bailly et Kraft, qui ont émis l'idée et l'ont lancée dans le public ? Je ne sais. Mais l'idée a fait rapidement son chemin.

De petits moteurs de tout système furent essayés à Frondingham et à Wishaw, en Angleterre, en 1894, à Hörde, le 12 octobre 1895, et à Seraing, le 20 décembre de la même année ; ces dates montrent que ces essais ont été faits simultanément de divers côtés ; les résultats furent encourageants partout et les études commencèrent aussitôt en vue de la généralisation et de l'extension du procédé.

(1) C'est ainsi que s'exprimait, en 1878, M. Lencauchez, dans son *Etude sur les Combustibles en général*, Paris, Lacroix, p. 58.

Il s'agissait d'abord de s'assurer que le gaz de haut fourneau était *toujours* assez riche pour permettre une marche continue et régulière des moteurs. Le calcul assigne au gaz de haut fourneau un pouvoir qui oscille de 850 à 1 100 calories, suivant la proportion relative d'oxyde de carbone et d'anhydride carbonique (<sup>1</sup>) ; mais il fallait faire de nombreux essais pour contrôler ces résultats et ce calcul.

J'ai été amené à effectuer un grand nombre de déterminations de pouvoir à l'aide de ma bombe eudiométrique, qui permet une opération rapide et exacte : je crois intéressant de donner ici un certain nombre des résultats obtenus.

Les pouvoirs ci-dessous sont mesurés à volume constant, par mètre cube à 0° et 760 millimètres de pression, vapeur d'eau condensée à 15° environ. La combustion est complète.

#### Pouvoir calorifique de gaz des hauts fourneaux.

##### BELGIQUE

A. . . . .	1 001, 978, 993, 999, 957.	Moyenne :	981
B. . . . .	990, 964, 949, 1 084, 1 032, 1 020, 968, 970, 1 022, 1 012, 991, 961.	—	997
C. . . . .	9·6, 999, 995, 977, 965.	—	984
D. . . . .	9·9, 993, 987, 1 003, 1 021.	—	999

##### LUXEMBOURG

E. . . . .	935.	935
F. . . . .	1 098, 1 204, 1 053, 1 023.	Moyenne : 1 094
G. . . . .	1 046.	1 046
H. . . . .	1 045, 1 047, 1 024, 1 024, 1 027, 1 019, 988, 980, 1 013, 958, 1 020, 959, 989.	Moyenne : 1 006

##### ALLEMAGNE

I. . . . .	1 013, 1 012, 995, 981, 980, 1 011.	Moyenne :	998
J. . . . .	768, 1 001, 813, 885.	—	867
K. . . . .	927, 963, 1 047, 977, 958.	—	974
L. . . . .	1 007, 1 017.	—	1 012
M. . . . .	961, 927.	—	944
N. . . . .	1 003, 1 043.	—	1 023
O. . . . .	1 033, 912.	—	972

##### ANGLETERRE

P. . . . .	981.	981
------------	------	-----

##### ESPAGNE, FRANCE (Fourneaux du Midi).

Q. . . . .	875.	875
R. . . . .	790, 895, 951, 1 018, 966, 926.	Moyenne : 974
S. . . . .	1 060, 974.	— 1 017

(1) D'intéressantes études ont été publiées sur ce sujet; je signalerai particulièrement un beau travail de M. Hubert, paru en 1897 dans les *Annales des Mines de Belgique*.

Les soixante-dix-neuf analyses qui précèdent confirment les résultats du calcul ; ces chiffres sont supérieurs à ceux que l'on obtient par les calorimètres à brûleur du genre Hartley ou Junkers, parce qu'ils correspondent sans doute à une combustion plus complète, que ces appareils n'assurent pas aussi rigoureusement quand les gaz sont très pauvres.

J'estime donc le pouvoir moyen des gaz de hauts fourneaux à 981 calories par mètre cube, à 0° et 760 millimètres de vapeur d'eau condensée ; il s'élève accidentellement quelquefois à 1 050, à certaines allures des fourneaux, alors que le laitier devient plus acide ; il tombe fort rarement au-dessous de 850. La pauvreté du gaz est, dans ce cas, extrême, et elle peut donner lieu à de mauvaises combustions sous les chaudières et à un fonctionnement défectueux des moteurs à gaz, quand on utilise directement les gaz. Mais j'estime qu'alors même le mélange tonnant s'alluera encore, étant données les compressions préalables de 7 à 9 kg. auxquels on les soumet généralement. L'étude calorimétrique des gaz de hauts fourneaux démontre donc qu'ils sont, malgré leur irrégularité de composition, de nature à assurer dans de bonnes conditions la marche des moteurs.

Restait l'objection des poussières entraînées hors des fourneaux par le courant qui les emporte dans les canalisations : M. Lürmann craignait que ce ne fût un obstacle à l'utilisation directe des gaz, et ses craintes étaient partagées par la plupart des maîtres de forges. Ces poussières étaient, en effet, redoutables, car on estime que 1 m<sup>3</sup> emporte avec lui 123 grammes de poussières par mètre cube (1) ; 100 grammes se séparent d'eux-mêmes dans les premières conduites, et on les repasse généralement aux fourneaux ; 23 grammes qui accompagnent le gaz à grande distance, peuvent toutefois être retenus assez facilement encore dans les épurateurs ; mais 2 grammes sont à un état de téauïté tel qu'on ne peut les arrêter par aucun moyen de lavage et d'épuration, et ils traversent les cylindres des moteurs.

La question était de savoir s'ils s'y arrêteraient. Des précautions minutieuses furent prises à Seraing, à Differdange, à Hörde et ailleurs, et l'on multiplia les scrubbers et les appareils laveurs ; la précaution était bonne, car on eut partout des ennuis par l'obstruction des soupapes ; mais de faciles tours de main, que chacun a découverts et qu'il se garde bien de confier à son voisin, ont permis de supprimer presque

(1) Nous empruntons les chiffres qui suivent au savant et remarquable rapport présenté par M. Greiner, directeur général de la Société Cockerill, à l'*Iron and Steel Institute*, en mai, 1898.

entièrement tous ces épurateurs, et on se contente aujourd'hui de chambres à chicanes avec rupture de courant contre une nappe d'eau ou munies de pulvériseurs, qui suffisent parfaitement, du moment qu'ils refroidissent bien les gaz : cette condition est plus importante qu'on ne l'avait cru d'abord.

Les poussières qui ne sont pas fixées par ces épurateurs rudimentaires ne sont pas non plus retenues par le cylindre des moteurs, et on constate que les gaz de l'échappement forment à la sortie du cylindre le même brouillard blanc qu'on voit apparaître au sommet des cheminées des fourneaux.

On redoutait aussi les variations de pression qui se produisent lors de la charge des fourneaux, mais ces oscillations n'ont pas l'étendue qu'on leur suppose, ainsi que j'ai pu le constater à Differdange, où j'ai placé un anémomètre, un thermomètre et un manomètre sur la conduite verticale de 1<sup>m</sup>,70 de diamètre desservant les chaudières. La vitesse du gaz a varié de 2<sup>m</sup>,75 à 9 m; leur température de 60° à 90°, et leur pression a subi une modification totale de 40 mm d'eau durant un essai de plus de six heures, correspondant à toutes les phases de la marche d'un fourneau et à ses allures les plus différentes. Or, pendant cette expérience, un moteur Otto de 60 chevaux a fourni un fonctionnement d'une régularité parfaite. On avait, d'ailleurs, fait déjà à Seraing une constatation fort rassurante : un petit moteur Simplex avait marché quelque temps sous une dépression de 200 mm, résultant du calage accidentel du compteur placé sur la conduite (<sup>1</sup>).

La pratique devait faire évanouir toutes ces craintes, et les résultats obtenus ont dépassé les brillantes espérances des plus optimistes.

Il y a maintenant un grand nombre de moteurs à gaz de toute puissance, qu'on alimente depuis deux ou trois ans de gaz de hauts fourneaux et qui ont fonctionné continuellement sans se détériorer, sans exiger de démontages trop fréquents, sans avoir donné lieu à aucun accident. Et pourtant, il faut reconnaître qu'il se développe derrière ces énormes pistons de formidables pressions. Ainsi, le moteur Cockerill, de 1<sup>m</sup>,30 de diamètre, présente au gaz explosé une surface de 13 273 cm<sup>2</sup>, sur laquelle se développe une pression instantanée de 16 kg. par centimètre carré, atteignant près de 213 000 kg., laquelle se répète quarante fois par minute, et permet d'assimiler un moteur à un pilon de grande

(1) Ce fait a été rapporté par M. Hubert, dans sa note sur l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux, publiée dans les *Annales des Mines de Belgique* en 1897.

puissance ; un allumage prématué soumettrait l'arbre de ce moteur à un effort gigantesque. Mais cette éventualité est peu à craindre et, malgré les variations de richesse et de pression du gaz, on n'a constaté aucun raté d'allumage intempestif durant les essais officiels des 19 et 20 mars dernier ; la température du cylindre, des pistons et des organes de distribution a été maintenue assez basse, par la circulation d'eau qui réfrigère le métal, pour que les chances d'accident ne soient pas plus grandes que dans les petits moteurs alimentés de gaz de ville. Quant à la consommation de gaz, elle est remarquablement réduite, ainsi qu'en témoignent les résultats d'essais que nous allons faire connaître.

A Differdange, j'ai expérimenté sur un moteur Otto, construit par la *Berlin-Anhalt'schen Maschinenbau Actien Gesellschaft*, dont le cylindre avait 431 mm de diamètre, 0<sup>m</sup>,700 de course, et qui a développé 64<sup>ch</sup>,45 par 160<sup>trs</sup>,6 à la minute ; or, il a consommé 2825 lit. de gaz par cheval-heure effectif (le volume étant réduit à 0° et 760 mm) pour un pouvoir de 1 046 calories par mètre cube.

M. le professeur Meyer, de Goëttingen, ayant répété ces essais sur le même moteur, a observé une consommation moyenne de 2 740 à 2 810 lit. pour un travail compris entre 64 et 67 chevaux effectifs. Mes résultats se sont donc trouvés absolument d'accord avec ceux de mon savant et distingué collègue. Dans les deux essais, le travail effectif a été déterminé indirectement en le déduisant du travail électrique mesuré au tableau d'une génératrice Schuckert, dont on a estimé approximativement le rendement à 87 0/0 ; mes expériences ont fait ressortir la consommation par kilowatt-heure à environ 4 400 lit., et ce chiffre est à retenir, car il se créera autour des hauts fourneaux de nombreuses stations centrales d'électricité. M. Meyer a évalué comme suit la répartition des calories fournies au même moteur :

Travail indiqué . . . . .	30,2 p. 100
Chaleur emportée par l'eau de réfrigération. . . .	24,3 —
id.        par les gaz de la décharge . . .	45,5 —

Mais le pouvoir assigné au gaz par le calorimètre Junkers avait été plus faible, comme toujours, que celui que j'ai cru devoir lui attribuer à la suite de mes expériences de laboratoire faites à l'aide de ma bombe ; je trouve d'ailleurs préférable d'estimer le rendement thermique en travail effectif plutôt qu'en travail indiqué. Or, 2 825 lit. de gaz à 1 046 calories équivalent à 2 955 calories par cheval-heure effectif, d'où un ren-

dement net de 21,5 0/0<sup>(1)</sup>; ce résultat est très intéressant à relever, parce qu'il permet d'apprécier les services que peuvent rendre de petits moteurs à gaz, quand on les alimente de gaz de hauts fourneaux. Notons, du reste, que ce moteur ne présentait aucun dispositif particulier, si ce n'est un agrandissement de section des soupapes; il a pu marcher avec du gaz qui n'avait subi aucune épuration spéciale.

Ce moteur de la Société de Berlin-Anhalt est, à vrai dire, un Otto, genre Crossley; nous pouvons donc attribuer ces résultats de rendement et de consommation aux moteurs Otto en général; l'absence de publication des essais faits ailleurs nous prive de toute autre base d'appréciation.

A Hörde, le moteur de 600 chevaux de M. von Oechelhaeuser a consommé, dit-on, 3 170 lit. de gaz à 961 calories par cheval-heure effectif; ce pouvoir a dû être déterminé par le calorimètre Junkers, et il conduit par suite à un rendement trop élevé. Il convient de faire ressortir que l'air comprimé fourni au moteur était prélevé sur la canalisation portant le vent aux tuyères des fourneaux. Nous exprimons le vœu que M. von Oechelhaeuser fasse connaître bientôt les résultats obtenus avec son puissant moteur de 1 000 chevaux, à un seul cylindre, de 935 mm de diamètre; on les dit excellents.

A Seraing, le premier gros moteur établi par M. Delamare-Deboutteville a développé 181<sup>chx,82</sup> en consommant 3 329 lit. de gaz ayant un pouvoir moyen de 981 calories; tel est le résultat des essais de 24 heures que j'ai faits sur cette belle machine à la date des 19 et 20 juillet 1898. Le rendement thermique net, rapporté au travail effectif disponible sur l'arbre du moteur, était très voisin de 20 0/0<sup>(2)</sup>; le rendement organique a été trouvé égal à 0,85. La régularité du fonctionnement a été remarquable, ainsi qu'en a témoigné la courbe relevée sur le cinématographe enregistreur. J'ai résumé dans les conclusions suivantes le résultat qui se dégageait de ces essais de 24 heures. « En somme, la société Cockerill possède un moteur de 200 chevaux qui lui donne le cheval-heure effectif par 3 m<sup>3</sup> et demi environ de gaz de ses hauts fourneaux, en consommant par heure et par cheval près de 100 lit. 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

(1) La compression, qui n'était pas de 5 kg. au plus, aurait pu être renforcée, et la consommation se serait encore trouvée réduite par le fait même.

(2) Les résultats de cet essai ont été publiés dans le numéro d'août 1898 de la *Revue Universelle des Mines*, t. XLIII, 3<sup>e</sup> série, p. 443.

rien à son fonctionnement. » Ce jugement a été confirmé par la suite : le même moteur marche, en effet, depuis deux ans sans arrêt, en actionnant dans les meilleures conditions une génératrice appliquée à un transport d'énergie ; cette épreuve vaut mieux encore qu'un essai de vingt-quatre heures.

Ce premier succès a fait concevoir le projet du moteur de 600 chevaux, que nous décrirons plus loin et dont nous ferons connaître les remarquables qualités.

On peut déduire de ce qui précède que l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux est résolue dès maintenant.

La rapidité avec laquelle ce grave problème a trouvé sa solution, montre d'une part que l'on ne s'était point trompé en considérant le haut fourneau comme un excellent gazogène et que, d'autre part, le moteur à gaz s'adapte merveilleusement à l'emploi de ces gaz très pauvres dont on redoutait l'extrême misère.

En estimant à 3 m<sup>3</sup> environ la consommation d'un moteur par cheval-heure effectif, on voit qu'un haut fourneau de 100 tonnes, qui envoyait généralement 8 000 m<sup>3</sup> de gaz par heure à ses chaudières, aura une disponibilité de plus de 2 600 chevaux effectifs quand il utilisera directement ses gaz par des moteurs ; en comptant que le service du vent et des accessoires du fourneau absorbe 600 chevaux, il restera 2 000 chevaux pour les industries annexes. C'est le chiffre même auquel le calcul avait conduit M. Hubert dès l'année 1897 : il n'a pas besoin d'être commenté. M. Greiner a fait ressortir, avec plus d'autorité que nul autre ne saurait le faire, les avantages que retirera la métallurgie de l'emploi des moteurs à gaz.

La conclusion était immédiate et elle s'imposait : il fallait, sans tarder, remplacer par des moteurs à gaz les machines à vapeur de tout genre qui actionnaient les machines soufflantes et les autres mécanismes installés au pied des hauts fourneaux.

C'est la Société Cockerill qui a été le plus hardiment de l'avant et le chiffre de commandes qu'elle a inscrit sur son carnet et fait connaître aux exposants, en témoigne éloquemment.

Ne pouvant suffire à ses commandes, M. Greiner a cédé des licences de construction aux Ateliers du Creusot pour la France, à la Société alsacienne de Constructions mécaniques, et à la *Markische Maschinenbau Anstalt*, dont le siège est à Wetter sur la Ruhr pour l'Allemagne, et à la Société Breitfeld Danek, de Prague, pour l'Autriche. Plus de 45 000 chevaux effectifs ont été commandés jusqu'ici à la Société Cockerill et à ses

concessionnaires. Ce succès dépasse toutes les espérances des plus optimistes et l'empressement des métallurgistes justifie l'importance des résultats obtenus par MM. Greiner, Delamare-Deboutteville, Bailly et Kraft, à qui je suis heureux de pouvoir rendre hommage.

M. von Oechelhaeuser a mis en marche son premier moteur de 120 chevaux, construit par la Compagnie de Berlin-Anhalt, le 1<sup>er</sup> juin 1896 ; le moteur de 600 chevaux fonctionne depuis le 12 mai 1898 ; les deux sont installés à Hörde et donnent de bons résultats.

Les nombreuses commandes qu'il a reçues seront exécutées par le *Deutsche Kraftgas-Gesellschaft* de Berlin, formée par le groupement de la maison Siemens et Halske et de l'*Union Electricitaets Gesellschaft (Læwe)*. D'après les renseignements qui m'ont été fournis, on a mis en construction un moteur de 500 chevaux connecté directement avec une machine soufflante, débitant 500 m<sup>3</sup> d'air à l'heure sous une demi-atmosphère de pression, et six machines jumelles de 1000 chevaux destinées à une fabrication de carbure de calcium ; mais une importante commande a été inscrite, pouvant être portée éventuellement à 12 000 chevaux, limitée pour l'instant à deux machines de 1 000 chevaux, destinées à un transport d'énergie sous 1 000 volts entre un haut fourneau et des laminoirs distants de 6 km. Dans tous ces groupes électrogènes, la génératrice est installée entre les deux moteurs jumeaux qui font 135 tours, et auxquels elle est reliée directement.

Le moteur Oechelhaeuser actuellement construit diffère du type connu, en ce que le gaz combustible, au lieu d'être introduit séparément dans le cylindre moteur et sous haute tension, est au contraire mélangé à l'air et comprimé à basse pression à peu près au point mort.

La Compagnie allemande des moteurs Otto et la Compagnie française ont obtenu aussi de nombreuses commandes et les premières installations qu'elles ont faites, dont nous parlerons plus loin, ont été de brillants succès. Ainsi que nous l'avons exposé, elles ont donné la préférence aux types polycylindriques.

L'Angleterre a peu profité de la féconde initiative de M. Thwaite et elle ne paraît vouloir s'engager qu'à bon escient. La célèbre maison Crossley a créé un modèle original dans lequel la solidarité est parfaite entre le moteur et la machine soufflante, mais aucune machine n'est encore en marche industrielle : on sera renseigné d'ici peu sur les résultats obtenus et nous ne doutons pas qu'ils soient excellents.

D'autres constructeurs ont livré des moteurs à la métallurgie ; en outre de la Société de Berlin-Anhalt, dont j'ai cité le moteur de Differ-

dange, je devrais signaler la maison Körting, la maison Hartley, etc. ; la Société des moteurs Letombe vient aussi de prendre plusieurs commandes. D'ici peu, tous les constructeurs auront créé leur type de moteur de haut fourneau.

Il conviendra sans doute alors de se recueillir, de rapprocher les résultats obtenus en divers lieux et avec divers types de moteurs, de les analyser, de les passer au crible d'une discussion sévère et de décider enfin quelle application est la mieux indiquée pour chacun d'eux.

Quoi qu'il en soit, le fait est acquis dès maintenant : le moteur à gaz a conquis sa place au pied des hauts fourneaux ; c'est une conquête, car il s'est imposé. Pour apprécier l'étendue des services qu'il y rendra, il faut considérer que chaque haut fourneau de 100 tonnes crée une disponibilité de 2000 chevaux et que la tonne de fonte voit son prix de revient baisser de 5 à 6 francs.

C'est une véritable révolution économique (<sup>1</sup>).

Préparée avant l'Exposition, elle aura pris dans les esprits la date de 1900. C'est pourquoi il nous a paru nécessaire de consacrer à cette grande extension du moteur à gaz un chapitre spécial de cette *Revue Technique* de l'Exposition.

## LE JURY ET LES RÉCOMPENSES

### CLASSE XX

#### Machines motrices diverses.

##### Membres du Jury.

MM. Prœsil (Suisse).	MM. Firminhac (France)
Hubert (Belgique).	Brûlé id.
Cawley (Grande-Bretagne).	Singrün id.
Hanning id.	Worms de Romilly (France).
Le Blanc (France).	Wehrlin (France).

##### Exposants hors concours.

Brûlé et Cie (Moteur Körting).

Compagnie française des moteurs à gaz Otto (France).

Roser et Cie (Moteur Roser-Mazurier) (France).

Société générale des industries économiques (Moteur Charon) (France).

Rouart (Moteur Lenoir) (France).

(1) M. Munzel estime à moins d'un centime net, intérêt, amortissement, graissage et surveillance compris, le prix de revient du cheval-heure effectif ; ce calcul a été donné dans le no du 15 avril 1900, de *Stahl und Eisen*. Dans le *Génie Civil* (7 juillet 1900), M. Dutreux l'évalue à 1,36 centime ; ce chiffre est plus près de la vérité. Les meilleures chaudières et machines à vapeur en usage en métallurgie sont ainsi largement dépassées.

**Grands Prix.**

Société Cockerill (Belgique).  
 Société française du moteur Diesel (France).  
 Crossley brothers (Grande-Bretagne).  
 Société d'exploitation des brevets Letombe (France).  
 Japy frères (France).

**Médailles d'or**

Société des moteurs Gobron-Brillié (France).  
 Hornsby and Sons (Grande-Bretagne).  
 Ganz et C° (Hongrie).  
 Körting frères (Allemagne).  
 Priestmann brothers (Grande-Bretagne).  
 Société des Etablissements Fétu-Defize (Belgique).  
 Société Martini et C° (Suisse).  
 J. et G. Bolinders (Suède).  
 Campbell Gas Engine C° (Grande-Bretagne).  
 Compagnie des moteurs Niel (France).  
 National Gas Engine C° (Grande-Bretagne).  
 Tangye (Grande-Bretagne).  
 Compagnie du moteur Duplex (France).  
 Chavanet, Gros, Richard et Cie (France).

**Médailles d'argent**

Meitz et Weiss (Etats-Unis).  
 Lacroix (France).  
 Merlin et Cie (France).  
 Société des usines Bromley (Russie).  
 Grob et Cie (Allemagne).  
 Ravel (France).  
 Delahaye (France).  
 Augé (France).  
 Robey et C° (Grande-Bretagne).  
 Loyal (France).  
 Taylor et Cie (France).  
 Brouhot et Cie (France).  
 Compagnie du gaz Riché (France).  
 Blackstone et C° (Grande-Bretagne).  
 Fritscher et Houdry (France).  
 Caloin et Marc (France).  
 Wintenberger et fils (France).

**Médailles de bronze.**

Berlin (France).  
 Société des moteurs Gardie (France).  
 Dolizy (France).  
 Goutallier (France).  
 Werner frères (France).  
 Cundall et Sons (Grande-Bretagne).  
 Mora (France).  
 Dougill et C° (Grande-Bretagne).

**Mentions honorables.**

Roussat (France).  
 Arnaud et Marot (France).  
 Lesiourd (France).  
 Guénnot (France).  
 Warmont (France).

Soit cinq grands prix, quatorze médailles d'or, dix-sept médailles d'argent, huit de bronze et cinq mentions honorables ; ce qui fait au total 49 récompenses. Si l'on tient compte de ce que cinq exposants étaient hors concours, on est amené à croire qu'il a dû y avoir peu de mécontents, car il y a eu presqu'autant d'élus que d'appelés.

Quelques moteurs, qui ne sont pas des moindres, se sont abstenu du concours et l'on doit regretter tout particulièrement l'absence des machines allemandes : les moteurs Diesel, Körting et Grob, qui sont pour ainsi dire naturalisés français, figurent seuls sur la liste des récompenses, alors qu'il y en a beaucoup d'autres que nous aurions voulu voir parmi les lauréats. Le moteur von Echelhaeuser aurait notamment été l'objet d'une attention toute spéciale de la part des ingénieurs qui se sont voués à l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux : il en est d'autres encore, très estimés de nos confrères d'outre-Rhin, que nous aurions été heureux de décrire ici et de louer comme ils le méritent.

Il n'entre pas dans le plan de ce travail de faire une monographie détaillée et complète de toutes les machines exposées ; nous renverrons nos lecteurs à ce qui en a déjà été dit dans les traités des moteurs à gaz et spécialement dans celui qu'a publié l'auteur de ces lignes.

L'objet de la présente étude est surtout de caractériser les progrès réalisés en ces derniers temps par les exposants au triple point de vue du perfectionnement des types, de l'amélioration de la construction et du développement de leurs affaires. L'ordre qui sera suivi dans notre énumération sera celui de notre *Traité des Moteurs*, qui est basé sur la suite chronologique de la création des diverses machines, et sur la classification que nous avons établie : on constatera, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, l'absence complète de certains genres, qui sont momentanément en défaveur, sinon abandonnés pour toujours.

Les moteurs à pétrole seront rangés à part dans une catégorie distincte.

---

## MOTEURS A GAZ

### **Moteurs sans compression à explosion (Premier type)**

Ce genre de moteurs, dont Lenoir, Bénier, Forest, de Bisschop, etc. ont fait la fortune, a entièrement disparu, depuis que les progrès de la construction ont permis de constituer à peu de frais, d'excellentes petites machines à compression, dont la puissance est plus grande, à volume égal, et le rendement beaucoup meilleur.

On n'en vend plus, et il n'est donc pas étonnant qu'on n'en ait pas exposé.

### **Moteurs à compression et explosion. (Deuxième type)**

#### I. — MOTEURS A DEUX TEMPS (GENRE CLERK)

##### *Moteur Meitz et Weiss.*

Ce moteur, qui sacrifie les résultats acquis par les moteurs à quatre temps à l'avantage de donner une impulsion motrice par révolution, est un des rares représentants de l'espèce qui ait survécu ; la défaveur attachée à ce genre, par suite de sa consommation généralement exagérée, n'a pas arrêté la maison Markt et C<sup>e</sup> des Etats-Unis, et elle a exposé un moteur, qui a été placé au premier rang des médailles d'argent ; on dit en effet sa marche excellente.

Cette machine dérive du type Benz, à deux temps, qui était déjà décrit dans la première édition de 1886 de mon *Traité des moteurs à gaz* (page 220). Par sa face avant, le piston moteur comprime de l'air ; le gaz est comprimé séparément dans un cylindre spécial, et le mélange des deux fluides est fait à l'entrée du cylindre moteur et introduit à fin de course, au moment où s'achève la détente des gaz brûlés, alors que la charge fraîche est admise et comprimée d'autre part, sans se mélangier. Cette compression se prolonge jusqu'à ce que le piston soit revenu à sa position arrière ; l'inflammation et l'explosion produites alors lancent de nouveau le piston en avant.

Tel est le cycle : il est bien à deux temps.

Voyons les détails de construction de cette machine.

Et d'abord, c'est dans le carter lui-même, parfaitement étanche, que l'air est comprimé par la face antérieure du piston ; il n'y a pas de soupape d'aspiration, mais une simple ouverture dans la paroi, recouverte au moment voulu par le corps du piston, lequel est même dépourvu de segments. On a supprimé aussi la soupape de refoulement vers le cylindre, en utilisant de même l'obturation d'une lumière par le piston. La compression de l'air s'effectue dans un petit cylindre transversal par un piston automatique, maintenu par un ressort de tension, dont le mouvement est déterminé par les pressions de l'air dans le carter. Une soupape commandée et placée sous la dépendance du régulateur, livre passage au gaz comprimé ; c'est la seule soupape qu'on trouve dans ce curieux moteur. Elle est actionnée par un excentrique et un balancier ; un régulateur d'inertie, composé d'une pièce oscillante lancée sur un plan incliné, donne ou refuse la prise de contact d'un couteau sur la tige de la soupape. Tout cela est d'une simplicité américaine, qui ne laisse pas que d'être remarquable.

Les orifices d'entrée du mélange et de sortie des gaz brûlés sont placés en face l'un de l'autre sur un même diamètre du cylindre ; il fallait trouver le moyen d'empêcher le mélange de se diriger tout droit vers l'échappement. A cet effet, le piston porte un diaphragme à courbure étudiée de manière à conduire le mélange vers la culasse et de faire prendre d'autre part aux gaz brûlés le chemin de la décharge. On dit que ce résultat est atteint d'une façon que nous trouvons inespérée, sans contester sa réalité.

Un tube d'allumage, logé au fond de la culasse, provoque l'explosion : ce tube se termine à la partie inférieure par un serpentin, dont l'objet serait d'atténuer les allumages prématurés. Des conduits divergents apportent la flamme au sein du mélange comprimé derrière le piston et assurent une combustion complète.

Ces organes sont tous marqués au coin d'une originalité que nous trouvons bien rarement aujourd'hui dans les moteurs à gaz. S'il est vrai que le *processus* soit calqué sur celui de Clerk, de Benz, de Baldwin et d'autres, il faut reconnaître que le dessin des éléments mis en œuvre est vraiment neuf et que l'ensemble laisse l'impression de quelque chose qu'on n'a pas encore vu sous cette forme.

Quels sont les résultats économiques de cette nouvelle création ? nous voudrions le savoir, pour asseoir notre jugement sur une base indiscutable et sûre.

*Moteur Froment.*

Voilà encore un moteur donnant une impulsion motrice par tour, en employant un seul cylindre, dans des conditions de simplicité intéressantes.

Prenons le piston au moment où il va de la culasse à l'avant du cylindre ; le mélange tonnant aspiré à travers une soupape automatique et comprimé dans le fond du cylindre, est enflammé et il actualise son énergie dans l'impulsion donnée au piston. Arrivé à moitié course, celui-ci découvre une série d'orifices pratiqués sur une section droite du cylindre et débouchant dans un conduit annulaire fermé par une soupape d'échappement ; une première décharge se produit pendant un temps très court, mais suffisant pour que la pression devienne égale à la pression atmosphérique.

Mais la soupape se referme aussitôt et, le piston continuant d'avancer, un vide partiel se produit, lequel a pour effet de faire lever la soupape automatique d'admission et d'aspirer dans le cylindre du mélange tonnant, qui reste confiné dans la culasse. Arrivé à fond de course, le piston recule, l'aspiration se referme et, comme la soupape d'échappement se rouvre de nouveau à ce moment, le reliquat des gaz brûlés se trouvant contre le piston est expulsé par les orifices de la paroi.

Le niveau de ces orifices étant dépassé, le mélange se trouve comprimé et le cycle s'achève avec le retour du piston à fond de course.

Les deux temps du fonctionnement de la soupape de décharge sont obtenus par une came à deux bossages. Or celle-ci est de profil oblique et elle est déplacée par le régulateur. La vitesse du moteur s'accélérant, la came n'ouvre la soupape qu'aux  $\frac{3}{4}$  de la course avant, par exemple, au lieu de la moitié, et elle ne se ferme qu'aux  $\frac{3}{4}$  de la course de retour ; il y a donc un moindre volume de mélange tonnant admis dans le cylindre, mais en même temps sa compression diminue.

La détente a augmenté, c'est vrai, mais la compression a diminué de même : c'est le point faible théorique de l'idée de l'inventeur.

La série d'opérations suppose aussi que les gaz se stratifient en tranches, qui ne se mêlent pas, ce dont il est permis de douter. Cette objection a été faite à tous les moteurs de ce genre et la pratique a montré trop souvent qu'elle était fondée.

M. Froment a eu l'excellente idée de faire une culasse sans circulation d'eau, isolée du corps du cylindre par un joint d'amiante mauvais con-

ducteur, dans laquelle le piston pénètre sans en toucher la paroi : c'est le dispositif de Lenoir.

On améliore ainsi le rendement en activant la combustion et en diminuant l'action de paroi; l'allumage se fait aussi dans de meilleures conditions. Le dispositif d'ensemble est d'ailleurs simple et ingénieusement combiné.

Mais il est à craindre que ce moteur ne paie son tribut, comme ceux qui l'ont précédé, à l'erreur commise en admettant une stratification rigoureuse, et nous craignons qu'il ne soit pas économique, d'autant qu'il fait une compression très modérée.

Ce moteur était exposé à Vincennes par MM. Neuberger et C<sup>e</sup>, constructeurs à Paris.

## II. — MOTEURS A QUATRE TEMPS (GENRE OTTO)

### *Moteur Otto.*

C'est en 1901 que le moteur Otto célébrera le vingt-cinquième anniversaire de son premier brevet ; ce sont ses noces d'argent.

Nous joignons, à cette occasion, notre hommage à ceux qui seront rendus à la mémoire illustre d'Otto.

La *Compagnie française des Moteurs à gaz et des constructions mécaniques*, dont le siège est à Paris a voulu faire grandement les choses et elle a exposé ses différents types, de 1 à 500 chevaux, dans un pavillon édifié pour elle : d'élégants prospectus apprenaient aux visiteurs que 60 000 moteurs du type Otto sont en marche et que ses promoteurs et ingénieurs ont été décorés plusieurs fois et ont remporté de nombreuses médailles. Le grand nom d'Otto et la réputation bien établie de ses collaborateurs n'avait assurément pas besoin de cette publicité.

La Compagnie française construit cinq modèles verticaux, de 36 kgm. à cinq chevaux (fig. 1, 2 et 3), et de nombreux modèles horizontaux de 1 à 1 000 chevaux à un, deux ou quatre cylindres ; la distribution est faite par des soupapes, renfermées dans des boîtes spéciales, facilement accessibles et démontables. L'allumage est effectué par des tubes en porcelaine spéciaux, à dilatation, qui fournissent une longue carrière. Pour les moteurs à essence, à alcool, à gaz pauvre et à gaz de hauts fourneaux, la Compagnie donne la préférence à l'allumage électrique par un appareil électromagnétique. A partir de 33 chevaux, les cylindres sont à

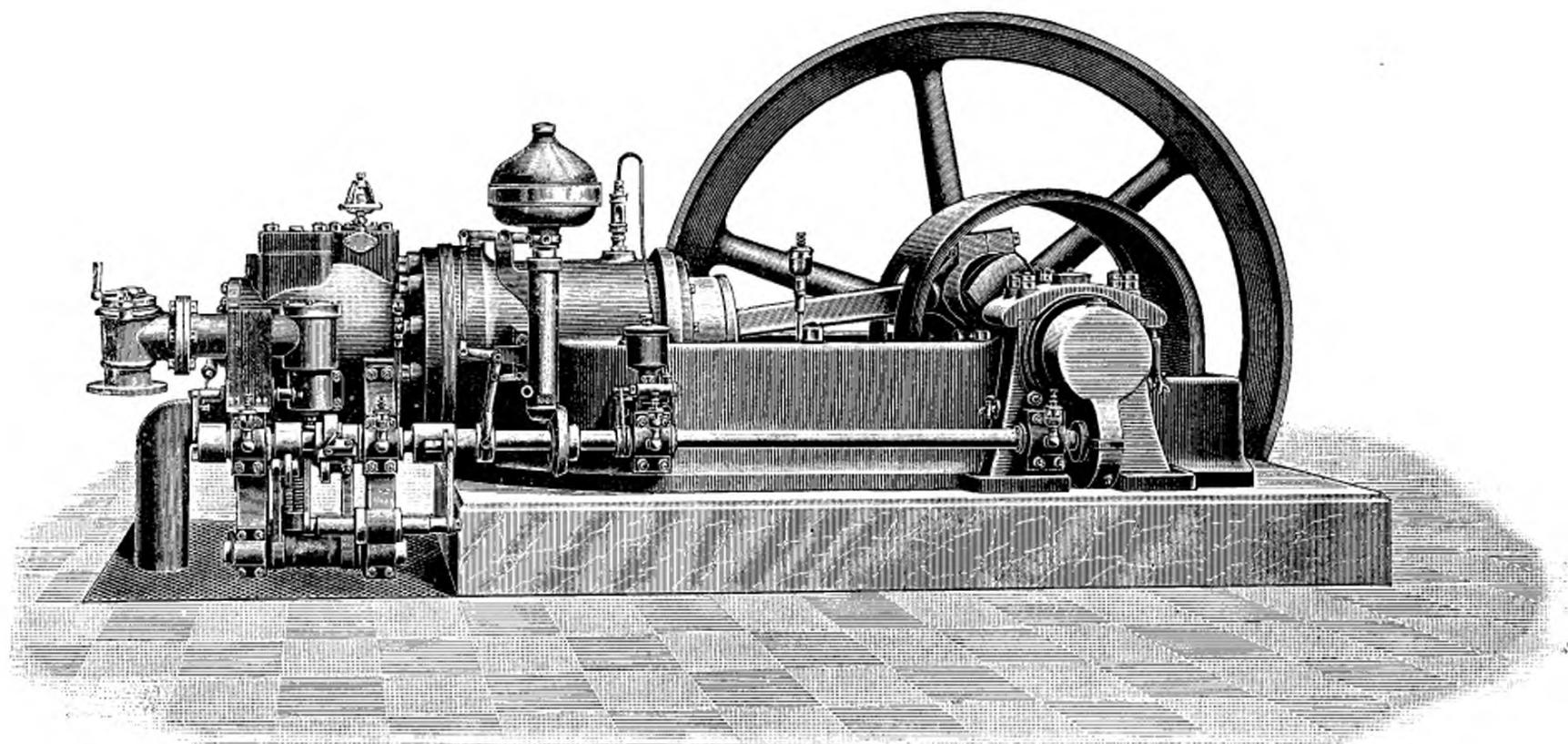


Fig. 1. — Moteur Otto.

chemise indépendante ; l'enveloppe est alors venue de fonte avec le bâti.

Les régulateurs à force centrifuge ont leurs masses équilibrées, et ils sont munis d'un modérateur à pompe : ils donnent une régularité remarquable. Ainsi, on nous a communiqué des essais de vitesse dont les résultats méritent d'être reproduits ; une décharge instantanée de 25 0/0 donne une variation que le tachymètre accuse à peine ; pour demi-chARGE, la variation est de 0,84 0/0 ; pour quart de charge, elle n'est que de 1,35 tour sur cent ; enfin une décharge totale, n'entraîne qu'une augmentation de vitesse de 1,67 pour cent. Cette décharge étant opérée instantanément, l'écart n'est encore que de 3,4 tours sur cent.

La consommation garantie de gaz est de 600 à 300 litres par cheval heure effectif, à partir de 5 chevaux.

Nous n'avons pas à insister davantage sur les mérites et la valeur de ces moteurs, dont la construction s'est perfectionnée avec le cours des années.

Les concessionnaires des licences Otto ont enfin abordé à leur tour la construction des puissants moteurs et la Compagnie française a exposé un beau moteur à deux cylindres de 500 chevaux. La soupape d'échappement est logée, dans ce type, tout contre la chambre de compression, alors que la soupape d'admission occupe le fond du cylindre, de telle sorte que la charge de mélange tonnant introduite vienne incessamment refroidir le siège de la valve de décharge, qui est exposé à chauffer et à se déformer dans les gros moteurs.

Cette valve d'échappement est à retombée relativement lente, sous l'action retardatrice d'un dashpot. Le piston moteur présente à l'avant du côté de la bielle des cannelures garnies de métal antifriction, qui assurent un guidage parfait et procurent des frottements doux dans le prolongement antérieur du cylindre, toujours parfaitement lubrifié. Le graissage du cylindre est assuré par une petite pompe à huile à débit réglable à volonté. Un graisseur à plateau à force centrifuge fournit l'huile à la grosse tête de bielle. Les paliers sont à larges portées et munis de bagues. L'ensemble du moteur présente un caractère de robustesse, qui n'est pas exagéré et qui n'exclut pas l'élégance des formes ; l'arbre à cames de la distribution est placé fort bas, ce qui dégage le côté du moteur.

On nous a fait remarquer que l'enveloppe du cylindre fait pièce sur le bâti ; la chemise du cylindre, coulée en fonte dure, est indépendante. La mise en route s'effectue par l'air comprimé.

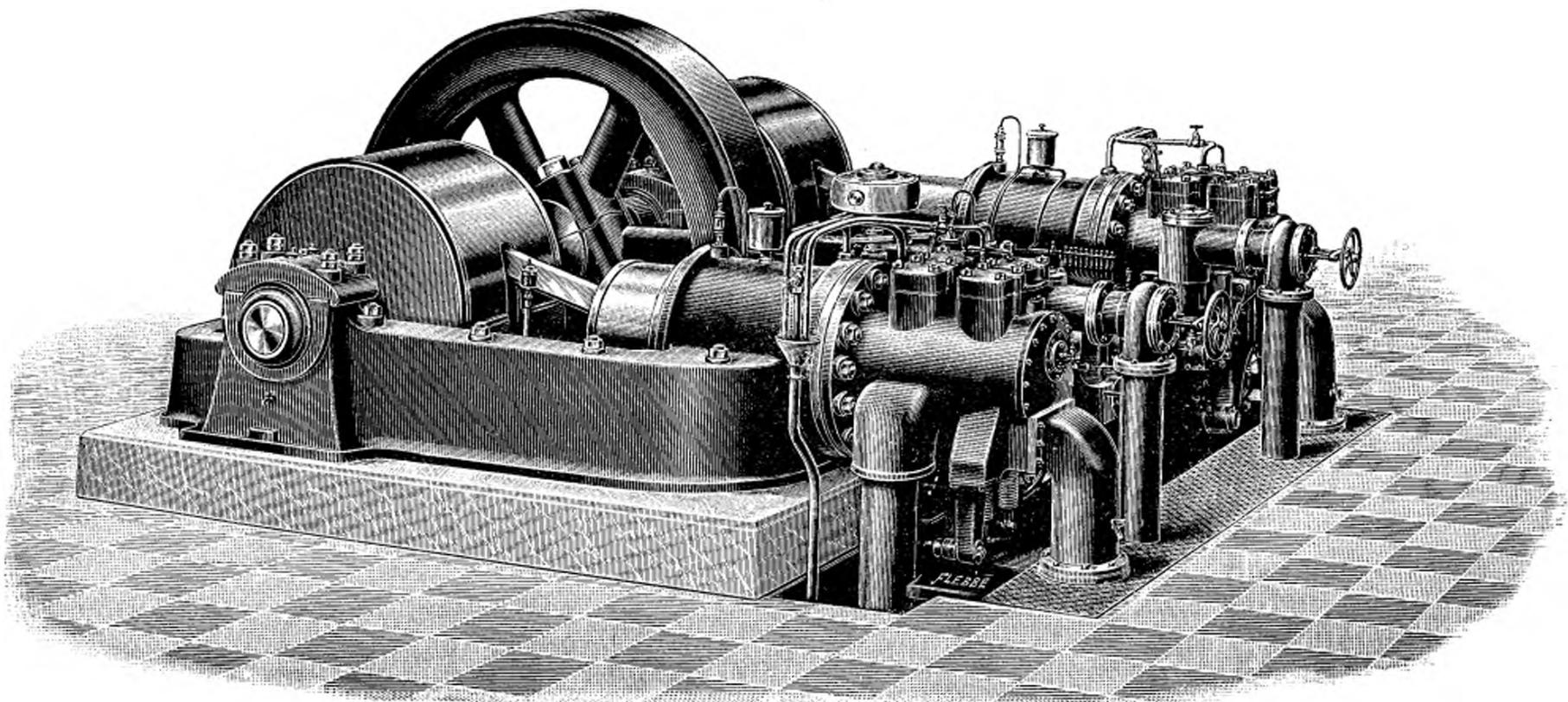


Fig. 2. — Moteur Otto de 500 chevaux à deux cylindres.

Je n'ai pu avoir de renseignements exacts sur les dimensions des organes et sur la puissance vraie de cette belle machine; mais la maison-mère de Deutz m'a communiqué les données ci-dessous, qui sont intéressantes pour la construction des puissants moteurs à gaz de hauts fourneaux.

	600 chx	1 200 chx
Nombre de cylindres . . . . .	4	4
Diamètre des cylindres . . . . .	660 mm	900 mm
Course du piston . . . . .	0 <sup>m</sup> ,75	1 <sup>m</sup> ,10
Diamètre du tourillon du coudé. . . . .	220 mm	370 mm
Nombre de révolutions par minute. . . . .	150	120
Poids du moteur sans volant . . . . .	87,9 tonnes	161 tonnes
Poids du volant . . . . .	18 tonnes	30 tonnes
Poids par cheval, sans volant . . . . .	146 <sup>k</sup> ,5	134 <sup>k</sup> ,2

Un moteur de 600 chevaux couvre un espace de 9<sup>m</sup>,85 sur 6 m, soit environ 59 m<sup>2</sup>; celui de 1 200 chevaux a 13<sup>m</sup>,60 de longueur et 8<sup>m</sup>,30 de largeur totale, ce qui fait une surface d'encombrement de près de 113 m<sup>2</sup>; ces chiffres sont intéressants à relever, bien que l'espace ne manque généralement pas pour installer des moteurs au voisinage des hauts fourneaux.

La fig. 4 représente l'installation d'une station de 1 000 chevaux à Friedenshütte, près de Morgenroth; deux moteurs de 200 chevaux sont appliqués à la production de la lumière, tandis que deux moteurs de 300 chevaux font partie d'un important transport d'énergie. Ce sont les deux moteurs de 300 chevaux qui sont visibles sur notre photogravure.

La Compagnie Otto allemande (*Gas Motoren Fabrik Deutz*) a déjà construit un bon nombre de moteurs à gaz de hauts fourneaux, et elle a actuellement 3 620 chevaux en service; elle va installer prochainement des moteurs de 1 000 chevaux à Oberhausen (Gutehofnungshütte) à Dudlange et à Hoerde. La Compagnie française construit en ce moment trois moteurs de 600 chevaux pour la Société anonyme de Vezin-Aulnoye à Jœuf, un autre de même puissance pour les aciéries de Micheville et un de 300 chevaux pour la Compagnie des forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons. Dans un avenir prochain, les gaz des hauts fourneaux alimenteront 30 moteurs Otto développant ensemble 14 600 chevaux.

La maison Fétu-Defize de Liège est un des premiers concessionnaires des brevets Otto et elle a acquis une juste renommée dans cette construction; son exposition était très remarquée dans le section belge; elle comprenait un moteur vertical et trois moteurs horizontaux.

Notre attention a été particulièrement attirée par une locomotive à air carburé par la benzine, dont les formes sont parfaitement étudiées et qui est une nouveauté dans l'espèce. On en a construit de 6, 8 et 12 chevaux, et le succès a couronné cet essai, attendu qu'il en a été livré vingt-neuf en Allemagne et sept en Belgique, qui donnent entière satisfaction à ceux qui les emploient.

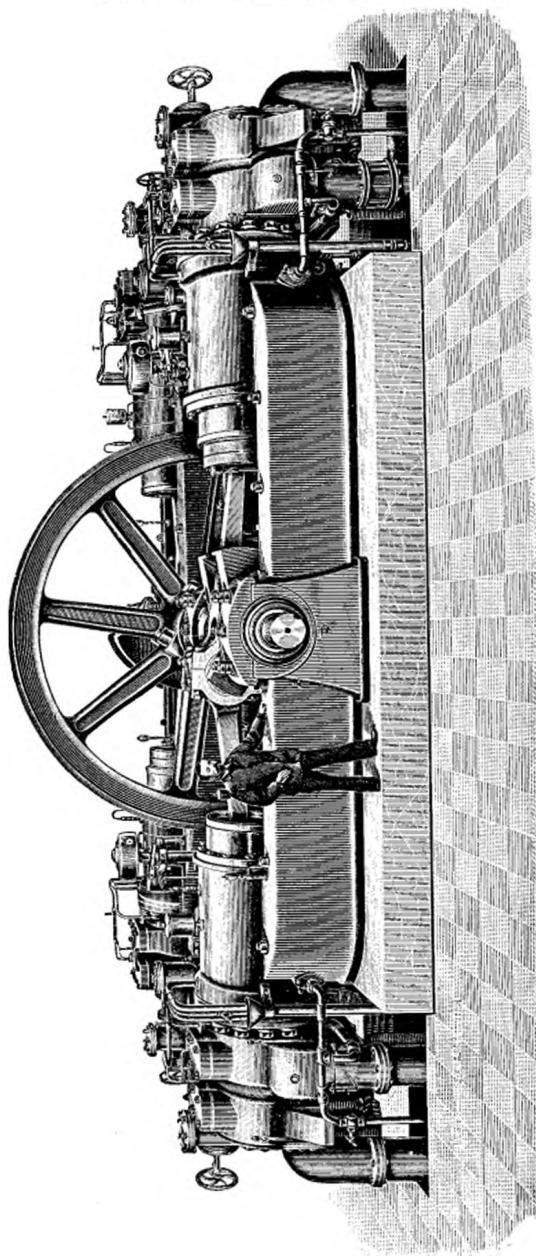


Fig. 3. — Moteur Otto à quatre cylindres.

#### *Moteur Crossley*

MM. Crossley brothers de Manchester avaient obtenu dès le début une licence de construction pour les brevets Otto en Angleterre ; ils ont donc acquis le droit d'inscrire en devise sur leur élégant catalogue : « *these engines are the result of nearly 30 years experience and experiments* ». Leurs longs et patients efforts ont été couronnés par le plus beau succès : la maison de Manchester est aujourd'hui à la tête de la construction européenne des moteurs à gaz.

Le type créé par MM. Crossley n'a pas besoin

d'être décrit ici, car il est très connu et beaucoup de concurrents l'ont

reproduit ; signalons seulement quelques perfectionnements de détail introduits dans leur construction. Les soupapes disposées presque

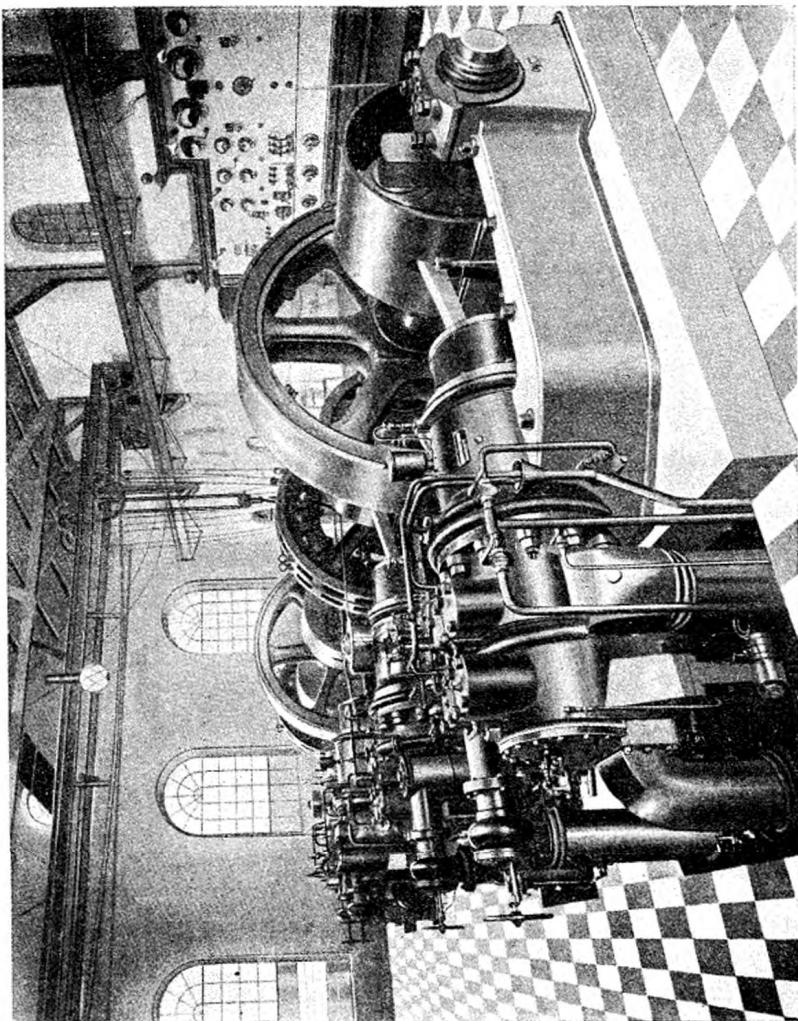


Fig. 4. — Moteurs Otto, de Friedenshütte.

toujours horizontalement sont facilement accessibles et aisément démontables; leurs tiges de grand diamètre leur donnent un parfait guidage et l'extrémité des leviers de commande a une forme rationnelle qui assure une levée progressive. Il n'y a plus de joints d'amianté

que pour les fonds de cylindre. Les régulateurs sont placés horizontalement dans les gros moteurs; ils sont commandés par un petit pignon spécial engrenant dans la roue dentée clavetée sur l'arbre de couche; ils sont à action rapide et ne subissent plus les variations dues à l'inertie des pièces à mouvoir, ce qui permet de maintenir une constance parfaite de la vitesse de régime et de la vitesse cyclique.

La compression est devenue considérable et elle atteint 7 kg. par centimètre carré, sans que les organes mécaniques en souffrent; j'ai fait ressortir maintes fois les avantages qui en résultent pour le rendement thermique des moteurs. Voici d'ailleurs un essai de M. John Hopkinson qui en témoigne. Il a porté sur le moteur XAE de 60 chevaux, installé à la librairie Ryland à Manchester.

	Travail effectif —	Gaz consommé par cheval-heure effectif.
1 <sup>re</sup> heure. . . . .	63 ch <sup>x</sup>	423 litres
2 <sup>e</sup> — . . . . .	63,4 —	421 —
3 <sup>e</sup> — . . . . .	64 —	419 —

On nous dit que c'était du gaz de l'usine de Manchester: pourquoi ne pas avoir déterminé son pouvoir calorifique? Le moteur était neuf, et sa consommation a certainement diminué à mesure que le rodage du cylindre est devenu plus parfait.

Nous donnons ci-contre une vue en élévation d'un moteur à palier extérieur (fig. 5) et la photographie d'une puissante machine construite spécialement en vue de l'éclairage électrique (fig. 6).

La maison Crossley a abordé avec une rare prudence (quelques-uns l'ont dite excessive) la construction des gros moteurs; elle ne paraît pas encore avoir dépassé 130 chevaux effectifs par cylindre.

Signalons toutefois un beau moteur de plus de 300 chevaux décrit dans l'*Engineer* du 20 juillet 1900, composé de deux cylindres opposés de 660 mm de diamètre et de 0<sup>m</sup>,910 de course, faisant 130 tours par minute. Cette machine, alimentée par du gaz de gazogène, est reliée directement à une dynamo par un accouplement flexible et élastique; chaque cylindre est muni d'un régulateur qui règle la proportion de gaz et d'air. Le volant mesure 4 m de diamètre et 950 mm de largeur. Le débit de la dynamo a été de 2250 ampères par 110 volts, ce qui donne 247 kilowatts, soit 336 chevaux électriques.

L'application des moteurs à l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux a exigé un nouvel effort de la part des constructeurs; ils ont créé

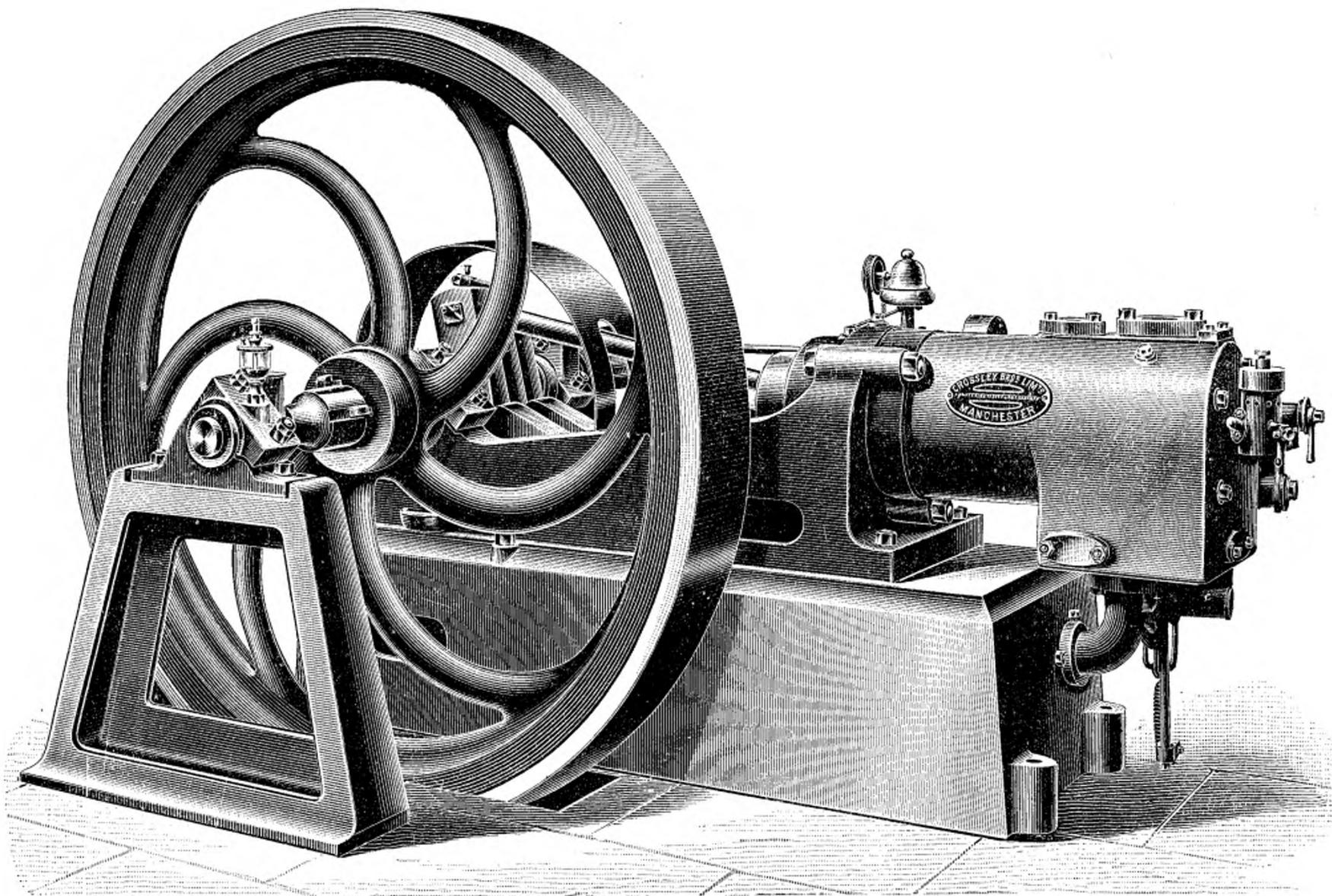


Fig. 5. — Moteur Crossley à palier extérieur.

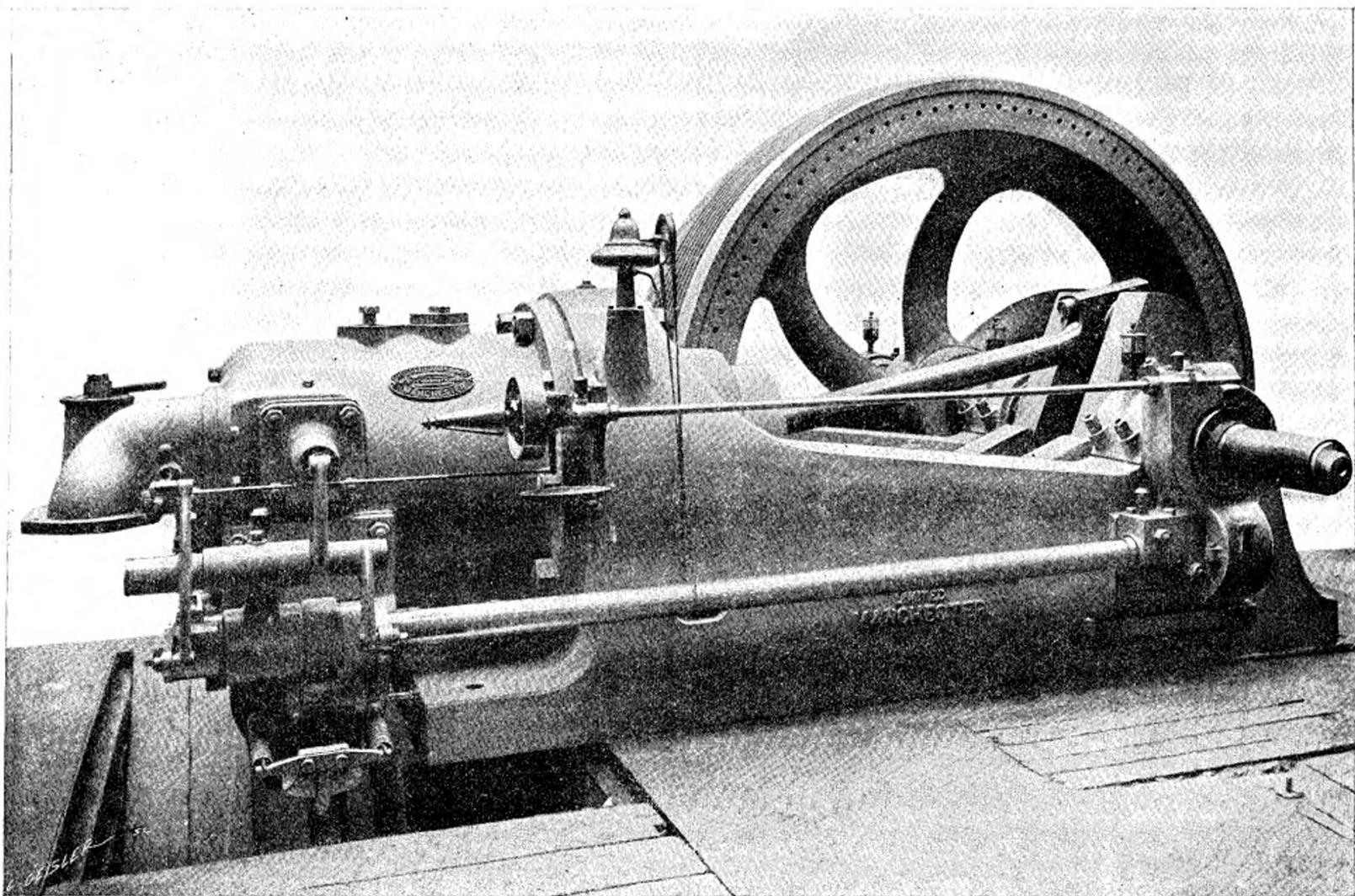


Fig. 6. — Moteur Crossley, de 400 chevaux pour lumière électrique.

d'emblée un moteur qui présente un caractère incontestable de nouveauté et qui a été exposé en dessin. Je suis heureux de pouvoir en donner la description complète, basée sur les spécifications mêmes des brevets anglais : la fig. 7 montre le moteur dans sa disposition d'ensemble, la fig. 8 donne au contraire la coupe des cylindres moteurs et soufflants.

L'idée mise en œuvre est hardie; elle est due à MM. William John Crossley et James Atkinson.

Le moteur à gaz forme un tout compact et indivisible avec la machine soufflante, dont le piston est solidaire de celui du moteur et d'une pièce avec lui; leur masse est attachée au vilebrequin par une bielle unique.  $P$  est le piston moteur,  $P'$  celui de la pompe à air;  $C$  et  $C'$  sont les deux cylindres.  $C$  a une base spéciale  $a$ ;  $C'$ , qui lui est relié par une forte bride  $d$ , prend lui-même une solide assiette sur les fondations et est attaché au palier de l'arbre de couche. Cet ensemble est donc parfaitement lié et constitue une machine extrêmement robuste, qui donne toute garantie au point de vue de la stabilité.

Justement préoccupés du souci d'éliminer du cylindre moteur les poussières entraînées par les gaz de hauts fourneaux, les inventeurs ont appliqué à leur moteur le principe du balayage des gaz brûlés, auquel M. Atkinson attache tant de prix. À cet effet, une soupape  $S'$  montée sur le fond annulaire du cylindre compresseur d'air s'ouvre sur une conduite horizontale  $g$  qui débouche dans la culasse du cylindre  $C$ , à travers la soupape automatique  $S$ ; en revenant à fond de course, le piston  $P'$  fait lever la soupape  $S'$ , en poussant sa tige, et l'air comprimé force la soupape  $S$  et tourbillonne dans la culasse  $C$ , dont la forme est étudiée spécialement en vue d'obtenir le résultat cherché.  $S'$  ne se lève que dans la phase d'appel du mélange tonnant, en vertu de l'excès de pression qu'elle supporte.

La coupe  $yy$  fait voir la disposition des valves du cylindre soufflant,  $m$ ,  $n$ ,  $p$  et  $q$ .

Ce dispositif est double, attendu que tout est symétrique par rapport à l'arbre de couche, ainsi qu'on peut en juger par le dessin d'ensemble de la machine : deux lourds volants  $S$  assurent par leur inertie la régularité de marche requise.

Les cylindres moteurs ont 788 mm de diamètre; les cylindres soufflants mesurent 1<sup>m</sup>,60 de diamètre. La course commune est de 0<sup>m</sup>,914 et le nombre de révolutions est réglé à 135 par minute. Le débit d'air garanti atteint 13 600 m<sup>3</sup> sous la pression de 0<sup>k</sup>,49 par centimètre carré.

Une de ces machines sera incessamment mise en marche aux hauts fourneaux Hickmann, près de Wolverhampton ; une autre a été vendue par MM. J et O.-G. Pierson aux aciéries Robert.

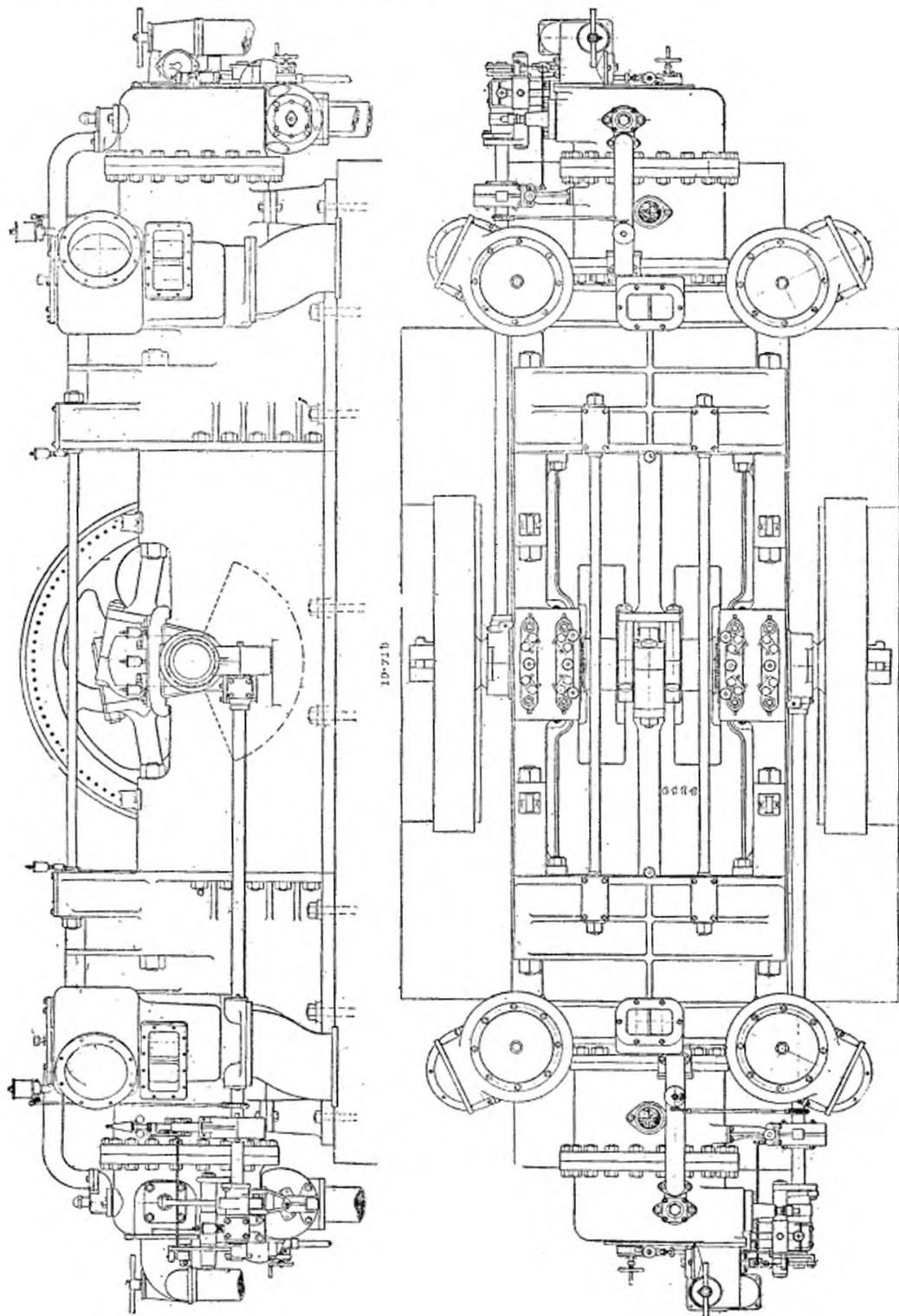


Fig. 7. — Moteur et machine soufflante Grossley.

MM. Pierson, les infatigables agents en France de MM. Crossley avaient organisé une belle exposition de quatre moteurs, de 8, 12, 17 et 32 che-

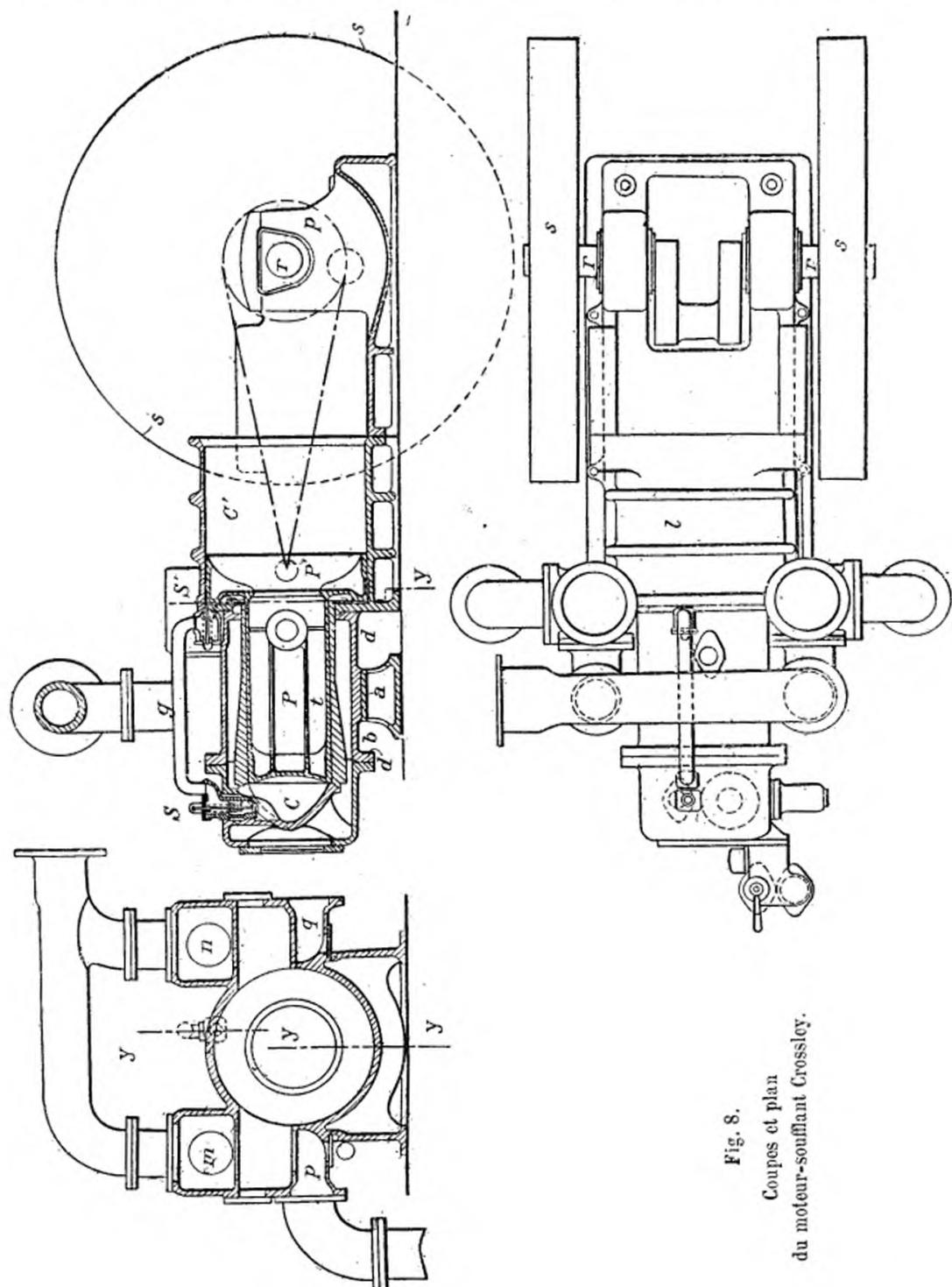


Fig. 8.  
Coupes et plan  
du moteur-soufflet Grossley.

vaux, tous en marche, installés dans un stand un peu étroit qui les

mettait peu en lumière; cette remarque s'applique d'ailleurs à tout le compartiment anglais des moteurs et n'est imputable en tout cas qu'à l'administration du Champ-de-Mars, plus préoccupée de ses grands groupes électrogènes à vapeur que des moteurs à gaz.

### *Moteur Delamare-Deboutteville et Cockerill.*

La Société John Cockerill de Seraing (Belgique) en collaboration avec M. Delamare-Deboutteville, le créateur du Simplex, a établi un moteur à gaz de haut fourneau, de grande puissance, qui a été le clou de l'exposition des moteurs à gaz : tous les visiteurs ont vu le colosse, tous l'ont admiré, les ingénieurs seuls ont apprécié la difficulté vaincue. Pour en juger en connaissance de cause, il faut savoir quelles étaient les données de construction de cette belle et imposante machine.

Diamètre du cylindre moteur . . . . .	1 <sup>m</sup> ,300
Course du piston . . . . .	1 <sup>m</sup> ,400
Diamètre de la tige du piston . . . . .	244 mm
Longueur de la bielle . . . . .	4 <sup>m</sup> ,60
Diamètre du tourillon de l'arbre . . . . .	460 mm
Diamètre du cylindre de la machine soufflante . . .	1 <sup>m</sup> ,700
Course du piston . . . . .	1 <sup>m</sup> ,400
Diamètre de la tige du piston . . . . .	244 mm
Dimensions du groupe. { hauteur . . . . .	4 m
longueur . . . . .	16 <sup>m</sup> ,500
largeur . . . . .	6 m
Diamètre du volant . . . . .	5 m
Poids du volant . . . . .	33 tonnes
Poids du moteur (sans volant) . . .	94 —
Poids de la machine soufflante . . .	31 —
Poids total . . . . .	158 tonnes

Cette machine, qui fait environ 94 tours par minute, peut débiter au moins 500 m<sup>3</sup> d'air par minute, sous une pression de 40 cm de mercure ou 310 m<sup>3</sup> sous la pression de 76 cm. Les essais faits à Seraing, en mars 1900, ont démontré qu'elle est capable de produire une puissance utile du vent soufflé de 743 chevaux, la pression moyenne du vent étant de 451 mm de mercure; dans ces conditions, elle a consommé par cheval-heure effectif 2 725 lit. de gaz de hauts fourneaux, ayant un pouvoir d'environ 1 000 calories, à volume constant, vapeur d'eau condensée (<sup>1</sup>); cette consommation s'est élevée à 2 917 lit. au maximum. La consommation d'eau par cheval-heure utile n'a pas dépassé 50,20 lit. pour le refroi-

(1) Ce chiffre a été déterminé à l'aide de ma bombe endiométrique, dans les conditions dites ci-dessus.

dissement du moteur. Ces nombres, que j'emprunte au savant rapport de M. Hubert, démontrent que le groupe soufflant de la Société Cockerill est destiné à fournir d'excellents résultats en métallurgie ; s'étonnera-t-on dès lors de savoir que 72 machines étaient vendues avant la fin de l'Exposition ?

Mais concentrons notre attention sur le moteur même, représenté sur la figure ci-contre ; un palier à large base est relié au cylindre par quatre fortes entretoises cylindriques en acier qui donnent l'impression d'une solidarité remarquable. L'arbre longitudinal de distribution porte les cames qui actionnent les soupapes d'admission et d'échappement. Le piston du moteur et celui de la machine soufflante sont montés sur une même tige, qui traverse un stuffing-box de la culasse du cylindre moteur et deux du cylindre à vent.

Les deux cylindres sont reliés par une épaisse armature de fonte formant coulisse et soulageant les bourrages de l'énorme pression produite par le poids des pistons. Une fosse creusée entre les cylindres, permet un accès facile des soupapes du cylindre moteur.

M. Delamare-Deboutteville s'est justement préoccupé de la manière d'opérer un mélange tonnant parfaitement homogène, dont l'influence est si grande sur la combustion du gaz et le rendement des moteurs. Il a réalisé cet objet par l'emploi d'une triple soupape, dont le détail est représenté sur la fig. 10.

Les orifices d'admission de l'air et du gaz *a* et *b* sont fermés par des soupapes *c* et *d* à axe vertical, maintenus sur leur siège par des boudins. Le mélange s'effectue dans la chambre supérieure *g*, et il est admis au cylindre par la soupape *h*. L'ouverture de ces trois soupapes est réglée par le déplacement d'un manchon *j*, glissant sur un guidage cylindrique *K* porté par la boîte à soupapes ; ce manchon est conduit par le levier *m*, articulé en *n*, commandé par le mécanisme de distribution. Ce manchon *j* est muni de deux butoirs *o* et *p*, attaquant par dessous les tiges des soupapes *e* et *h* : leur hauteur est réglée par un dispositif de vis et d'écrous *r* et *s*. Les mouvements de la soupape *d* sont commandés par une détente *t*, placée sous la dépendance du régulateur. On fait dans la chambre le mélange dont on a besoin en donnant aux butoirs la position qu'il faut et on admet le volume qu'on veut.

Une refroidissement énergique du cylindre et des soupapes, par une abondante circulation d'eau, devient une nécessité pour les puissants moteurs ; dans ce moteur, l'eau circule même dans le piston et dans sa tige et il en résulte une sécurité de fonctionnement qui n'entraîne pas

de grande dépense d'eau, grâce à l'habileté des dispositions prises.

La mise en route est obtenue par le procédé connu du Simplex, de MM. Delamare-Deboutteville et Malandin : le volant est actionné par un



Fig. 9. — Moteur Delamare-Deboutteville et Cockerill.

treuil qui permet de placer le piston dans la position de compression du mélange ; un ingénieux mécanisme libère le piston au moment même où l'étincelle jaillit et provoque l'allumage, sans que jamais une fausse

manœuvre puisse être faite. L'adjonction d'un carburateur permettrait d'enrichir au besoin le mélange de la première charge et de donner au piston une vitesse suffisante pour fournir les deux premiers tours et opérer la mise en train. J'ai constaté plusieurs fois à Seraing la parfaite réussite de l'opération.

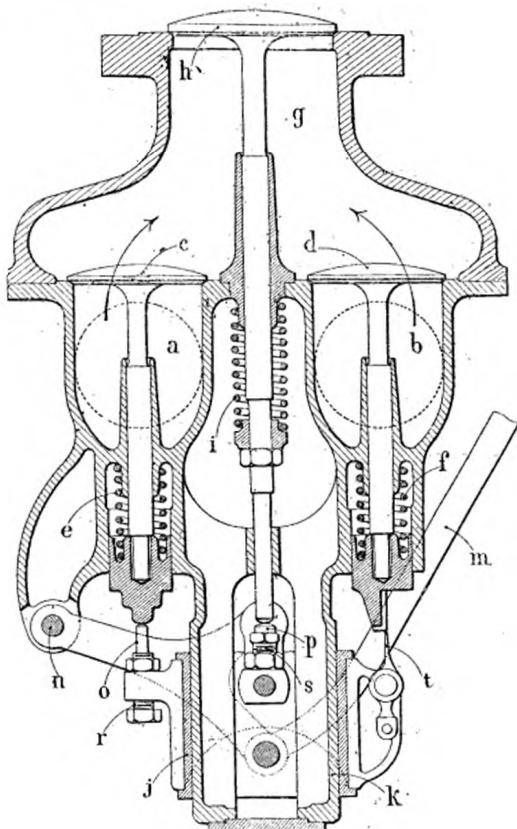


Fig. 10. — Soupapes Delamare-Deboutteville.

Un essai au frein a démontré que le moteur a un rendement organique compris entre 71 et 81 % . Pour faire 591 chevaux par 97,5 tours le moteur a consommé 35 028 lit. par minute; il a pu faire 670 chevaux par 93,2 tours en dépensant 35 250 lit.; c'est à ce régime, que le rendement organique a été le plus élevé. La consommation par cheval-heure effectif a oscillé de 3 156 lit. à 3 574 lit., le gaz ayant un pouvoir d'environ 983 calories à la bombe : cela équivaut à un rendement ther-

mique de 18,46 à 20,44 0/0 environ. Ces chiffres ont été calculés par M. Hubert.

Pour développer 570 chevaux effectifs, le moteur faisait 42,27 admissions sur 93,33 révolutions, soit 90,6 0/0; on peut donc estimer sa puissance à ce chiffre, avec un gaz de haut fourneau d'une richesse moyenne; le travail de 670 chevaux correspond à la suppression des passages à vide, et représente par conséquent un maximum qui ne laisserait aucune élasticité au fonctionnement industriel.

Les essais officiels n'exercent pas la même séduction sur tous les esprits et nous savons des ingénieurs d'un grand mérite quise tiennent en garde contre les procès-verbaux de réception. Sans vouloir discuter cette opinion, qui témoigne d'un scepticisme exagéré, j'en admets néanmoins le bien-fondé dans certains cas, et notamment pour une application aussi nouvelle et aussi importante que celle des moteurs à l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux, d'une richesse souvent variable et toujours fortement chargés de poussières. Je comprends donc qu'une expérience de 10 heures puisse ne pas être décisive pour certaines personnes très prudentes et ne leur donne pas la conviction de la viabilité industrielle de ces installations. Or, voici qui doit faire disparaître tous les doutes. Le moteur de la fig. 11 est celui que j'ai essayé au mois de juillet 1898, à Seraing : il a 800 mm de diamètre de cylindre, 1 m de course et développe 200 chevaux effectifs par 103 tours à la minute. Il a consommé 3 159 lit. de gaz à 1 000 calories et 3 440 lit. de gaz à 937 calories. Voilà plus de deux ans qu'il marche, presque sans discontinuité, actionnant une dynamo appliquée à l'éclairage et à un transport d'énergie. Cette épreuve est indiscutable.

Elle explique les nombreuses commandes faites à la Société Cocke-  
rill. Relevons parmi celles-ci la grandiose installation des Forges de Differdange, dans le Grand-Duché de Luxembourg. La station, montée dans un hall de 110 m de long sur 21 m de large, comprend trois moteurs de 600 chevaux actionnant des dynamos Schuckert et six machines soufflantes; le gaz est amené par une conduite de 2<sup>m</sup>,50 de diamètre; il traverse un jeu d'orgue, abaissant sa température à 20° environ et alimente une caracole longeant tout le bâtiment. MM. Würth et Max Meier fondateurs et organisateurs des beaux établissements de Differdange ont le rare mérite d'avoir réalisé les premiers une station complète de moteurs à gaz de hauts fourneaux, et je suis heureux de rendre hommage à leur intelligente initiative. Des essais que j'ai faits sur des chaudières chauffées par des gaz de hauts fourneaux me permettraient de

dire l'économie obtenue ; qu'il me suffise d'affirmer ici qu'elle sera très grande.

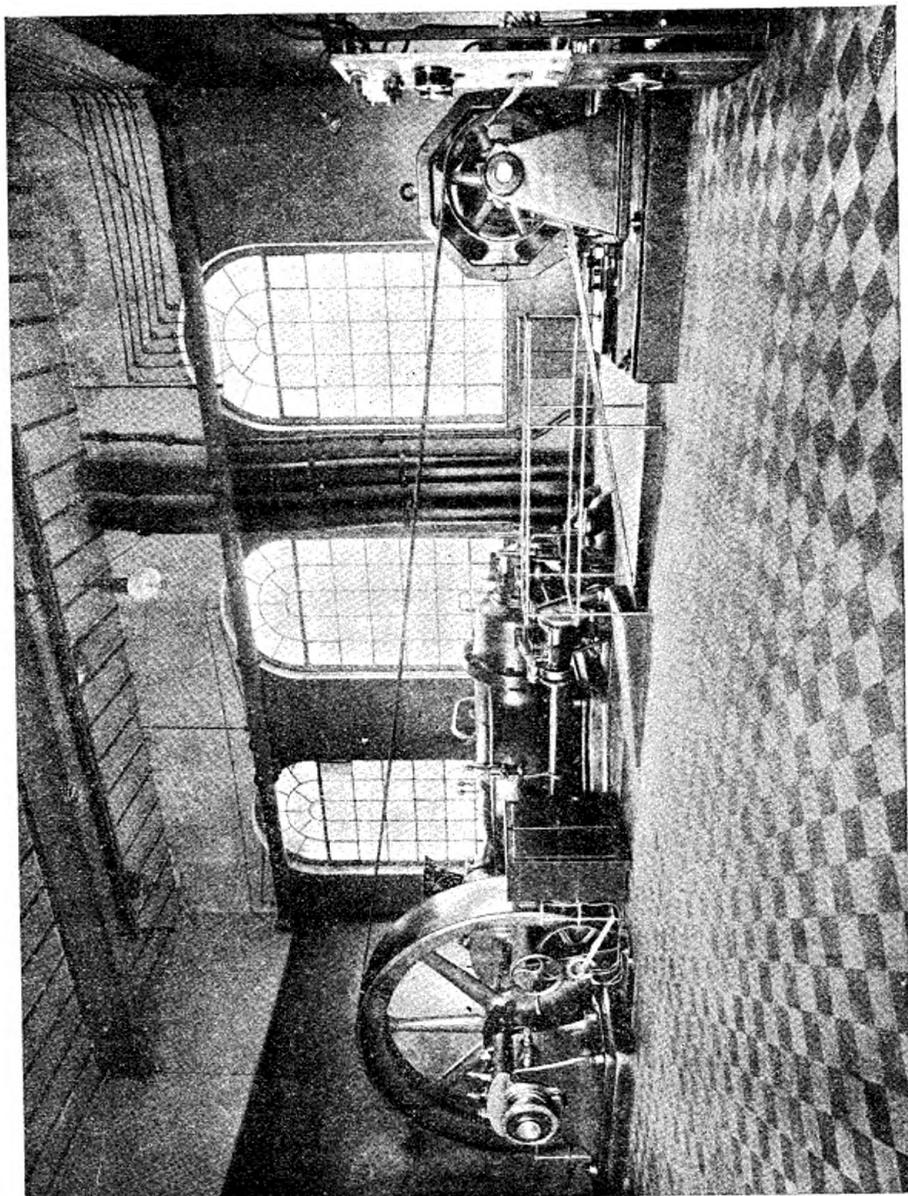


Fig. 11. — Station centrale Cockerill.

### *Moteur Lenoir*

Lorsqu'en 1883, Lenoir s'adonna de nouveau à l'étude du moteur à gaz, qu'il avait tant fait progresser en 1860, il confia la construction de

ses nouvelles machines à MM. Mignon et Rouart, de Paris, dont M. Henri Rouart, de Montluçon, est le successeur. Entre ses mains, l'idée de Lenoir s'est développée et nous avons vu à l'Exposition dix machines, de 1 à 25 chevaux, qui auraient obtenu une brillante récompense, si M. Rouart n'avait été mis hors concours, par sa participation aux travaux du jury.

On a abandonné la chambre de compression à ailettes qui caractérisait au dehors le moteur Lenoir et la bougie d'allumage a été remplacée par le tube à incandescence qui supprime la pile et ses ennuis ; le tiroir a disparu du même coup, et le moteur Rouart est devenu un moteur à soupapes. L'échappement se fait par le fond du cylindre, l'admission par le côté ; les valves sont commandées, soit par des tringles d'excentrique, soit par des cames.

La Compagnie parisienne, qui construit aussi le moteur Lenoir, donne la préférence à un arbre de distribution longitudinale commandant par une paire d'engrenages coniques un arbre transversal passant derrière la culasse du cylindre. Son prospectus de 1898 garantit une dépense de 540 lit. par cheval-heure effectif pour un moteur de 55 chevaux sans spécifier la richesse de ce gaz. Elle avait exposé des moteurs intéressants dans le Palais de l'Industrie collective du gaz.

#### *Moteur Koerting*

Ce moteur, d'un type bien connu, était exposé au Champ-de-Mars et à l'annexe de Vincennes, par MM. Koerting frères, de Kœrtingsdorf, près Hanovre.

Au Champ-de-Mars, on voyait un moteur à gaz de 30 chevaux, acouplé directement avec une dynamo. Le mélange était de composition constante ; le régulateur faisait varier le volume admis, suivant la charge de la machine. L'allumage était effectué par une bobine Siemens ; la mise en route se faisait par l'air comprimé pris dans un réservoir alimenté par une pompe, actionnée par un petit moteur électrique. Le prospectus annonçait une consommation de 450 lit. pour les moteurs de 8 chevaux et de 400 lit. pour les moteurs de 30 chevaux, sans indication du pouvoir calorifique du gaz employé.

A Vincennes, un moteur de 8 chevaux entraînait une dynamo de 5 kilowatts : ce moteur, qui marchait à l'alcool, avait une vitesse fort régulière et la lumière des lampes qu'il alimentait d'énergie était très fixe. On nous a dit qu'il consommait 450 grammes d'alcool à 90° par cheval-heure effectif, soit un peu plus d'un demi-litre.

MM. Körting construisent des moteurs de grande puissance, sur lesquels on a appelé notre attention. Un moteur de 200 chevaux a été mis en service dans leurs ateliers dès 1898, et il a fonctionné continûment dès lors, sans arrêt ; il est appliqué à la commande de dynamos à lumière.

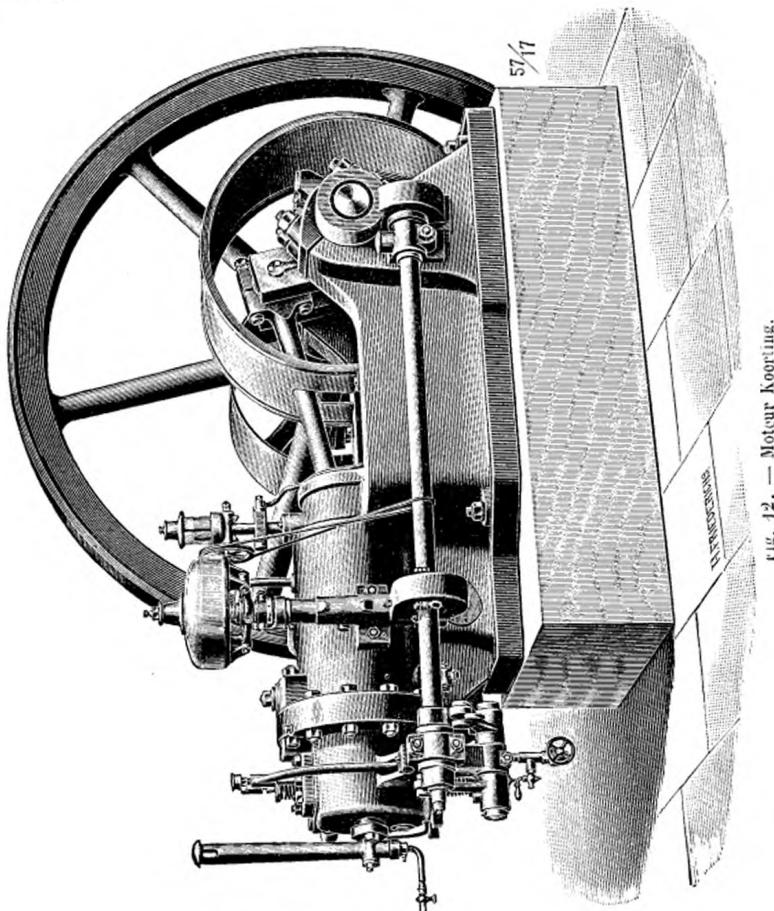


Fig. 42. — Moteur Körting.

Ils ont aussi créé un modèle Duplex à deux temps, donnant donc deux impulsions motrices par tour ; la marche à double effet assimile entièrement dans ce cas le moteur à gaz à la machine à vapeur. L'analogie est complétée par un dispositif de soupape d'admission, qui produit une admission variable de mélange tonnant sous la dépendance du régulateur : la compression reste au contraire constante, attendu qu'un certain volume d'air supplémentaire est appelé à la suite du mélange

pour compléter la cylindrée. On admet que la diffusion des gaz ne s'oppose pas à la réalisation des vues de l'inventeur, qui paraît un partisan convaincu de l'ancienne théorie des tranches : il compte pour cela, comme ses prédécesseurs dans la carrière, sur l'effet de certaines formes de culasses, de piston, de canalisations qui juxtaposent les gaz sans les mêler ; d'autre part, la diffusion ne se produirait pas, attendu qu'elle n'en aurait pas le temps.

Ce moteur, composé d'un cylindre-moteur à double effet et de deux cylindres compresseurs d'air et de gaz, présente une soupape d'admission, actionnée par une coulisse et une couronne annulaire d'orifices d'échappement, placés au milieu du cylindre, démasqués en temps voulu par le piston et dépourvus de soupapes. Cet ensemble rappelle des dispositifs connus de moteurs à deux temps.

La pompe à gaz est disposée ainsi que la pompe à air sur le côté du cylindre moteur ; toutes deux montées sur la même tige. Le tiroir de la pompe à gaz est réglé avec un certain retard et le gaz n'arrive, grâce à cet artifice, dans le cylindre moteur qu'après que celui-ci a été balayé par un courant d'air ; ce retard est variable sous l'action du régulateur, qui

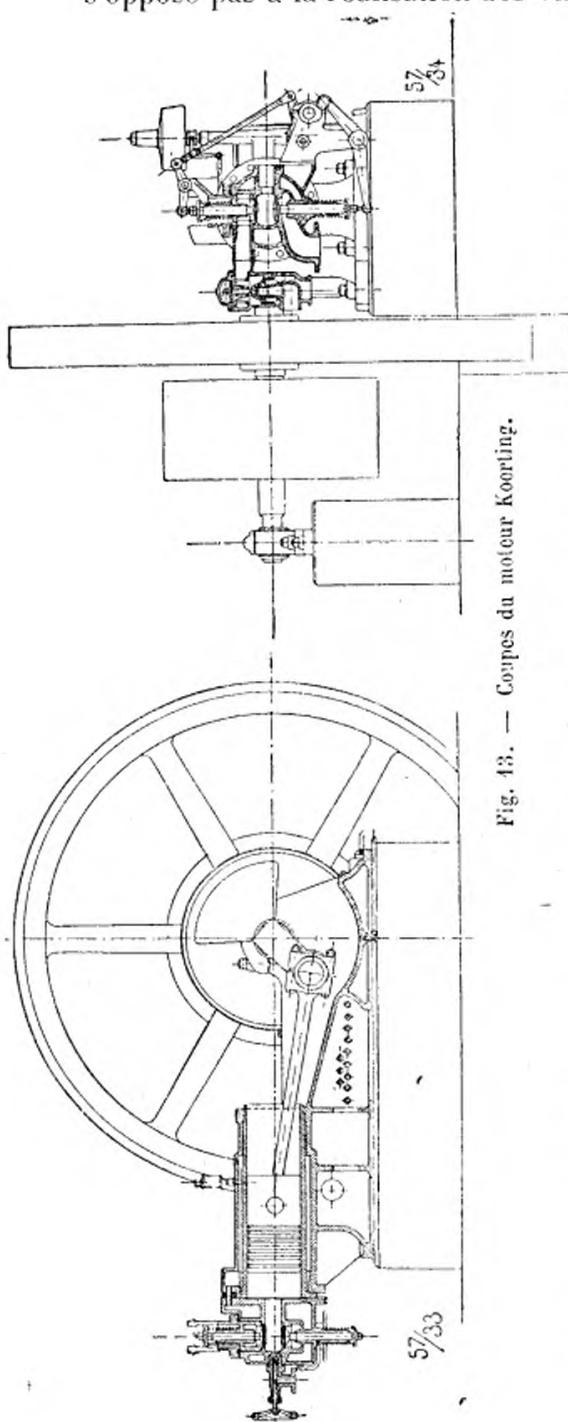


Fig. 43. — Coupes du moteur Koerling.

agit par l'intermédiaire de la coulisse. Plus il y a de retard, moins le cylindre reçoit de gaz, mais le volume total du mélange reste constant. Il ne se produirait pas de ratés, même dans la marche à vide.

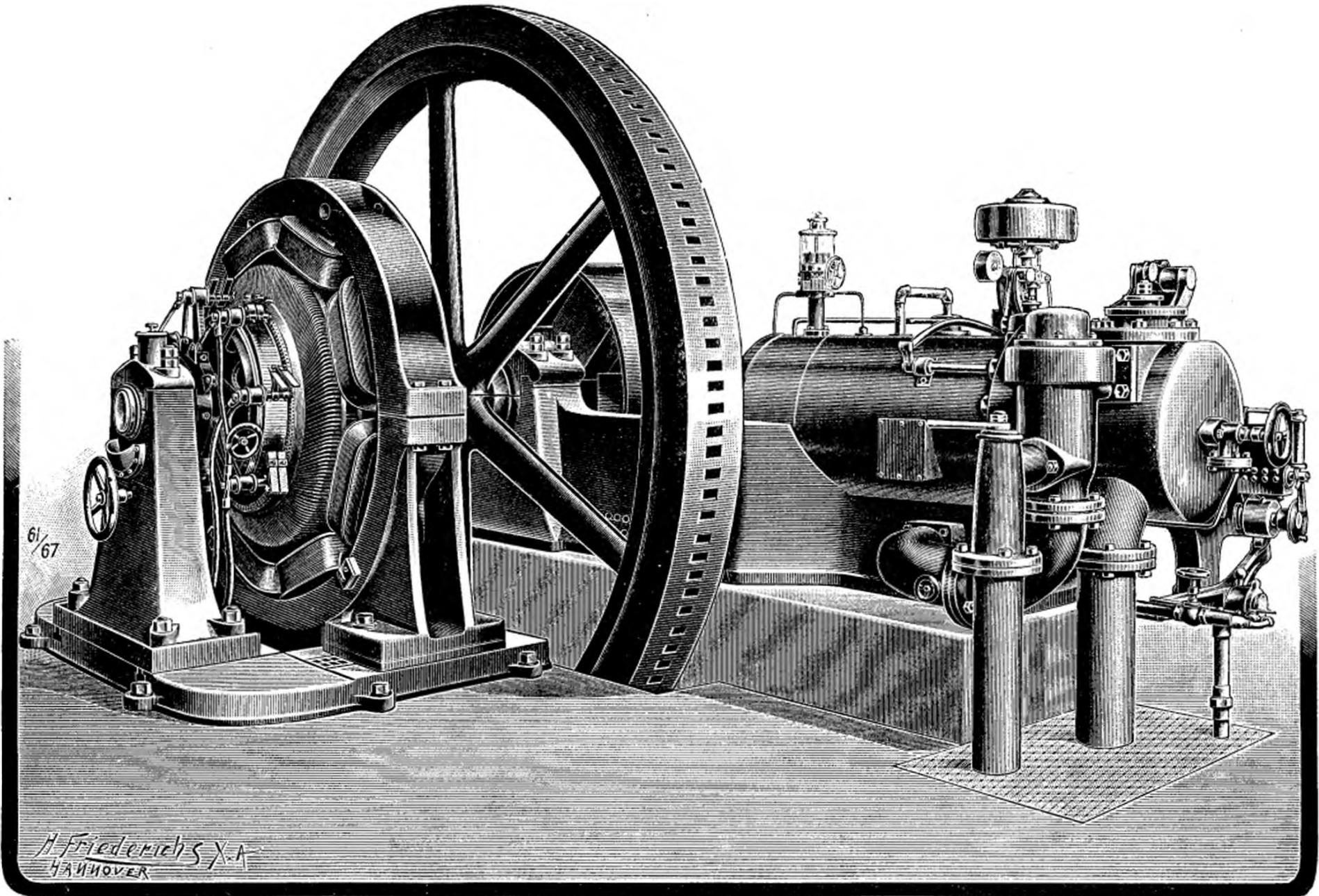


Fig. 14. — Moteur électrogène Körting.

Les dimensions de ce moteur sont les suivantes :

Diamètre du cylindre . . . . .	630 mm
Course du piston . . . . .	0 <sup>m</sup> ,960

Il développe 500 chevaux par 110 révolutions à la minute.

Il paraît que sa consommation par cheval-heure effectif est d'environ 2700 lit. de gaz de haut fourneau à 1000 calories par mètre cube ; ce serait un beau résultat. D'autre part, la dépense en huile de graissage ne dépasserait pas 1 gramme par 1000 chevaux-heure.

La station centrale de Clausthal-Zellerfeld, a été installée avec des moteurs Körting alimentés au gaz pauvre ; on indique une dépense de 1282 grammes de combustible par kilowatt-heure.

MM. Brûlé et C<sup>e</sup>, de Paris, exposaient des moteurs Körting de leur construction, auxquels s'applique la généralité des choses que nous venons de rapporter.

#### *Moteur Niel*

La Compagnie des moteurs Niel a voulu, comme toujours, bien faire les choses et son exposition était fort remarquable et très intéressante. Dans son stand du Champ-de-Mars, étaient réunis des moteurs de 3/4, 1, 3, 4 1/2, 10, 12, 14, 15, 28 et 60 chevaux ; d'autres moteurs étaient en service dans le Palais de l'Industrie collective du gaz et dans divers compartiments ; à Vincennes, les moteurs à gaz à air carburé et à pétrole formaient un groupe qui donnait lieu à d'utiles rapprochements.

La Compagnie a manifestement pris pour objectif la petite et la moyenne industrie et les machines destinées à l'éclairage électrique : elle laisse à d'autres les grosses puissances supérieures à 100 chevaux.

Pour les petits moteurs de 1/2 à 3 chevaux, elle donne la préférence au régulateur-pendule ; l'allumage est fait par un tube en porcelaine placé directement sur le cylindre, la compression déterminant le moment de la mise de feu.

L'ancien robinet tournant de Niel est définitivement abandonné et remplacé par les distributions à trois soupapes adoptées aujourd'hui par tous les constructeurs. La bielle a été allongée le plus qu'il a été possible pour assurer une meilleure conservation du cylindre et du piston. Ces petits moteurs, qui tournent à 300 tours par minute, sont assez réguliers pour faire de l'éclairage électrique et la Compagnie en a installé un certain nombre dans des habitations particulières.

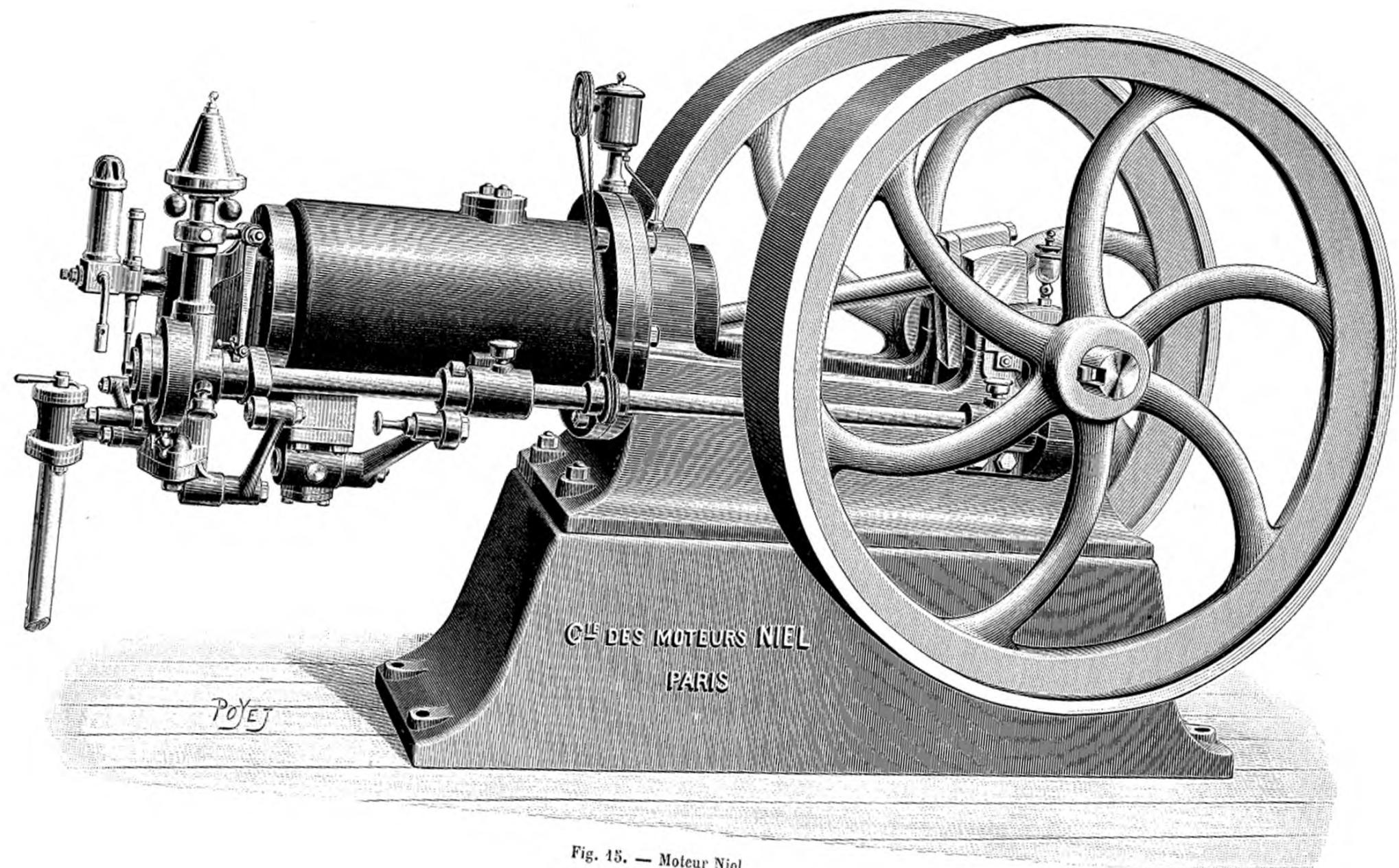


Fig. 15. — Moteur Niol.

Une série de moteurs de 5 à 8 chevaux est établie pour les petits ateliers ; ils portent le régulateur à lame qui a tant contribué au début au succès du moteur Niel. Il a l'avantage de pouvoir être réglé en marche en agissant sur une vis à bouton molletée. Des graisseurs à force centrifuge alimentent d'huile la tête de bielle et permettent de faire tourner la machine plus de vingt heures de suite sans arrêt.

A partir de 10 chevaux, c'est le régulateur à boules qui est presque toujours employé ; pour augmenter sa sensibilité, on le commande directement par l'arbre moteur. L'allumage par tube de porcelaine est réglé par une soupape commandée. Au-dessus de 25 chevaux, on fait du balayage par un procédé qui rappelle le *scavenging* de Crossley. La compression ne dépasse pas 5 à 6 kg.

De 50 à 100 chevaux, les moteurs Niel sont généralement à deux cylindres, avec un volant unique, placé entre deux bâtis, ce qui est une disposition plus avantageuse au point de vue de la fatigue des arbres.

Le démarrage des gros moteurs se fait par l'air comprimé ; la compression, opérée par un petit moteur auxiliaire ou par le moteur lui-même, dans un réservoir logé au pied du cylindre, permet de mettre les plus gros moteurs en rotation par la seule manœuvre d'un robinet ; il suffit pour cela de placer préalablement le moteur dans la phase de détente.

#### *Moteur Charon*

Trente-deux moteurs Charon étaient exposés dans les classes 6, 20, 37, 53, 97, 117, à l'Exposition collective du gaz et à celle de Madagascar : à Vincennes, on voyait un moteur à pétrole, et quatre moteurs à gaz pauvre alimentés par des gazogènes Taylor et Gardie. La puissance de ces moteurs variait de 50 kgrm. à 100 chevaux. Cette dernière machine était composée de deux cylindres de 440 mm. de diamètre, de 0<sup>m</sup>,700 de course de piston et elle faisait 130 tours par minute ; à charge normale, elle avait consommé, aux essais, par cheval-heure effectif, 479 lit. de gaz à charge normale, 572 lit. à 3/4 de charge et 788 lit. à demi-charge ; il est très regrettable que l'on ne nous ait pas fait connaître le pouvoir calorifique du gaz employé. C'est un regret que j'ai trop souvent l'occasion d'exprimer, pour de nombreux essais, dont cette lacune diminue considérablement l'importance et l'utilité.

Grâce à l'active et intelligente impulsion de son directeur, M. Manaut, et de son ingénieur en chef, M. Allaire, la Société Générale des

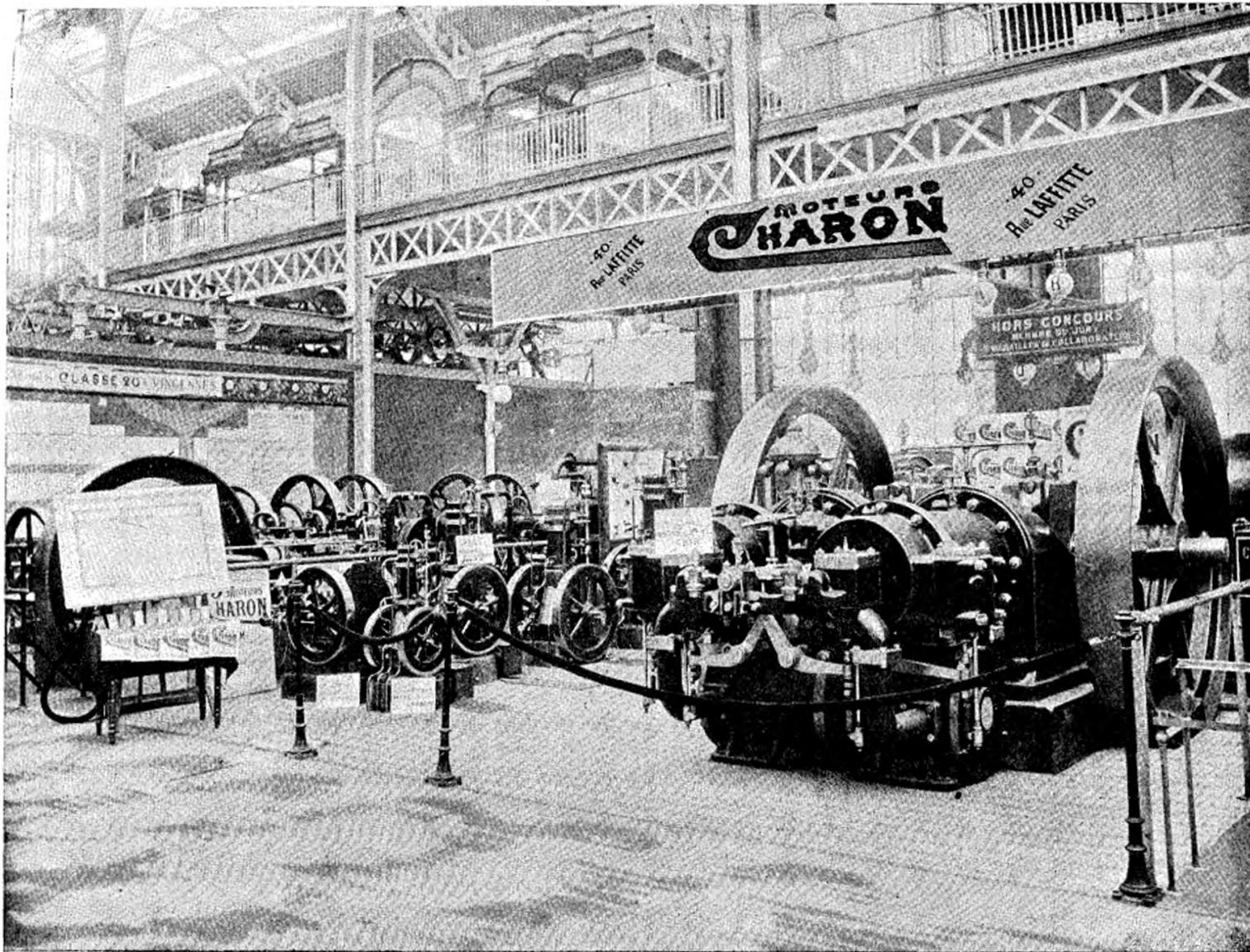


Fig. 46. -- Exposition des Moteurs Charon.

Industries économiques se met à la tête des constructeurs français de moteurs à gaz ; elle aborde à son tour les grandes puissances et l'usine électrique des Tramways de la Seine à Saint-Ouen est pourvue de 240 chevaux par trois moteurs Charon, dont un développe 120 chevaux au gaz pauvre.

Les deux groupes électrogènes de la classe 23 ont attiré l'attention des ingénieurs ; ils ont fonctionné depuis le mois de décembre 1899, fournissant, le jour, l'énergie nécessaire aux grues allemandes et françaises, qui servaient au montage des machines, et la nuit, la lumière répandue à flots sur les chantiers et dans les halles. Durant l'Exposition, ces groupes donnaient le courant à un certain nombre d'installations privées dans divers compartiments ; enfin, après la fermeture, ils ont été utilisés, comme pendant la période d'installation, pour fournir encore le courant aux grues de manœuvre et éclairer les travaux de nuit. La marche de ce groupe n'a pas cessé de donner satisfaction à tous : il comprenait deux moteurs Charon de 60 chevaux.

Le type Charon est établi définitivement depuis plusieurs années et il est consacré par d'heureuses applications : les perfectionnements qu'il a reçus en ces derniers temps n'intéressent plus que certains détails de construction. La vitesse des moteurs destinés à l'éclairage électrique a été augmentée pour effacer plus complètement les effets sensibles de l'impulsion motrice. Le moteur Charon, qui admet du gaz à chaque cycle, convient du reste fort bien à cet emploi et sa faible consommation, à pleine charge, le met au premier rang à cet égard. En groupant intelligemment les unités, on arrive à faire développer à chaque moteur mis en service sa charge pleine.

Le mode de fonctionnement de ces moteurs a permis de les alimenter dans de bonnes conditions par des gazogènes à aspiration, genre Bénier ou Taylor, et les résultats obtenus ont été fort beaux, ainsi qu'en témoigne l'essai suivant dont on nous a communiqué officieusement les données. Elles ne tarderont pas sans doute à devenir officielles.

Puissance du moteur . . . . .	80 ch*
Diamètre du cylindre . . . . .	510 mm
Course du piston . . . . .	0 <sup>m</sup> ,820
Nombre de tours moyen . . . . .	158
Longueur du bras de levier . . . . .	2 <sup>m</sup> ,640
Charge nette . . . . .	105 kg.
Anthracite consommé par heure . . . . .	35 kg.
Cendres et scories à déduire . . . . .	6 <sup>k</sup> ,6
Poids net d'anthracite consommé . . . . .	28 <sup>k</sup> ,4

Travail effectif du moteur . . . . .	61,44 ch <sup>x</sup>
Anthracite consommé par cheval-heure effectif / poids brut.	569 grammes

/ poids net . 460 —

Nous parlerons plus loin d'un nouveau moteur Charon à pétrole, exposé à l'annexe de Vincennes.

#### *Moteur Martini*

Ce moteur, construit à Frauenfeld, en Suisse, était exposé à Vincennes ; il est fait pour marcher au gaz de ville, à l'air carburé et au pétrole lourd. Il présente quelques particularités sérieuses ; l'arbre à demi-vitesse est vertical et porte le régulateur à boules qui commande

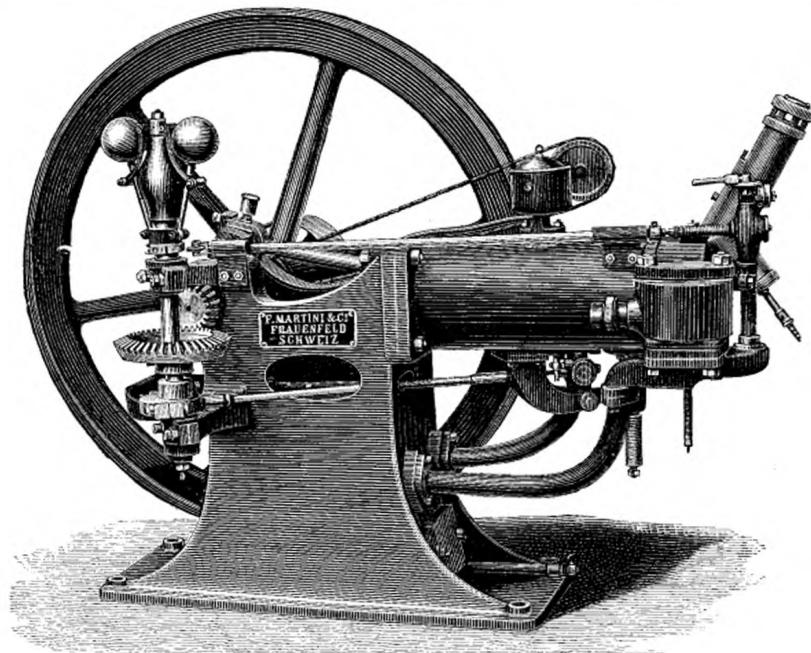


Fig. 47. — Moteur Martini.

par une longue tringle passant sur le cylindre la valve d'admission ; le même arbre porte un excentrique actionnant par dessous le cylindre la soupape de décharge. L'allumage est fait par tube ou par un appareil électromagnétique, à la volonté des acheteurs. Le prospectus indique douze types de moteurs allant de 3/4 de cheval à 36 chevaux.

Une locomobile de 5 chevaux était exposée avec deux moteurs, dont un à gaz et l'autre au pétrole.

### *Moteur Ravel*

M. Ravel, qui est un des premiers et des plus ingénieux promoteurs du moteur à gaz, expose un moteur que j'ai déjà décrit dans le tome II de mon *Traité* (page 179) ; c'est un moteur à quatre temps à deux cylindres, avec décalage de 360°, de manière à obtenir une impulsion par tour.

Le moteur est vertical, à pilon, avec carter hermétiquement fermé. À la descente, les pistons y compriment de l'air et du gaz ; le mélange passe dans les chambres de combustion en traversant une soupape d'admission commandée par une came et un canal, dans lequel se trouve un papillon actionné par le régulateur. L'allumage se fait par incandescence. La soupape d'échappement est diamétralement opposée à celle d'admission ; elle est aussi soulevée par une came. Il y a donc deux arbres à demi-vitesse, placés de chaque côté du moteur, conjugués par des bielles parallèles. Le mélange est dès lors surcomprimé dans le cylindre-moteur : c'est peut être pour cela que M. Ravel a baptisé son moteur du nom de moteur intensif.

### *Moteur Letombe.*

Le moteur Letombe, qui était un des plus largement exposés, a été aussi un des plus largement récompensés, ce qui est juste à tous égards, surtout quand il s'agit d'une machine d'une aussi haute valeur. Un moteur de 60 chevaux figurait au Champ-de-Mars sous le couvert de son constructeur, la Compagnie de Fives-Lille ; à Vincennes, la Société d'exploitation des brevets Letombe avait une installation de 230 chevaux en service composée d'un moteur triplex, d'un gazogène et des épurateurs correspondants ; le moteur actionnait une dynamo de la Société alsacienne.

Le moteur Letombe est connu et je renvoie le lecteur aux descriptions que j'en ai données dans mon *Traité des Moteurs à gaz* (<sup>1</sup>). L'idée de l'inventeur a été d'effectuer une surcompression variable ayant pour résultat de prolonger la détente sans diminuer la compression et de maintenir ainsi le rendement à sa valeur la plus élevée, quel que soit le travail du moteur. Un mot d'explication est nécessaire à ce sujet. Dans les moteurs du genre Otto, la longueur de l'admission règle à la fois le degré de compression et de détente ; dans les moteurs Charon, l'admission et la détente sont variables, mais la compression est d'autant plus

(1) Cf. tome I, p. 345; tome II, p. 206; tome III, p. 254.

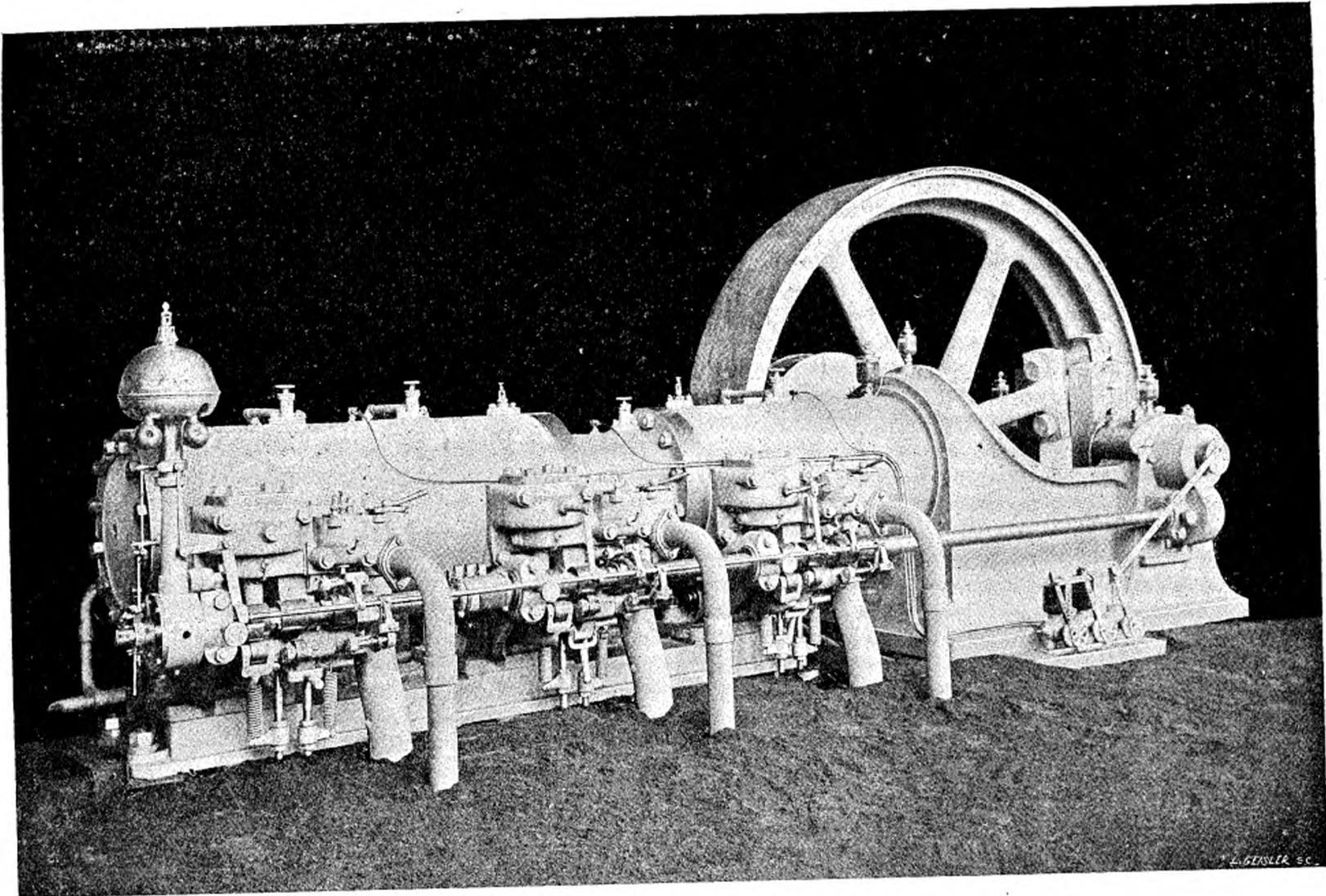


Fig. 18. — Moteur triplex Letombe de 250 chevaux.

faible que le volume de mélange réellement admis est moindre ; la compression est limitée à un maximum qui ne puisse produire un allumage prématûr et intempestif. On comprend sans peine qu'elle peut s'en éloigner beaucoup quand la charge est moindre : d'où ces augmentations de consommation constatées quand on marche à demi-charge. Or, M. Letombe emploie un double jeu de soupapes, qui présente quelque analogie avec la détente Meyer à double tiroir. Une came unique commande la soupape de prise de gaz et celle d'admission d'air ; le mélange ainsi formé est remisé dans une chambre intermédiaire et il passe au cylindre en traversant une soupape automatique qui se lève quand l'appel du piston produit une dépression déterminée dans le cylindre. La charge de gaz diminue, sous la dépendance du régulateur, lorsque le travail résistant diminue ; mais le volume de mélange admis augmente en raison inverse de l'appauvrissement du mélange et la compression augmente. Voilà ce qu'il faut entendre par le mot de surcompression.

Le diagramme va donc s'usant par le haut et par le bas, ainsi qu'on le voit sur la fig. 19, dans laquelle les lignes 1, 2, 3 et 4 de détente et de compression se correspondent.

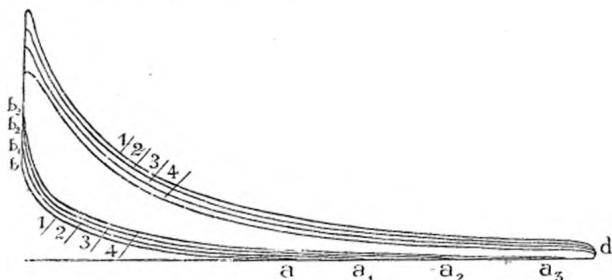


Fig. 19. — Diagramme Letombe.

M. Letombe, non content de ce premier résultat, a cherché à améliorer encore le rendement organique de son moteur en revenant au double effet, qu'on avait abandonné depuis longtemps, mais qui a été rendu possible par l'emploi de bourrages convenables des stuffing-box : puis il en est venu au triple effet. Il a été conduit à son type actuel en remplaçant la glissière des anciens moteurs par un cylindre et un piston à simple effet, placé en avant du cylindre à double effet. On obtient ainsi trois impulsions motrices sur quatre courses du piston, au grand bénéfice de la régularité de la marche. Comme ces trois effets sont indépendants, on peut les supprimer à volonté, et le même moteur fournit

successivement et suivant le besoin, une, deux ou trois impulsions par tour.

Il en résulte une facilité remarquable pour l'emploi des gaz chargés de poussière et notamment pour les gaz de hauts fourneaux. On peut, en pleine marche, supprimer un effet, et nettoyer ou changer tous les organes qui les desservent. Il n'y a qu'une soupape à gaz à enlever et un levier à manœuvrer pour provoquer une aspiration et un refoulement d'air très énergique, qui balaie hors du cylindre toutes les impuretés qui auraient pu s'y accumuler; l'opération s'effectuera en quelques minutes.

Le dispositif triplex présente donc de sérieux avantages qui lui feront pardonner l'allongement excessif de la machine et la disposition un peu encombrée des organes de distribution, qui donnent à l'ensemble un aspect compliqué, d'ailleurs plus apparent que réel.

Les moteurs Letombe sont relativement légers; la machine de 60 chevaux du Champ-de-Mars ne pesait que 6000 kg., volant et pot d'échappement compris.

La Société des moteurs Letombe a abordé, avec succès, la construction des puissants moteurs qu'on réclame aujourd'hui : elle a déjà placé plusieurs unités de 200 chevaux au gaz de ville, et elle établit, en ce moment, pour la Société asturienne de Gijon (Espagne) et pour d'autres établissements des moteurs de 450, de 600, voire même de 1.200 chevaux alimentés au gaz pauvre ou par des appareils Mond.

Enfin, les fours à coke de Silésie, la Société des fers et aciers Robert, les hauts fourneaux de Longwy, de Montana, de Santander, etc., lui ont commandé des moteurs de 250, 300 et 330 chevaux destinés à marcher au gaz de fours à coke ou de hauts fourneaux.

Il sera très intéressant de suivre les résultats qu'obtiendra dans cette voie la Société des moteurs Letombe, et nous espérons que de sérieux essais nous documenteront prochainement et transformeront en faits précis les heureux pronostics des amis de l'ingénieur inventeur du triplex et de la surcompression.

#### *Moteur Tangye.*

Ce moteur, représenté en France par MM. Roux frères, s'est fait une réputation excellente par le fini de sa construction; le stand, qu'il occupait dans la section anglaise, renfermait trois moteurs, de 1/4, 4 et 60 chevaux qui présentaient plusieurs nouveautés intéressantes.

J'avais déjà fait remarquer, en 1884, que l'explosion qui suit deux ou trois passages à vide est toujours atténuée et caractérisée par une

combustion plus lente, due à un refroidissement du cylindre ; la constatation de ce fait m'avait servi d'argument pour établir ma théorie de l'action de paroi. Les ingénieurs de la maison Tangye ont cherché à supprimer cet effet en augmentant la richesse du mélange introduit après deux refus d'admission, et ils ont inventé, dans ce but, un très ingénieux mécanisme, qui fonctionne bien, et que je suis heureux de pouvoir décrire (<sup>1</sup>).

En principe, le dispositif Tangye consiste essentiellement en une butée mobile venant s'interposer automatiquement entre la tige de la soupape à gaz et l'organe qui la fait mouvoir, la course d'ouverture de la soupape se trouve ainsi augmentée de l'épaisseur de cette butée mobile.

La butée mobile est attachée au mécanisme de commande de la soupape. La came K (fig. 20) imprime un mouvement alternatif de va-et-vient au sabot A, lequel est articulé par une extrémité à l'axe *a* solidaire du levier B et suspendu par l'autre à la tige T, reliée au régulateur centrifuge à boules. Le levier B pivote autour de l'axe *b* ; le ressort R oblige le galet C inférieur de conserver le contact avec la came K. Sous l'action du régulateur, agissant par la tige T, le sabot prend une inclinaison plus ou moins grande, suivant la vitesse du moteur.

Normalement, le couteau C se présente en face de l'encoche I, ménagée dans le bout de la tige de la soupape, et il la pousse ; il glisse au contraire au-dessus, quand la vitesse de régime est dépassée. Mais ce couteau C rétrograde quand il bute contre l'encoche et il glisse dans la rainure du sabot en comprimant le petit ressort à boudin *r* jusqu'à ce que la queue de l'anneau T arrête ce recul en le limitant au jeu de la mortaise du couteau C. Au retour, le ressort fait revenir le couteau dans sa position d'avant. La butée mobile *p*, soutenue par la gachette D, a donc un passage libre à l'arrière.

Lorsque le couteau laisse la soupape fermée, la gachette rencontre le bec inférieur du support de la tige de la soupape, ce qui a pour effet de relever la butée *p*, laquelle reste alors soutenue derrière le couteau aussi longtemps qu'il n'y a pas d'admission de gaz.

Mais aussitôt qu'une prise de gaz devient nécessaire, la butée mobile empêche le couteau C de glisser sur le sabot A, et la soupape est ouverte à l'instant même où ce couteau se présente dans l'encoche I. La course est donc augmentée de l'épaisseur même de la butée *p*. La gachette bute

(1) Nous empruntons les clichés qui suivent à un excellent article de la *Revue Industrielle* du 2 Mars 1901.

alors contre le bec supérieur F, et elle dégage p, qui retombe par son poids.

Les fig. 21 permettent de suivre les diverses phases que nous venons de décrire.

Le diagramme de la fig. 22 représente deux explosions, l'une avec butée et l'autre sans butée ; la différence est saisissante. L'échelle du ressort est de 2,4 mm par kilogramme ; il est à noter que l'insuffisance de ce ressort a raccourci les ordonnées par le haut du diagramme.

Je suis tout porté à croire que ce dispositif améliore le rendement du moteur.

L'ingénieux enregistreur automatique d'explosions consécutives de M. Mathot a fait constater à l'évidence le bon fonctionnement de ce mécanisme, un peu compliqué, il est vrai, mais fort rationnel.

L'allumage est effectué par le tube de la fig. 23. Il est en porcelaine ; à ses extrémités qui sont ouvertes, se trouvent des rondelles d'amianté faisant joint d'une part avec un support de communication au cylindre (fig. 23) et d'autre part, avec une rondelle métallique a percée d'un trou central. Une vis creuse à pointeau V engagée dans le chapeau c de la cheminée, presse sur cette rondelle et contient une aiguille à vis b ; celle-ci ferme, en marche normale, le petit orifice percé dans le pointeau de cette vis et servant à faire, au besoin, communiquer cette dernière avec le tube d'allumage.

A la mise en train, on ménage au moteur une très faible compression et pour assurer néanmoins la propagation du mélange jusqu'au point chauffé du tube, on augmente momentanément la capacité de ce dernier au-dessus de ce point, en y ajoutant celle du creux de la vis V ; il suffit, à cet effet, de dévisser l'aiguille b de deux ou trois tours. N'ayant plus qu'une faible résistance à vaincre pendant la compression, un homme satisfait à la mise en marche des moteurs d'assez grande puissance en tournant seul au volant.

Pour la mise en train automatique des gros moteurs, la maison Tangye emploie des appareils remarquables par leur efficacité et la douceur qu'ils donnent aux démarrages.

Ce résultat est dû à une modification apportée au *self-starter*, grâce à laquelle l'explosion provoquée derrière le piston pour le mettre en route n'a lieu qu'après qu'il s'est déjà un peu déplacé ; le coup est alors moins dur et les réactions moins vives. Cet effet est obtenu en utilisant d'abord, pour pousser le piston, la seule pression du mélange comprimé derrière lui ; l'allumage ne s'effectue qu'après que l'arbre de

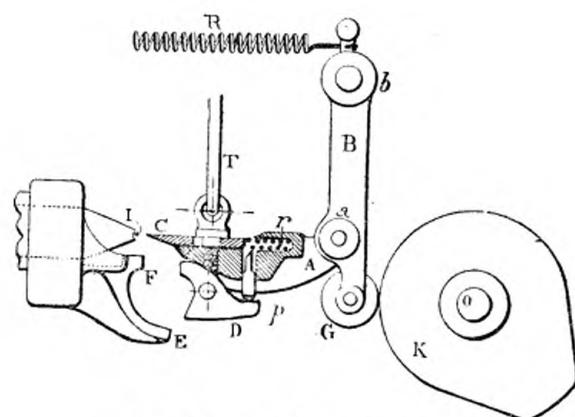


Fig. 20 — Régulateur Tangye.

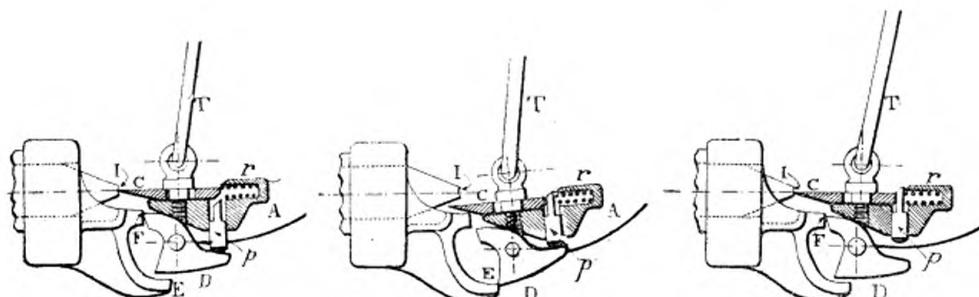


Fig. 21. — Détails du Régulateur Tangyo.

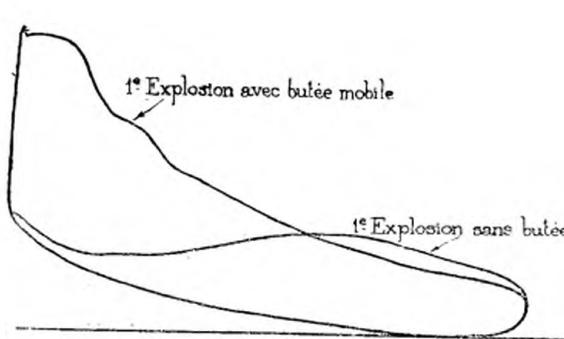


Fig. 22. — Diagramme Tangyo.

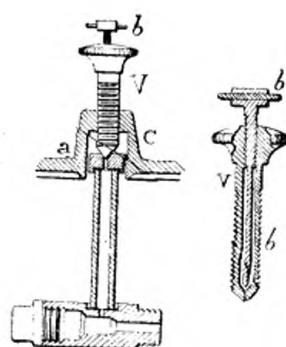


Fig. 23.— Tube d'allumage.

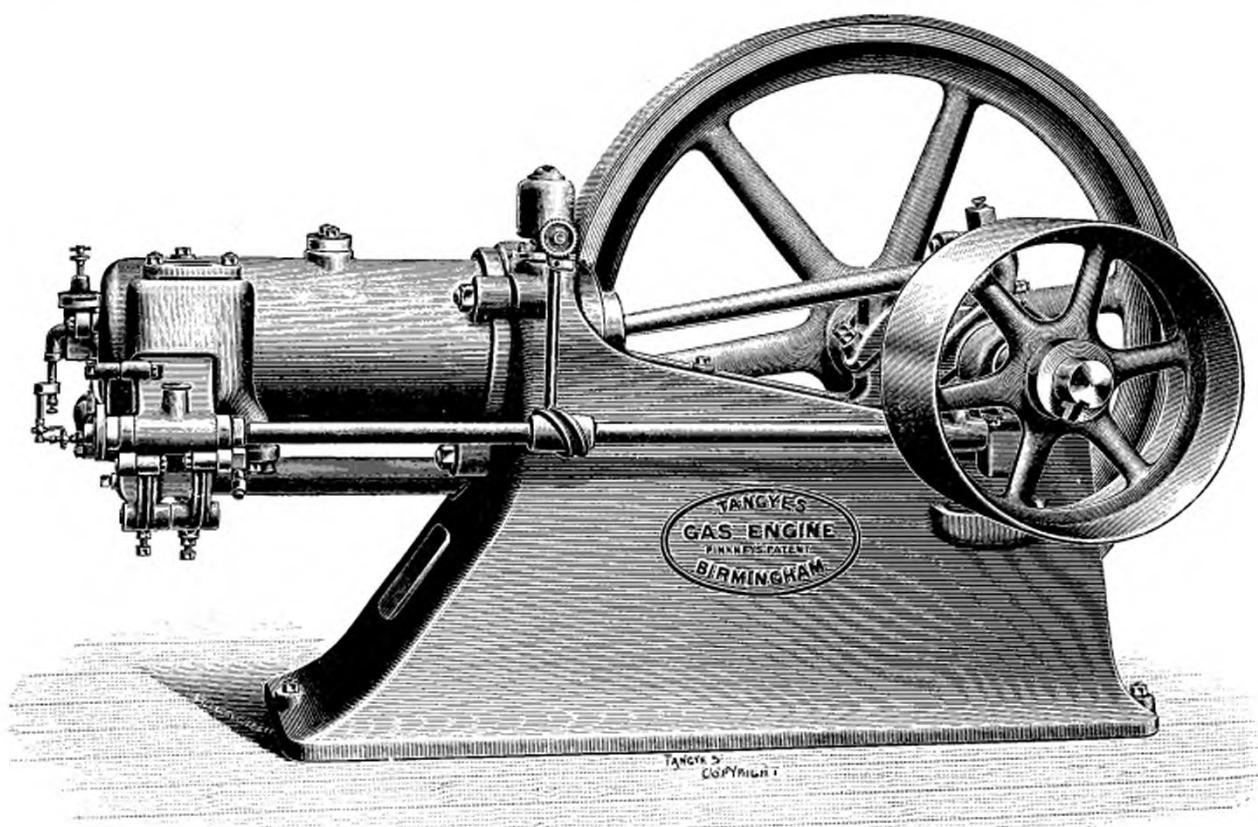


Fig. 24. — Moteur Tangye.

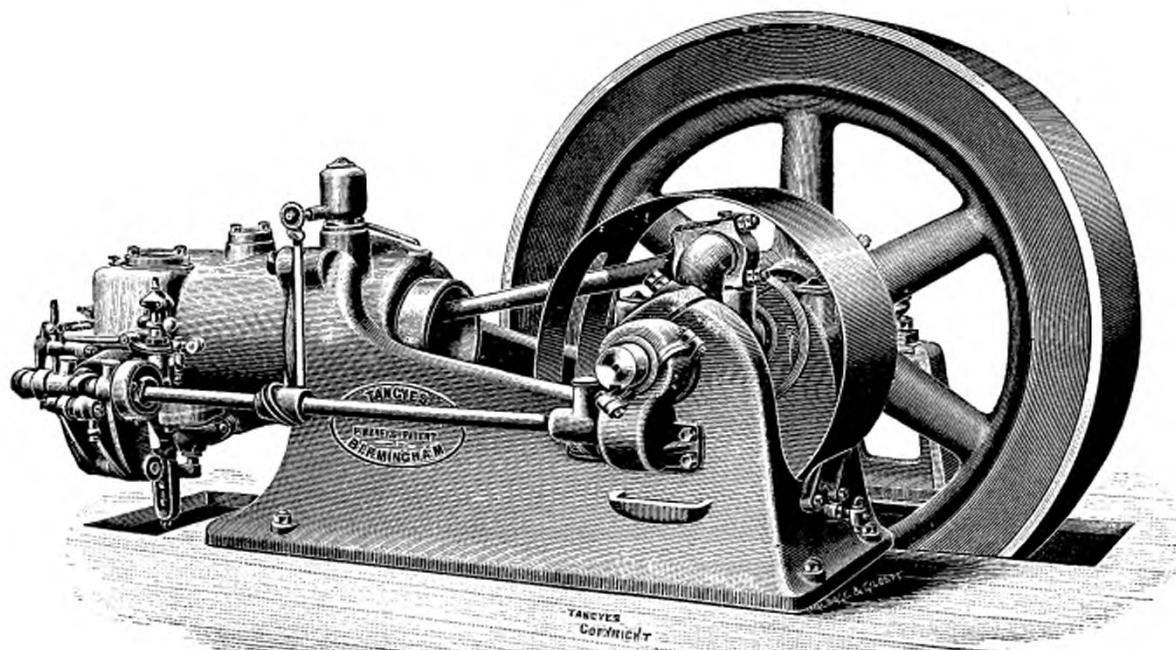


Fig. 25. — Moteur Tangye de 423 chevaux.

distribution a commencé son mouvement; c'est alors seulement que la soupape d'allumage met le cylindre en communication avec le tube incandescent.

#### *Moteur National.*

Construit par la « National Gas Engine Company Limited, » ce moteur paraît vouloir entrer résolument en lutte avec les moteurs Crossley, Tangye et autres, dont il ne diffère du reste que par quelques détails : on a fait breveter des agencements particuliers du cylindre, du piston, de la bielle, du brûleur d'allumage, des graisseurs, qui ne frappent pas les yeux et ne peuvent guère être appréciés sur un moteur en marche. La construction est d'ailleurs à la hauteur de ce que l'Angleterre nous envoie, et des essais que j'ai faits récemment sur un moteur National de 50 chevaux m'ont permis de relever une consommation très réduite de 450 lit. en gaz de 5.500 calories (!) à pleine charge et de 350 lit. à demi-charge.

#### *Moteur Dougill.*

Ce moteur sort des ateliers Alfred Dougill, de Leeds, qui construisent des modèles compris entre 1/4 et 200 chevaux de puissance : on voyait au Champ-de-Mars les types de 1/2, 2, 3, 5 et 14 chevaux ; M. Duncan était le représentant français de la firme anglaise.

Nous aurons peu de particularités à relever dans ces machines, qui ne sont, du reste, pas mentionnées dans la dernière édition de l'ouvrage de M. Bryan Donkin, de 1900. On revendique pour eux d'avoir réduit au minimum les efforts de frottement et d'inertie, en équilibrant rigoureusement les masses en mouvement.

Les moteurs sont adaptés aisément à l'emploi du pétrole lourd et de l'air carburé ; ils sont convertibles à la volonté des industriels.

On nous a fait observer que les engrenages commandant l'arbre de distribution sont placés entre les paliers, ce qui réduit le porte-à-faux du volant ou de la poulie.

#### *Moteur Gardner.*

Nous avons vu ce moteur dans le Palais de l'Industrie collective du gaz, où il figurait peut-être sans avoir été exposé en vue du concours ; il est caractérisé par le remplacement de l'arbre longitudinal de distri-

(1) J'ai déterminé exceptionnellement ce pouvoir à l'aide du calorimètre Junckers, à pression constante et vapeur d'eau non condensée ; j'aurais trouvé un pouvoir supérieur par ma bombe eudiométrique.

bution par des tringles d'excentrique, commandant directement les soupapes de distribution à partir d'un petit arbre à demi-vitesse parallèle à l'arbre de couche. L'excentrique d'admission attaque un levier à deux branches, dont l'une ouvre la soupape de prise d'air et de mélange, tandis que l'autre n'agit sur l'admission du gaz que sous la dépendance d'un régulateur d'inertie.

#### *Moteur Lesiourd.*

Ce moteur a des analogies avec le précédent ; il est construit à La Ferté-Bernard, dans la Sarthe. L'exposition se composait de deux petits moteurs.

#### *Moteur Dudbridge.*

« La conduite de ce moteur, dit le prospectus, peut être confiée à toute personne intelligente, sans expérience préalable de la marche des moteurs » ; c'est dire que les constructeurs (The Dudbridge Iron Works, Stroud) ont surtout cherché à réaliser un Otto simple et robuste. Ils y ont réussi.

Ils exposaient des moteurs de 2, 4, 5 et 15 chevaux.

#### *Moteur Dolizy.*

Ce moteur se distingue des autres en ce qu'il n'emploie qu'une seule came pour l'admission et l'échappement ; je ne sais si c'est pour cela qu'on l'appelle « Le Rationnel ». Un dispositif ingénieux met l'admission de gaz sous la dépendance du régulateur. Le moteur de 60 kilogrammètres fait 500 tours ; celui de 8 chevaux effectue 225 révolutions ; ce sont donc des machines à grande vitesse. Ces moteurs sont par le fait même très légers ; le moteur de 8 chevaux ne pèse que 1 000 kg., volant compris. La consommation de gaz n'est, dit-on, que de 675 lit. par cheval-heure effectif.

Il suffit d'une simple manœuvre de robinet pour fonctionner soit au gaz, soit à l'essence de pétrole.

Ce type porte la signature de M. Laviornery, qui s'est fait connaître depuis longtemps dans l'industrie des moteurs à gaz.

#### *Moteur Brouhot.*

MM. Brouhot et Cie de Vierzon exposaient au Champ-de-Mars un moteur vertical de un demi-cheval, un moteur horizontal de 2 chevaux, dit « type léger », et un autre de 30 chevaux à deux cylindres. Ces machines sont connues et n'ont pas besoin d'être décrites à nouveau ;

elles marchent au gaz ou à l'air carburé. Un robinet spécial breveté opère automatiquement le mélange des gaz combustibles et de l'air avant son entrée dans la chambre de combustion.

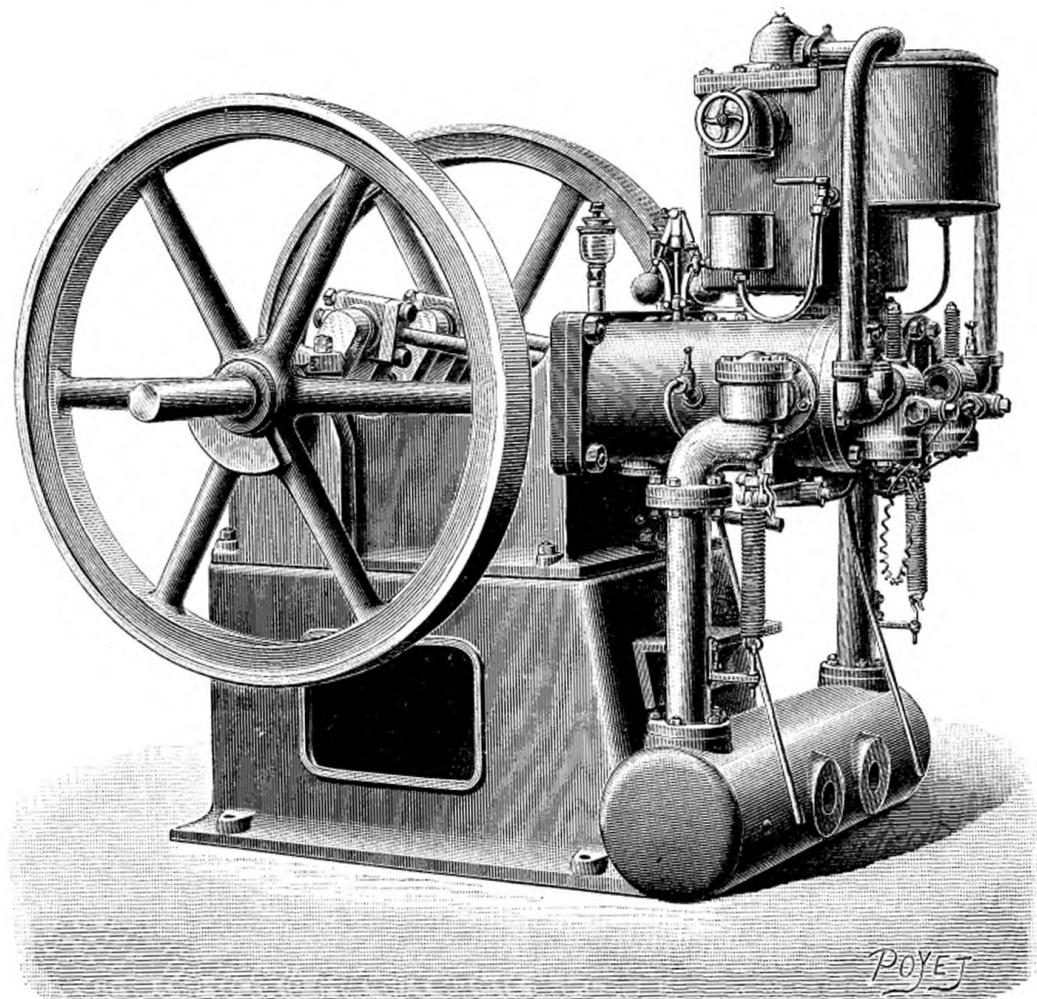


Fig. 26. — Moteur Brouhot.

Les moteurs Brouhot sont surtout destinés à la petite industrie et à l'agriculture, et ils ont une apparence simple et rustique qui convient bien à leur emploi. Le petit moteur de 2 chevaux, dont les organes mobiles sont renfermés dans un carter, présente en particulier un caractère très pratique pour les ateliers en chambre.

*Moteur Bolinders.*

Ce moteur était exposé dans la section suédoise par M. Bolinders, de Stockholm : c'est un moteur Otto, dont la construction excellente a été reconnue par une médaille d'or.

*Moteur Robey.*

MM. Robey et C<sup>o</sup> de Lincoln sont les constructeurs de cette machine, brevetée par MM. Richardson et Norris. Cette machine a reçu de nombreuses applications en Angleterre pour la commande des dynamos à lumière, car elle est d'une régularité remarquable : on a fait de petits moteurs tournant à 700 tours. Il est possible d'en modifier à volonté la vitesse, et certaines machines, appliquées à des services spéciaux de jour et de nuit, marchent alternativement aux régimes exigés par ces services. MM. Robey font aussi des moteurs pouvant tourner à volonté dans un sens ou dans l'autre.

*Moteur Caloin et Marc (Champion).*

Ce moteur est connu sous le nom de « Champion » ; il est construit à Lille. Sa caractéristique est la suivante : une soupape auxiliaire, placée sur le côté du cylindre, vers la moitié de la course du piston, livre entrée à l'air atmosphérique aussitôt que le piston l'a dépassée dans la course d'aspiration. Cela revient à raccourcir la course d'aspiration et de compression, et par suite à allonger la détente. Le but est rationnel, les moyens sont simples et ils sont efficaces, car la consommation de ces machines est faible. Voir pour plus de détails le tome III de mon *Traité des moteurs à gaz*.

MM. Caloin et Marc exposaient au Champ-de-Mars trois moteurs d'une puissance de 3, 8 et 17 chevaux.

*Moteur Roser Mazurier.*

C'est par le défaut de détente que les moteurs à gaz sont si éloignés encore de leur rendement théorique ; l'idée du compoundage est donc logique et on ne peut que féliciter M. Mazurier d'avoir adjoint à ses cylindres moteurs un second cylindre de détente, recevant à chaque tour les gaz brûlés dans l'un ou l'autre des cylindres primaires. J'ai décrit longuement ce moteur dans le tome III de mon *Traité des Moteurs* et je suis obligé de renvoyer le lecteur à cette monographie détaillée, illustrée de nombreuses figures : je n'ai que peu de choses à y ajouter.

Les constructeurs de cette ingénieuse machine ont emprunté à l'an-

cien moteur De Bisschop un dispositif qui permettait d'imprimer au piston une vitesse plus grande au moment de l'explosion, de manière à mieux utiliser l'énergie rendue disponible et à réduire par le fait même l'action de paroi. Il suffit pour cela de décentrer l'arbre moteur par rapport à l'axe du cylindre.

Le réglage s'effectue par variation du volume du mélange tournant introduit dans les cylindres moteurs : à cet effet, le régulateur actionne une valve, disposée sur le chemin de l'admission.

Ces moteurs peuvent être horizontaux ou verticaux ; ils fonctionnent au gaz et à l'air carburé. Une notice indiquait une consommation de 300 grammes de pétrole léger à 0,72 et ce résultat serait très remarquable.

#### *Moteur Fritscher et Houdry.*

C'est le moteur Noël, dont MM. Fritscher et Houdry, constructeurs à Provins (Seine-et-Marne) ont modifié la forme en la perfectionnant de diverses manières.

Ils exposent d'abord quelques petits moteurs, destinés aux ouvriers en chambre et aux automobiles, qui présentent des avantages spéciaux dans l'espèce ; ainsi les boîtes des soupapes d'admission et d'échappement sont diamétralement opposées, ce qui facilite leur démontage et leur visite et atténue l'échauffement des dernières ; l'inflammateur est placé tout contre la soupape d'admission, pour mieux assurer son action ; les soupapes d'échappement sont doubles, l'une étant automatique et l'autre commandée par le régulateur. La première, placée à une certaine distance du fond du cylindre, évacue les gaz brûlés avant la fin de la course motrice, par anticipation ; la seconde, logée à la partie supérieure, livre passage aux gaz qui restent, lesquels sont moins chauds et ne peuvent plus produire ces élévations anormales de température, qui détruisent si rapidement les valves et leur siège.

Un autre modèle (que j'ai déjà décrit dans le tome III de mon *Traité des Moteurs*, p. 288) est caractérisé par la suppression de l'arbre habituel de distribution, faisant un tour pour deux du moteur. Une came, munie d'une double rainure en 8, grâce à laquelle elle se déplace sur son arbre, remplit la double fonction alternante de l'allumage et de la décharge, en agissant tour à tour sur une touche de contact et sur la tige de la soupape de décharge. La soupape d'admission est automatique. Le régulateur, à axe horizontal, tient la décharge sous sa dépendance en enclouant la soupape d'échappement et en lui défendant de

s'ouvrir aussitôt que la vitesse s'exagère. Ce mécanisme est fort bien conçu.

D'autres moteurs présentent un dispositif différent : le régulateur, monté sur un arbre vertical à demi-vitesse, soulève un coin qui s'interpose entre une came et la tige des soupapes par lesquelles entre le gaz combustible et l'air, dans des proportions toujours identiques; ce mélange est introduit dans une chambre intermédiaire de laquelle il passe au cylindre en traversant une soupape automatique, qui ne peut se lever qu'à la condition que les deux autres soupapes aient fourni du mélange à la chambre.

Peu d'expositions offraient au visiteur d'aussi nombreuses solutions du problème de la distribution que celle de MM. Fritscher et Houdry. Leurs petits moteurs à carter fermé renfermant le volant, et tournant à 900 tours, attiraient aussi l'attention du public spécial qui s'intéresse plus particulièrement à l'automobilisme.

#### *Moteur Le Gnôme.*

*Le Gnôme* est un petit moteur vertical, que MM. Thévenin frères,

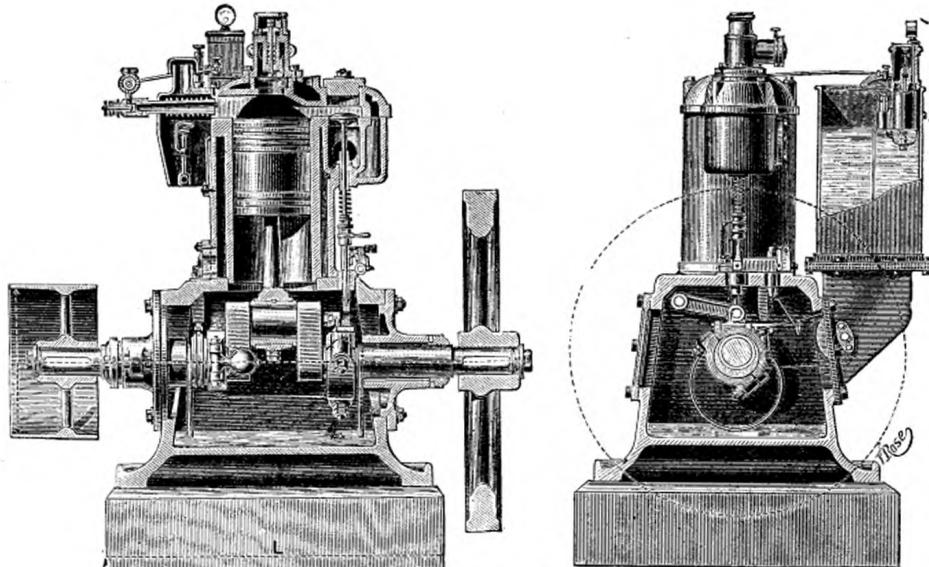


Fig. 27. — Moteur « Le Gnôme ».

Seguin et C<sup>ie</sup> construisent dans les puissances comprises entre 1 et 22 chevaux ; il fonctionne au gaz, à l'air carburé ou au pétrole. Il a la

prétention justifiée d'être simple et robuste, et à ce titre, il rend beaucoup de services et il s'est créé une large clientèle. Une dizaine de moteurs étaient exposés au Champ-de-Mars et à Vincennes; on y avait joint une locomobile de 4 chevaux et une motobatteuse du système Du-puis.

Un excentrique, fixé sur l'arbre moteur, commande la soupape d'échappement; son collier porte à la partie supérieure un coulisseau muni d'un taquet, lequel viendrait rencontrer la tige de la soupape à chaque tour, si le coulisseau n'était actionné par une came en cœur, conduite par un pignon à 12 dents engrenant avec une vis à 6 filets taillée dans le tourneau d'excentrique.

Ce coulisseau n'effectue donc qu'une excursion complète pour deux tours du moteur et il en résulte qu'il ne soulève la soupape d'échappement qu'une fois tous les deux tours. Le régulateur intervient en laissant la soupape ouverte; la soupape automatique d'aspiration ne se soulève plus dès lors.

La locomobile Gnôme est montée sur un chariot robuste, muni d'un appareil de réfrigération énergique; on peut y installer des pompes, des dynamos, etc. MM. Thévenin frères, Seguin et Cie annoncent aussi une pompe à incendie; ils ont construit enfin un canot de rivière de 10 m de long, de 1<sup>m</sup>,60 de large, développant 13 km. à l'heure et une chaloupe de mer faisant 14 km.

Ils ont monté des installations marchant au gaz de bois, système Riché, et un moteur de 4 chevaux était exposé à Vincennes dans ces conditions.

#### *Moteur Duplex.*

Les brevets, pris par Mme Niel de 1895 à 1899, sont exploités par la Compagnie des Moteurs Duplex, dont le capital vient d'être élevé à 1 300 000 francs; cette Compagnie avait fait une brillante exposition, au Champ-de-Mars, de 7 moteurs d'une puissance comprise entre 1 1/2 et 28 chevaux, horizontaux à simple ou à double effet, à gaz ou à pétrole; elle exposait aussi trois moteurs à essence et à pétrole à l'annexe de Vincennes, horizontaux ou verticaux à pilon.

L'idée du moteur Duplex à double effet est la suivante : le piston est aspirateur par une seule de ses faces, la face arrière, mais il partage ensuite le volume de mélange pris en charge entre l'arrière et l'avant du cylindre, il les comprime et les fait exploser successivement. La série des opérations constituant le cycle est donc la suivante :

1<sup>er</sup> temps. — Aspiration par la face arrière du piston.

2<sup>e</sup> temps. — Compression par la face arrière.

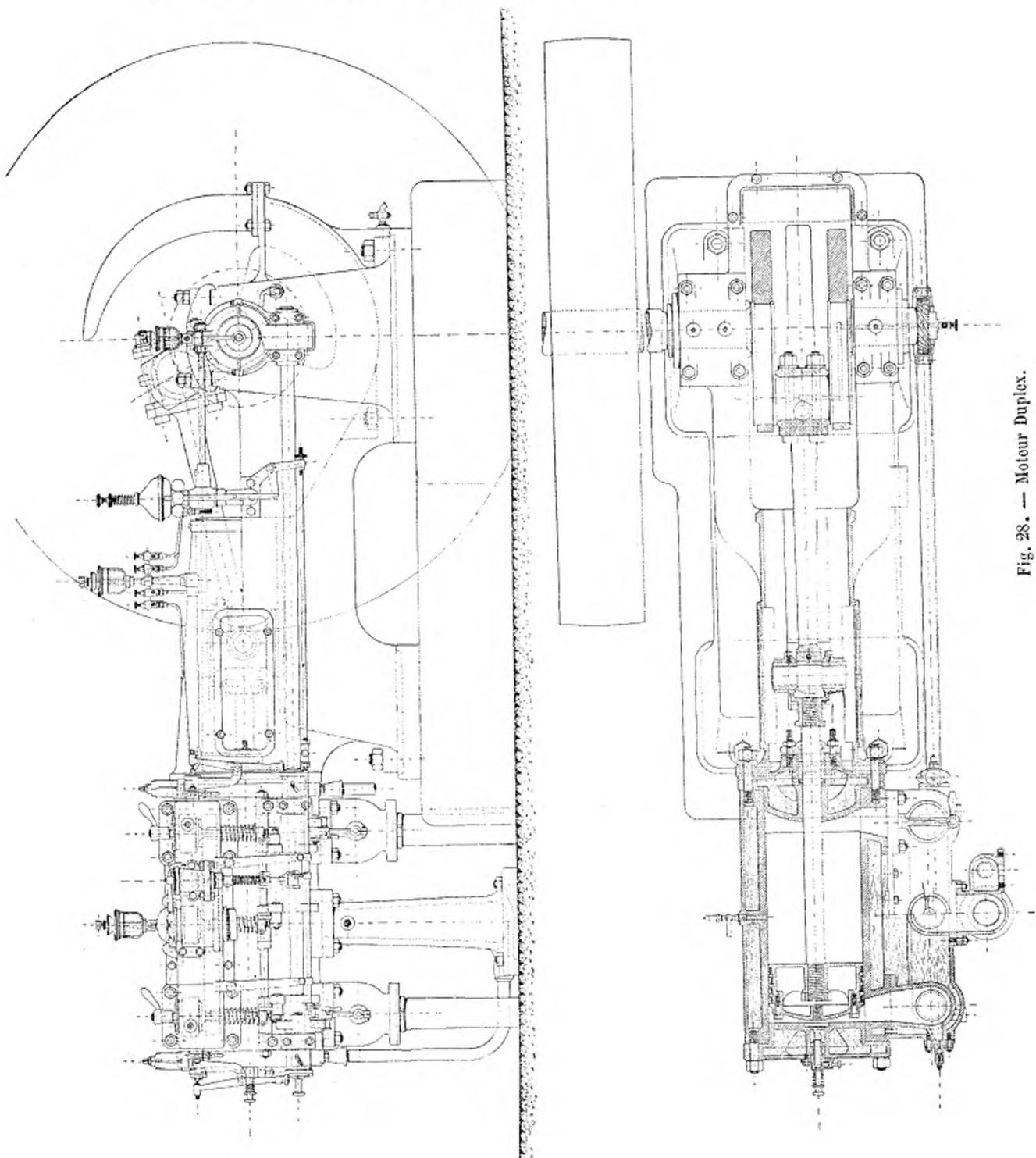


Fig. 28. — Moteur Duplex.

*3<sup>e</sup> temps.* — Explosion sur la face arrière et compression par la face avant.

*4<sup>e</sup> temps.* — Explosion sur la face avant et décharge.

Deux temps consécutifs sont donc impulsifs et un tour s'effectue sans explosion. On peut dire encore que la cylindrée aspirée est répartie entre l'avant et l'arrière et enflammée successivement.

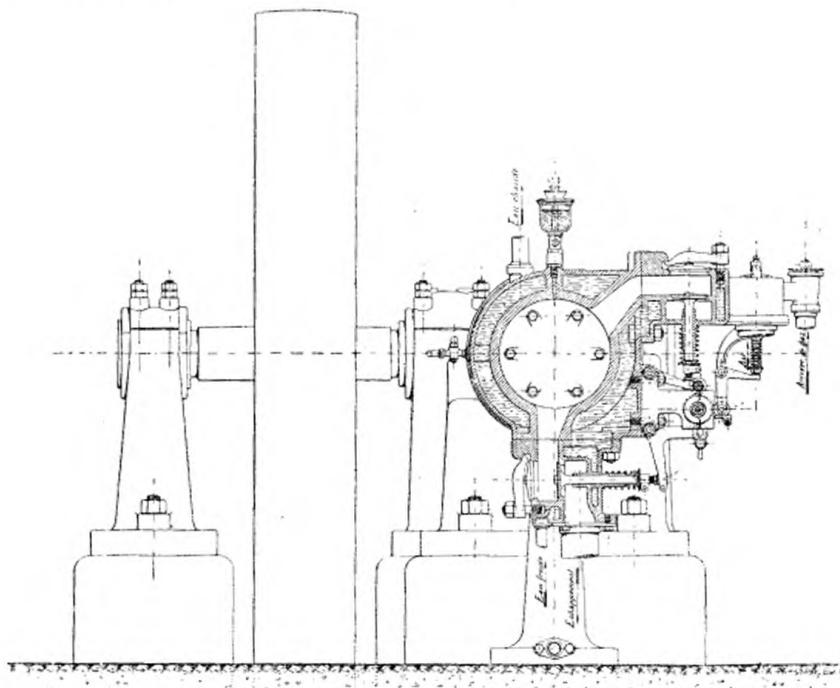


Fig. 29. — Coupe du moteur Duplex.

Ce système, que j'ai déjà fait connaître dans le tome III de mon *Traité*, exige un groupe de soupapes d'admission de gaz, d'air et de mélange, qui est placé au milieu du cylindre, et dessert les parties avant et arrière par un canal longitudinal, au bout duquel sont placées, à l'avant et à l'arrière, des valves auxiliaires de distribution. Il y a de plus à chaque extrémité du cylindre, une soupape d'échappement. Toutes ces soupapes sont commandées par des cames agissant sur des leviers à galets, celles d'admission étant sous la dépendance du régulateur.

Si l'on tient compte de ce qu'il y a encore une soupape destinée à réduire la compression à la mise en route, et qu'on en suppose le nombre, on le trouve considérable : mais le double effet équivaut à deux moteurs, et cette considération répond à l'objection.

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, la répartition de la charge sur les deux faces du piston se fait bien, ainsi qu'en témoignent les diagrammes ci-contre, qui nous ont été communiqués par la Compagnie Duplex. La détente est presque complète, et c'est là une qualité rare, dont l'influence doit se marquer sur le rendement.

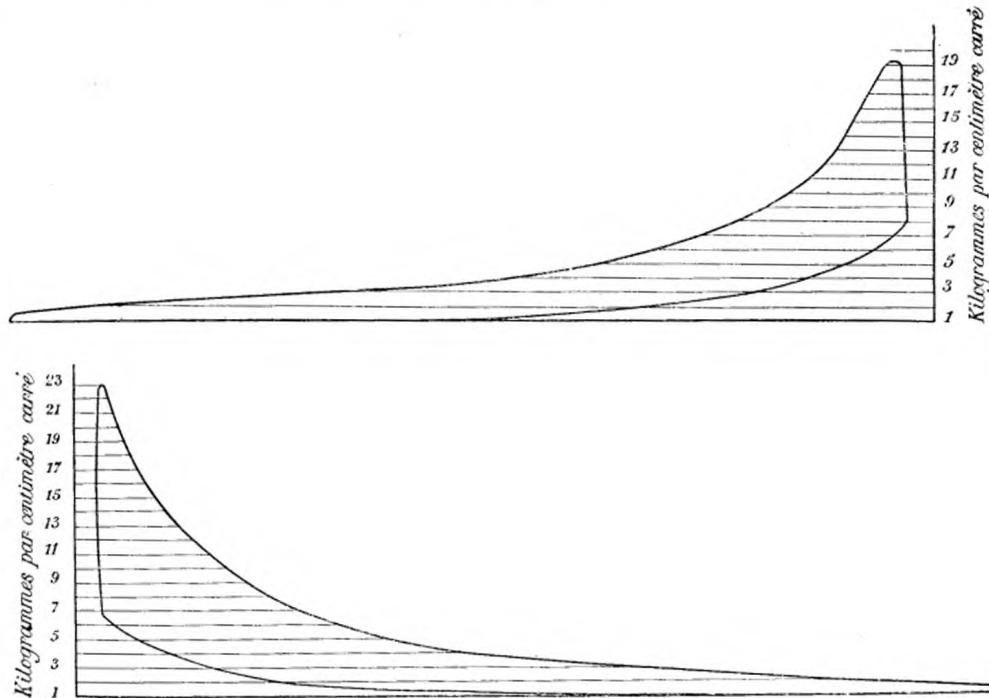


Fig. 30. — Diagrammes Duplex.

Ces moteurs se construisent de 20 à 120 chevaux effectifs en douze types. La Compagnie a établi aussi une série à simple effet dont la puissance varie de 1 à 28 chevaux. Il est intéressant de noter qu'un moteur à double effet de 20 chevaux coûte 9 000 francs, alors que deux moteurs de 10 à simple effet coûteraient 9 200 francs et qu'un moteur de 20 à simple effet se vend 7 600 francs. Mais un moteur à simple effet de 20 chevaux a 2<sup>m</sup>,60 de longueur sur 2 m de largeur; le Duplex de 20 chevaux mesure 3<sup>m</sup>,60 de long sur 1<sup>m</sup>,60 de large. Ces chiffres, que j'emprunte aux prospectus distribués à l'Exposition, sont très suggestifs et font ressortir les conditions relatives de prix et d'encombrement des moteurs Simplex et Duplex.

*Moteur Westinghouse.*

J'ai rapporté de l'Exposition d'élégantes brochures admirablement imprimées et illustrées qui m'ont appris que la Compagnie Westinghouse de Pittsburg (Etats-Unis), universellement connue pour ses remarquables et multiples inventions, construit les plus grands moteurs à gaz qui aient encore été faits ; qu'elle a sur chantier des machines de 2500 chevaux ; que ces moteurs ont une ressemblance extérieure marquée avec les machines à vapeur de la même forme ; qu'ils sont généralement à deux ou trois cylindres ; qu'ils marchent à quatre temps ; que le régulateur maintient la vitesse de régime en admettant des volumes variables d'un mélange tonnant de composition invariable ; que l'allumage est électrique ; que la consommation par cheval-heure effectif est d'environ 15 à 17 pieds cubes de gaz de ville (ordinary town gas), c'est-à-dire 425 à 481 lit. ou de 1/9 ou 1/8 de gallon de gazoline commerciale à 74, soit 50 à 57 centilitres.

Il est regrettable que la Compagnie Westinghouse n'ait exposé ses moteurs qu'en brochure, car nos constructeurs auraient étudié avec fruit les pratiques de leurs confrères américains, qui accordent une grande importance aux détails et s'efforcent, par-dessus tout, de faire des machines robustes. Toutes les pièces sont très fortes ; ainsi, dans les moteurs à trois cylindres, le diamètre de l'arbre de couche est égal à la moitié de celui des cylindres. Les soupapes sont rafraîchies par une circulation d'eau et des précautions minutieuses sont prises pour empêcher les allumages anticipés.

Le diamètre des cylindres des moteurs à trois cylindres de 150 chevaux est de 330 mm, la course de 0<sup>m</sup>,36. Pour les machines de 1500 chevaux, les diamètres sont de 853 mm. et les courses de 1<sup>m</sup>,520 ; la vitesse est de 100 tours par minute.

*Moteur Panhard et Levassor (1)*

La Société des anciens ateliers Panhard et Levassor a adjoint à sa construction de voitures automobiles celle de petits moteurs de 1, 2 ou 3 chevaux destinés à actionner directement des machines-outils ; c'est une application nouvelle qui sera appréciée et qui est susceptible d'une grande extension. Ces moteurs sont du type Daimler qu'il est inutile de décrire à nouveau.

(1) Les moteurs qui suivent sont pour la plupart des moteurs à air carburé, dits moteurs à gazoline ou à essence ; mais ils peuvent généralement être alimentés de gaz de ville. Plusieurs d'entre eux se prêtent bien à l'emploi de l'alcool.

On voyait aussi au stand de Vincennes deux locomobiles.

Un petit moteur de 12 chevaux à quatre cylindres, faisant 1 000 tours, actionnait directement une dynamo dont l'induit était calé sur l'arbre de couche. Cette élégante petite machine est d'un type nouveau.

#### *Moteur Delahaye*

La maison Delahaye, de Tours, qui construisait autrefois le moteur Forest, paraît s'être spécialisée aujourd'hui dans la construction de moteurs légers à grande vitesse : elle exposait deux moteurs horizontaux à deux cylindres de 5 chevaux et un autre de 10 chevaux, ainsi que deux moteurs verticaux.

Le moteur de 5 chevaux fait 900 tours, et, celui de 10, 880 tours par minute ; le poids par cheval ne dépasse pas 27 kg., ce qui est un avantage, mais ces grandes vitesses imposent l'emploi d'engrenages démultiplicateurs, qui peuvent être considérés comme une complication pour des moteurs fixes. La poulie motrice est logée entre deux paliers ; le volant est en porte-à-faux. Ces moteurs sont très ramassés et construits avec soin.

#### *Moteur Goutallier*

Exposé à Vincennes, ce moteur présente quelques particularités, que nous regretterions de passer sous silence.

L'eau de circulation est fournie au moteur par une pompe centrifuge d'un modèle spécial ; cette circulation est contrôlée par un indicateur dans lequel un diaphragme émaillé indique par sa position le passage de l'eau (fig. 31).

Le carburateur se compose d'un réservoir à niveau constant alimenté par le récipient contenant la réserve de carbure. L'essence est appelée par l'aspiration du piston et projetée par un ajutage capillaire sur une grille métallique, chauffée par la décharge. Des toiles métalliques placées dans les conduits assurent le brassage et le mélange parfait du combustible et du comburant.

La culasse du moteur est à ailettes et elle est refroidie par un courant d'air fourni par un ventilateur.

#### *Moteur Gobron et Brillié*

La Société des automobiles Gobron et Brillié, dont le siège est à Boulogne-sur-Seine, présentait au Champ-de-Mars un moteur à deux cylindres verticaux dans chacun desquels se meuvent deux pistons, tra-

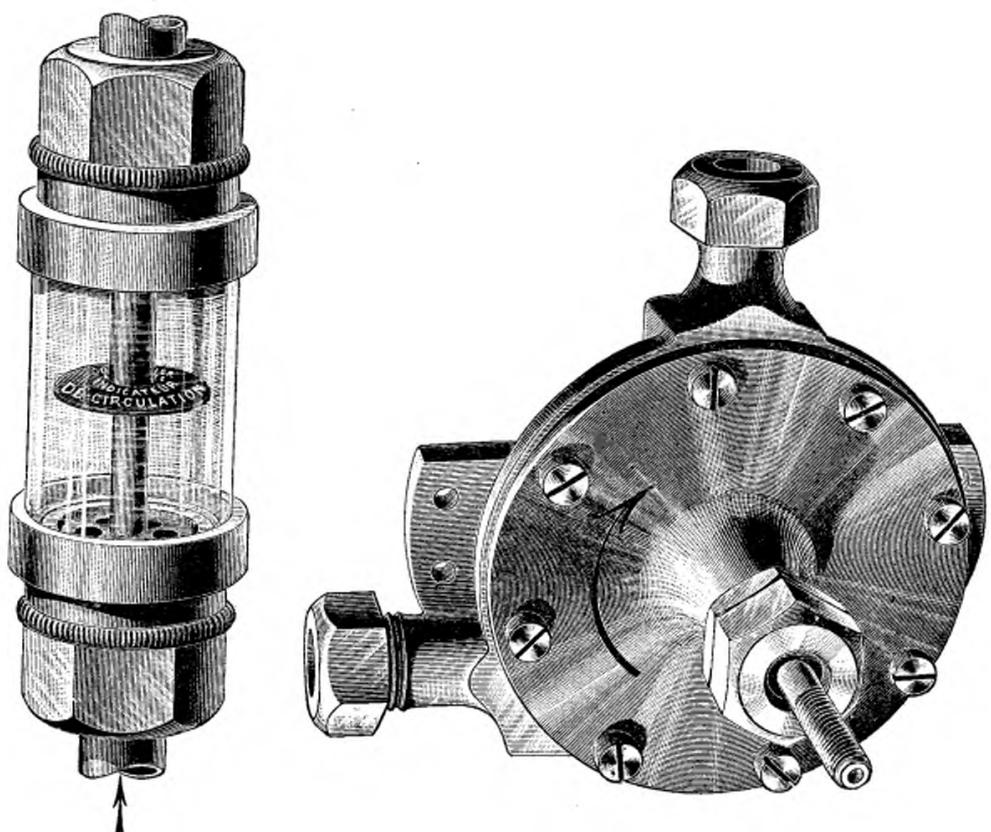
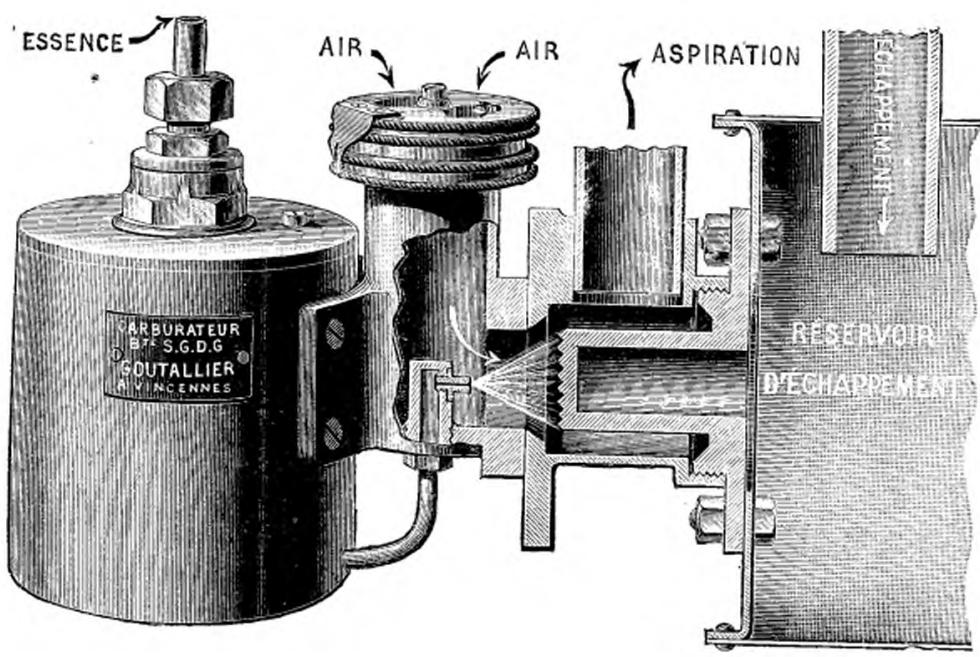


Fig. 31. — Détails du Moteur Goutallier.

vaillant en sens inverse, entre lesquels se produit l'explosion ; cette machine peut être installée à poste fixe dans les petits ateliers. Les cycles sont alternés dans les deux cylindres de façon à obtenir une impulsion motrice par tour. Une seule bobine d'induction permet de pourvoir à l'allumage, grâce à cette alternance d'effets.

La réfrigération des cylindres est obtenue par une vaporisation d'eau dans les enveloppes ; la vapeur produite se condense dans un radiateur dont l'eau est remontée à un réservoir supérieur par une petite pompe.

Les quatre cylindres ont même diamètre de piston, de 80 mm, mais leurs courses sont inégales ; celle des pistons inférieurs est de 80 mm, celle des pistons supérieurs de 60 mm.

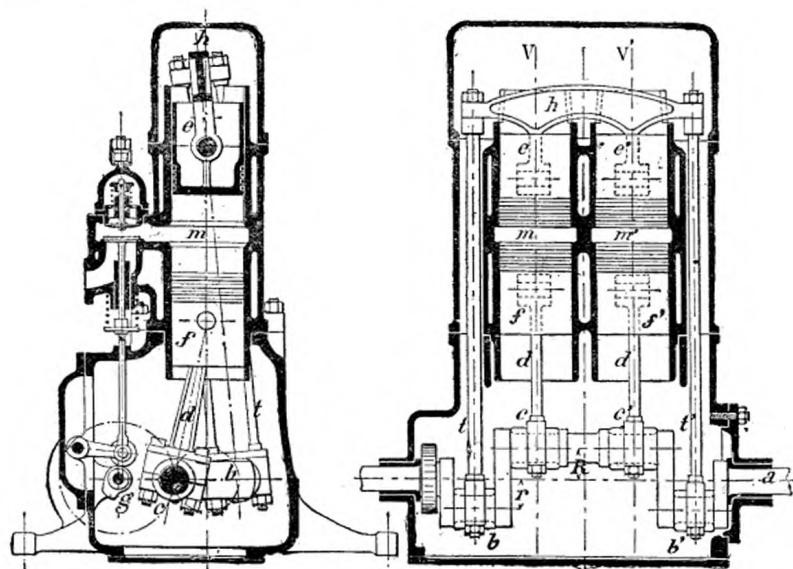


Fig. 32. — Moteur Gobron Brillié.

Les soupapes d'admission automatiques sont placées au-dessus des soupapes d'échappement commandées par la came  $g$ , et un canal unique sert à l'introduction du mélange et à l'évacuation des gaz brûlés : cette disposition qui est très simple, aurait des inconvénients pour des moteurs puissants.

La distribution de l'essence de carburation est effectuée d'une manière originale, que nous devons signaler ; le carbure est servi par une clef à alvéoles  $A$ , dont la rotation est commandée par le régulateur. Cette clef est conique, et elle porte sur son pourtour des crans, qui

prennent le liquide dans une rainure circulaire E pratiquée dans le boisseau ; les conduits F amènent l'air et G conduisent le mélange carburé à la soupape d'admission des cylindres. La clef A est commandée par un arbre à rochet, ayant autant de dents qu'il a d'alvéoles à la

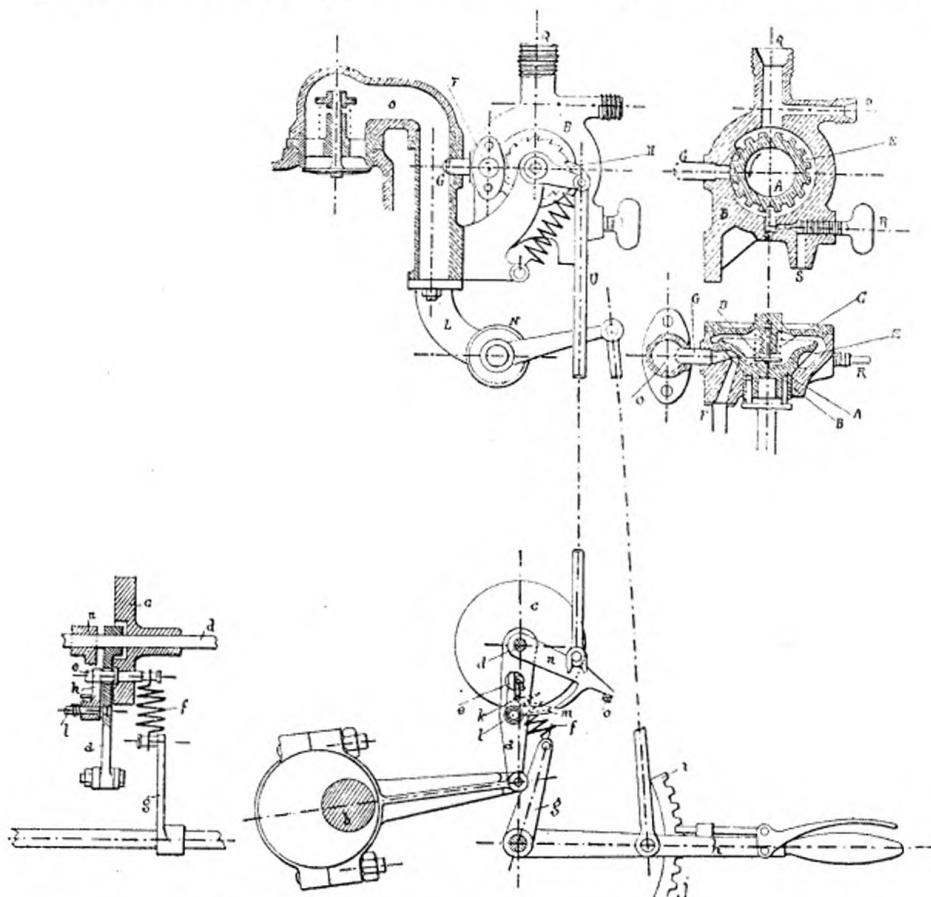


Fig. 33. — Régulateur et distributeur Gobron et Brillié.

clef ; ce rochet Z est mis en mouvement par le cliquet H. Un régulateur agissant sur le levier U, qui commande ce cliquet H,, peut en paralyser le mouvement, et alors la clef cesse de tourner.

Le régulateur, qui commande la rotation de la clef, est constitué par un levier *a*, lequel reçoit un mouvement d'oscillation d'une came montée sur l'arbre *b* du moteur. La masse *c*, folle sur le tourillon *d*, est entraînée par le toc *e*, contre lequel un ressort tend à appliquer le culbuteur *K*, dont le couteau *m* attaque le mouvement d'encliquetage *H*.

Lorsque la vitesse de régime est dépassée, la masse *c* fait osciller le

culbuteur et le couteau manque le bec du levier *n*. C'est en somme un distributeur volumétrique commandé par un régulateur d'inertie.

Ces moteurs fonctionnent à l'essence, dans la plupart des cas, mais ils s'accommodeent bien aussi de pétroles lampants, de densité 0,8, et on a pu les faire marcher à l'alcool dans de bonnes conditions.

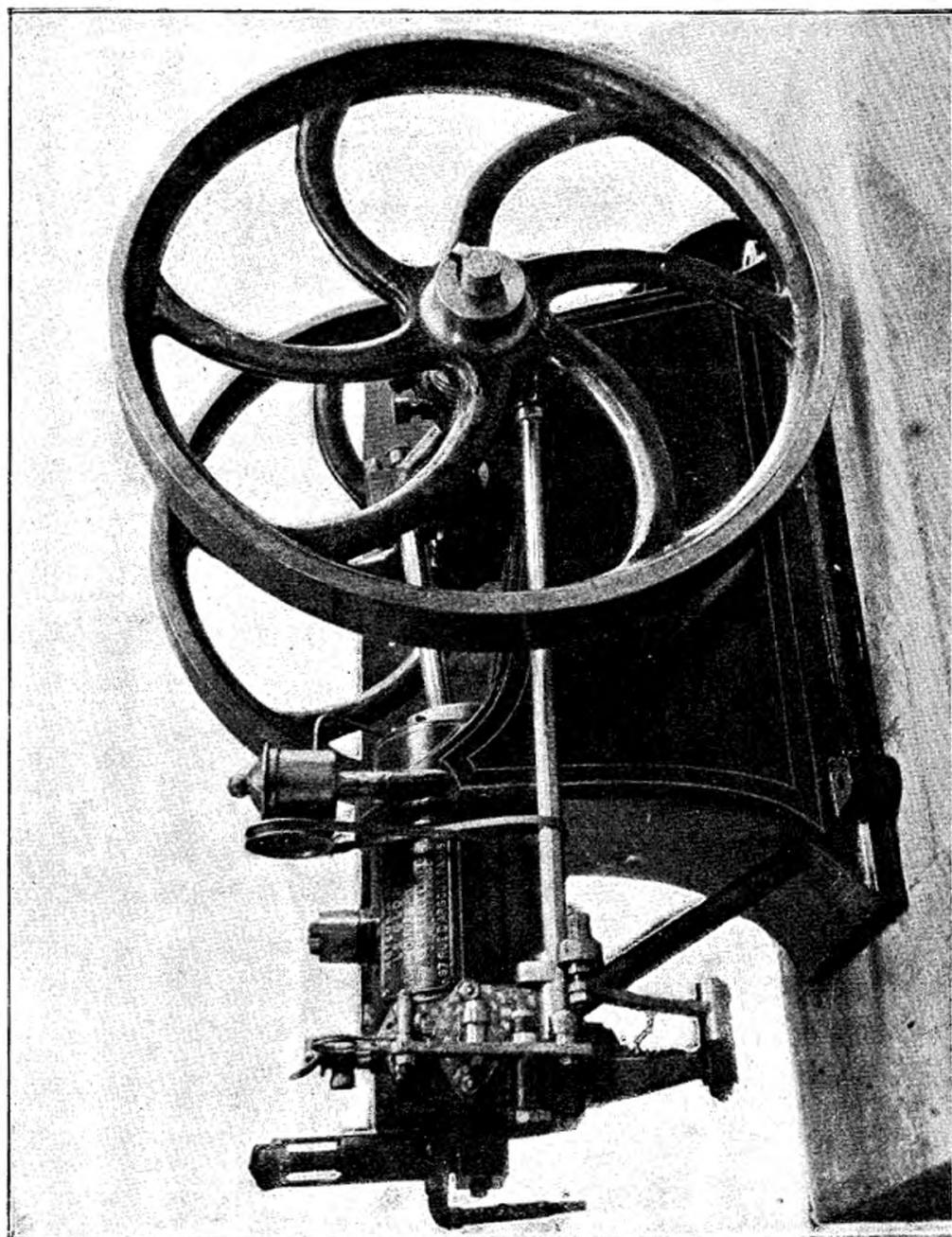


Fig. 34. — Moteur Mora « Lo Globe ».

#### *Moteur Mora*

Deux moteurs « Globe » de M. Mora étaient exposés à l'annexe de

Vincennes, parce qu'ils marchaient à l'essence de pétrole ; mais ces moteurs fonctionnent aussi bien au gaz.

Un type horizontal, dont la puissance peut atteindre 40 chevaux, est une machine d'atelier ; le modèle vertical (1 à 5 chevaux) est destiné à actionner des scieries, des pompes d'irrigation, des batteuses, des ventilateurs ; on peut aussi le monter sur chariot pour commander diverses pompes.

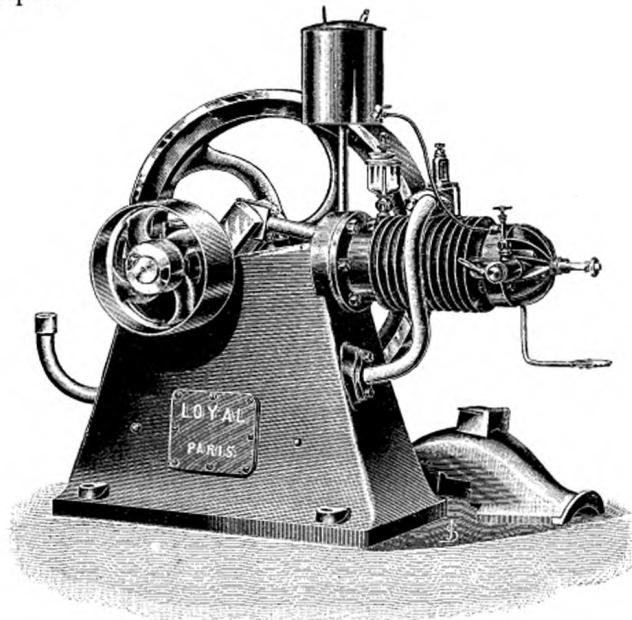


Fig. 35. — Moteur Loyal.

#### *Moteur Loyal*

Ce moteur appartient à la même catégorie que le précédent ; le constructeur a eu surtout en vue de simplifier les organes ; l'allumage est automatique et le cylindre à ailettes n'exige aucune circulation d'eau ; il n'a ni cames ni excentriques, et les soupapes fonctionnent par le jeu des

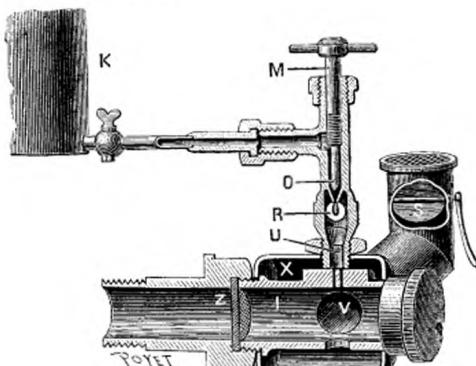


Fig. 36. — Carburateur Loyal.

pressions et des dépressions créées dans le cylindre par le mouvement du piston. C'est d'ailleurs un moteur à deux temps, ce qui augmente l'intérêt de cette curieuse machine.

#### *Moteur Augé*

Le moteur Augé est fort connu en automobilisme sous le nom de Cyclope ; les deux cylindres jumelés, donnant une explosion par tour, transmettent alternativement leurs impulsions à une double bielle à tête unique : les valves à décharge sont commandées par un levier dont le mouvement est produit par une came fraîchement dans un pignon denté faisant un tour pour deux du moteur.

Cette machine peut recevoir d'heureuses applications dans certains petits ateliers.

#### *Moteur Werner*

Ce petit moteur, genre Bouton et de Dion, plus spécialement destiné aux motocyclettes, semblait égaré au Champ-de-Mars, parmi les moteurs fixes, mais il a le droit d'être signalé comme les précédents et il se distingue par une construction soignée.

#### *Moteur Roussat*

Cette machine, de l'espèce des précédentes, doit être jointe à ce groupe et donne lieu aux mêmes observations.

#### *Moteur Chavanet*

Ce moteur, dit auto-moto, est surtout un moteur de voiture ; cinq machines étaient exposées.

---

### **Moteurs à compression et combustion (Troisième type)**

Les moteurs Simon, Brayton, Gardie, Crowe, Vermand, etc., ont sans doute eu plus de succès dans les comptes-rendus des journaux techniques et dans les traités spéciaux que dans la pratique industrielle car ils se sont peu répandus et ils ont même disparu de la scène ; mais l'idée qui avait guidé leurs inventeurs était juste et la théorie leur pro-

mettait de bons résultats à condition de faire une compression préalable suffisante (¹).

Il semblait que ce type pût convenir aux moteurs de grande puissance utilisant les gaz de hauts fourneaux, et l'on doit s'étonner de ce qu'aucune tentative n'ait été faite dans cette direction.

Les seuls moteurs du genre que nous ayons à décrire sont en réalité des moteurs à pétrole : ce sont les moteurs Diesel, dont on a tant parlé naguère, avec tant d'éloges ; on en trouvera la monographie plus loin.

---

## MOTEURS ATMOSPHÉRIQUES

L'espèce est éteinte ; s'il existe encore quelque part un moteur Langen et Otto, ou un moteur Gilles, il serait prudent de le placer au Conservatoire des Arts et Métiers, pour l'instruction des ingénieurs de l'avenir, et pour fixer dans leur esprit le souvenir de cette ingénieuse machine, qui a fait époque dans l'histoire des moteurs à gaz.

Le moteur atmosphérique, à compression préalable de M. Vermand paraît être resté à l'état de projet (²).

---

## MOTEURS ROTATIFS

### *Moteur Arnould et Marot*

C'est le seul représentant des moteurs rotatifs au Champ-de-Mars, mais j'ai le regret de ne pouvoir rien en dire, si ce n'est qu'il était à pistons tangents.

### *Moteur Wamont*

Ce moteur, exposé à Vincennes, mais qui ne fut pas mis en mouvement, est une turbine à axe horizontal du genre de Laval, dans laquelle le fluide agit tangentiellement à la circonference moyenne des aubes. Il arrive par le côté du disque, frappe les aubes normalement, traverse le plan du disque et s'échappe par un canal d'échappement pratiqué dans

(1) *Etudes sur les moteurs à gaz tonnants*, p. 23; *Traité des moteurs à gaz*, 3<sup>e</sup> édition, tome I, p. 432 et suivantes; *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1898.

(2) Voir notre *Traité des Moteurs à gaz*, tome II, p. 242.

la flasque opposée à l'arrivée. Comme la vitesse de la turbine est moindre que celle du fluide, celui-ci rattrape une seconde aube, qu'il traverse en sens contraire, pour revenir à un canal de décharge percé dans la première flasque.

Le fluide est un mélange d'air chaud et de vapeur d'eau, obtenu par la combustion sous pression d'un carbure liquide dans un brûleur approprié. Nous en reparlerons en traitant des appareils gazogènes. La turbine fait 5 000 tours par minute.

---

## MOTEURS A PÉTROLE

Le remarquable ouvrage de M. Gustave Richard, publié en 1885 sur les moteurs, ne mentionnait encore aucun moteur à pétrole ; le moteur Brayton avait pourtant été essayé dès l'année 1872, mais il s'était fort peu répandu et il ne s'accommodait guère bien alors de l'emploi du pétrole lourd, ayant une densité de 0,81.

Les choses ont bien changé depuis lors et il existe aujourd'hui de nombreux et excellents moteurs, qui utilisent fort bien le pétrole lampant. Leur place est faite partout où l'on manque de gaz, quand la puissance du moteur ne justifie pas l'installation d'un gazogène ; ils rendent alors de grands services, surtout dans les pays où le précieux carburé n'est pas frappé d'impôts exorbitants. Ce n'est malheureusement pas le cas de notre pays.

Les concours de Berlin, de Cambridge et de Meaux ont mis en relief les qualités des moteurs à pétrole et ils ont permis d'apprécier le rôle qu'ils pourraient jouer dans les installations agricoles. Les locomobiles à pétrole se sont largement répandues en Angleterre et en Allemagne et elles luttent avantageusement avec l'ancienne locomobile à vapeur. On en a vu quelques-unes à l'Exposition.

Malheureusement les rigoureuses mesures qu'il avait fallu prendre contre l'incendie, au Champ-de-Mars, ont fait proscrire l'emploi des carbures liquides et la plupart des moteurs à pétrole exposés étaient inactifs ; l'exil de l'annexe de Vincennes effrayait d'autre part les exposants. L'exhibition des moteurs à pétrole a évidemment souffert des conditions particulières qu'il avait fallu lui faire et cette branche de la construction n'a pas été suffisamment représentée en 1900.

### *Moteur Priestmann*

« Adopté par neuf gouvernements, en usage dans quarante-neuf pays », nous dit son habile et distingué représentant, M. de Faramond de Lafajole : le plus ancien des moteurs à pétrole, ajouterons-nous, celui qui a marché le premier au pétrole lampant, et dont on n'a pas dépassé le rendement, ni la bonne marche, si quelques-uns ont réussi à trouver une solution plus simple du problème et à construire à moindre prix.

M. de Faramond en expose deux types ; le modèle horizontal, très

connu, et un modèle vertical à pilon, qui paraît plus spécialement applicable à la navigation : un de ces moteurs à deux cylindres d'une

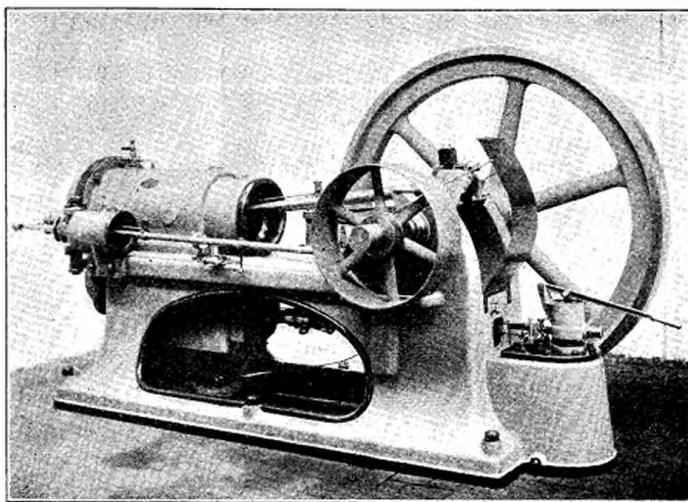


Fig. 37. — Moteur Priestmann.

puissance de 30 chevaux est installé sur le yacht *Fleur de France* de 22 tonneaux, que M. de Faramond s'est fait construire. La figure 38 montre comment se fait la commande de l'hélice réversible.

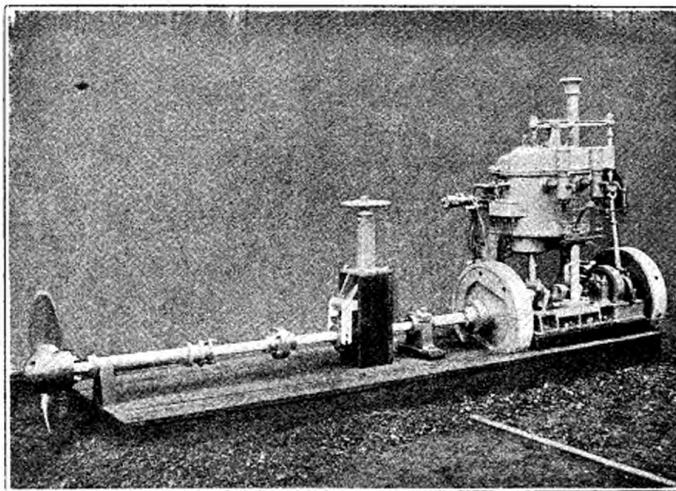


Fig. 38. — Moteur de bateau Priestmann.

L'exposition Priestmann se composait de deux moteurs horizontaux de 5 et 20 chevaux et d'un moteur vertical. On peut signaler comme une

intéressante nouveauté le fait d'injecter de l'eau pulvérisée dans le cylindre pour refroidir la paroi en utilisant la tension de la vapeur produite.

#### *Moteur Hornsby-Akroid*

Voilà encore un des plus anciens moteurs à pétrole, dont MM. Wallut exposent trois modèles de 5, 7 et 40 chevaux ; ils y ont joint une locomobile.

Aucune remarque particulière à faire sur cette machine très répandue et avantageusement connue.

#### *Moteur Niel*

Le modèle que j'ai décrit dans le Tome II de mon *Traité des Moteurs à gaz*, s'est modifié et perfectionné. La Compagnie des moteurs Niel, construit des moteurs horizontaux et verticaux : le régulateur à lames agit en laissant l'échappement ouvert, ce qui supprime l'aspiration opérée à travers une soupape automatique ; en même temps cesse le fonctionnement de la pompe à pétrole, dont le piston est entraîné par un bras attaché sur la tige de la soupape de décharge.

Le pétrole est vaporisé dans une sorte de petite chaudière, chauffée par une lampe qui porte en même temps au rouge le tube d'allumage en porcelaine.

Le dessin ci-contre montre la disposition adoptée. Le vaporisateur à ailettes A, à double paroi, est chauffé par la lampe B, dont la flamme lèche le tube d'allumage C, lequel est en communication constante avec le cylindre ; en déplaçant la lampe, on règle l'avance à l'allumage suivant le besoin. Le robinet à pointeau E permet d'ailleurs de modérer la flamme à volonté. Une pièce de bronze F portant l'aiguille G donne la faculté de servir le pétrole au vaporisateur en proportion du travail demandé ; l'aiguille est commandée par un petit levier recevant son mouvement du levier d'aspiration. La cheminée J évacue les gaz chauds de la lampe ; le tube k fait l'appel de l'air nécessaire à la combustion, lequel s'échauffe lui-même au contact de la cheminée, ce qui évite les condensations de vapeurs carburées et supprime les encrassements de soupapes. La boîte L, à circulation d'eau, renferme les soupapes d'aspiration et d'échappement.

Les constructeurs cherchent à constituer un mélange pauvre, mais qui soit néanmoins toujours explosif, et ils ont recours à l'artifice suivant :

Sur le fond du cylindre a été placée une soupape à levée automatique

permettant d'introduire directement dans le cylindre la quantité d'air nécessaire pour compléter la cylindrée avec le mélange d'air et de vapeur venant de la chaudière par le conduit de distribution. Il y a donc

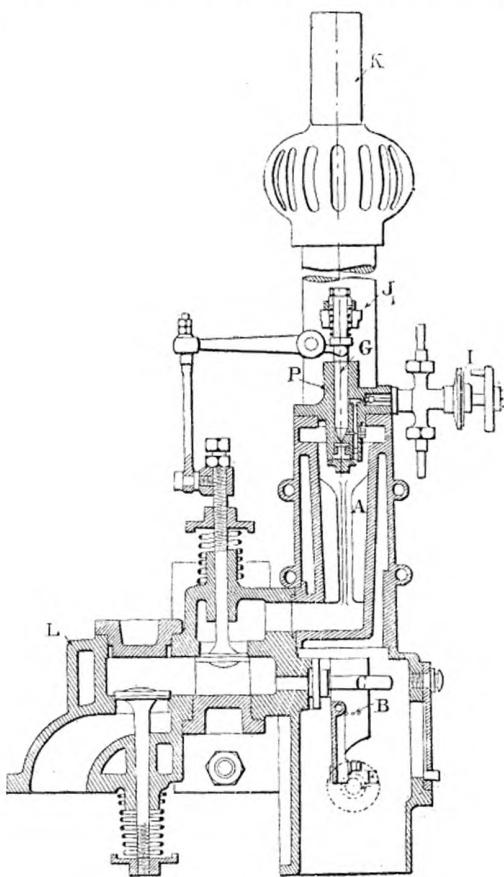


Fig. 39.—Moteur Niel à pétrole.

dans la chambre de compression deux mélanges de composition différente : l'un pauvre, placé dans le cylindre, derrière le piston, formé d'air pur, introduit par la soupape automatique, et d'un mélange d'air et de vapeur venant de la chaudière ; l'autre, plus riche, formé simplement d'un mélange d'air et de vapeur ; ce dernier, éminemment inflammable, est admis à la fin de la compression, prend contact

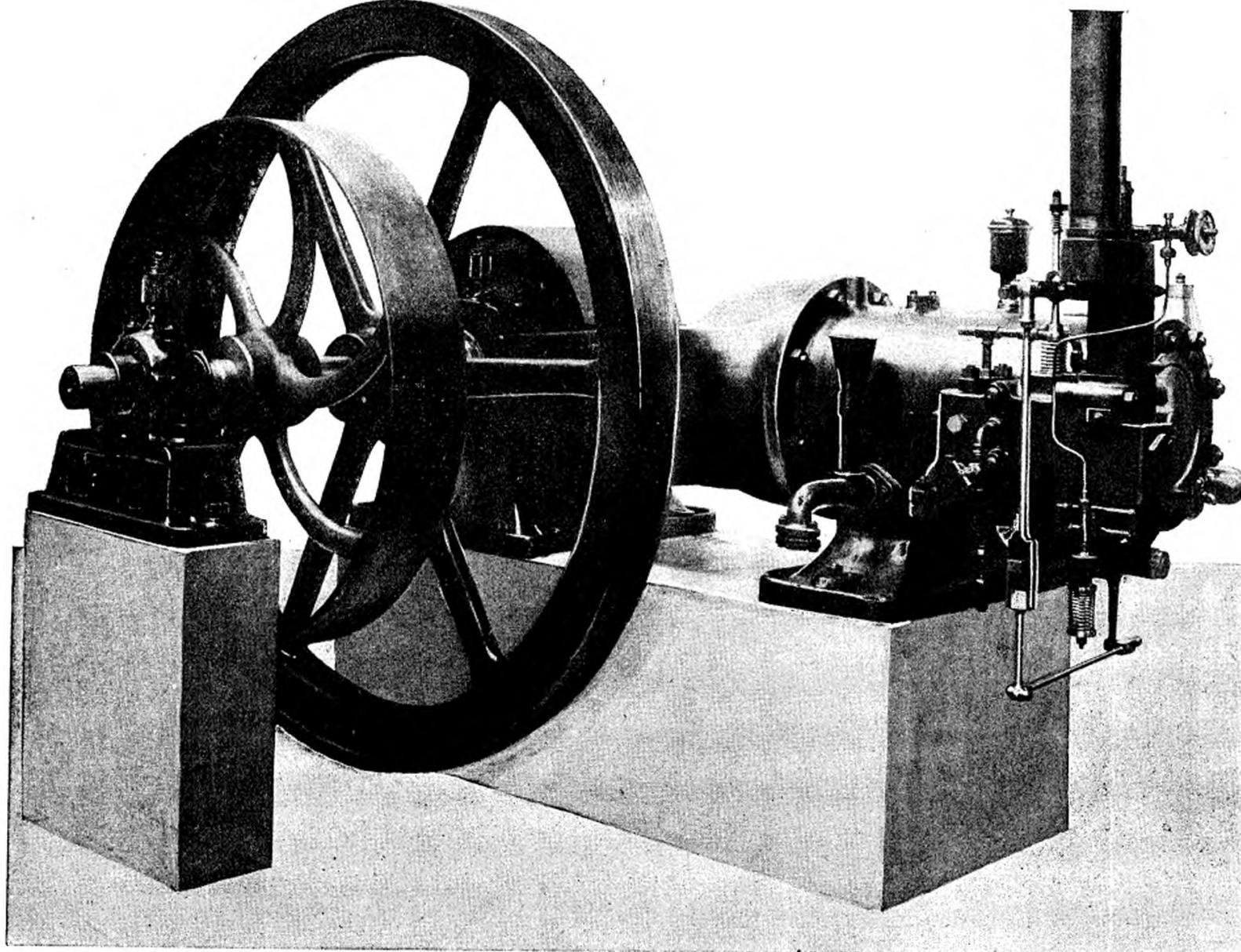


Fig. 40. — Moteur Niel horizontal à pétrole.

avec les parois rouges du tube d'allumage et enflamme toute la charge. Ce dispositif a permis d'abaisser la consommation d'un moteur de 7 chevaux à 280 grammes de pétrole à 820 de densité, par cheval-heure, quoique la compression préalable soit inférieure à 4 kg.

Sauf la soupape automatique placée sur le fond du cylindre, tous les organes de distribution sont commandés par des cames clavetées sur un arbre parallèle à l'axe du moteur et tournant deux fois moins vite que l'arbre manivelle.

Le régulateur à lame, monté sur ces moteurs, permet même de faire l'éclairage électrique direct.

En dehors des types verticaux, créés pour les élévations d'eau et ayant les mêmes organes que les types horizontaux, il a été créé d'autres types de moteurs verticaux, avec distribution simplifiée, établis spécialement pour l'agriculture et les installations sur batteuses mécaniques.

Le moteur à pétrole Niel est un des meilleurs de l'espèce.

#### *Moteur Otto*

La Compagnie française des Moteurs à gaz et des Constructions mécaniques a exposé un moteur à pétrole qui diffère des modèles précédemment connus sous le nom d'Otto.

Dans cette machine, à allumage par tube, la came de distribution, portée par l'arbre à un tour pour deux, actionne la soupape d'admission et la pompe à pétrole qui injecte l'huile dans le vaporisateur. Le régulateur agit à la fois sur l'admission et sur l'échappement, lequel reste ouvert, quand la vitesse s'accélère outre mesure.

Obéissant à la même idée que Tangye (1), les ingénieurs qui ont créé ce moteur ont cherché à obtenir une explosion renforcée à la suite d'un ou de plusieurs passages à vide, et, pour cela, il leur a suffi d'ajouter à la came de distribution une seconde came montée sur le même arbre, à la suite de la première. Le régulateur ayant déplacé celle-ci, la seconde continue d'actionner la pompe à pétrole, mais avec une amplitude d'oscillation moindre ; il arrive donc encore une faible charge de pétrole dans le vaporisateur, et l'admission qui suivra sera plus riche en vapeurs carburées. Ce procédé est surtout remarquable par la simplicité des moyens mis en œuvre.

(1) Il se peut qu'ils en aient la priorité, je ne veux pas me prononcer sur ce détail : la réalisation de l'idée est d'ailleurs toute différente pour le pétrole que pour le gaz.

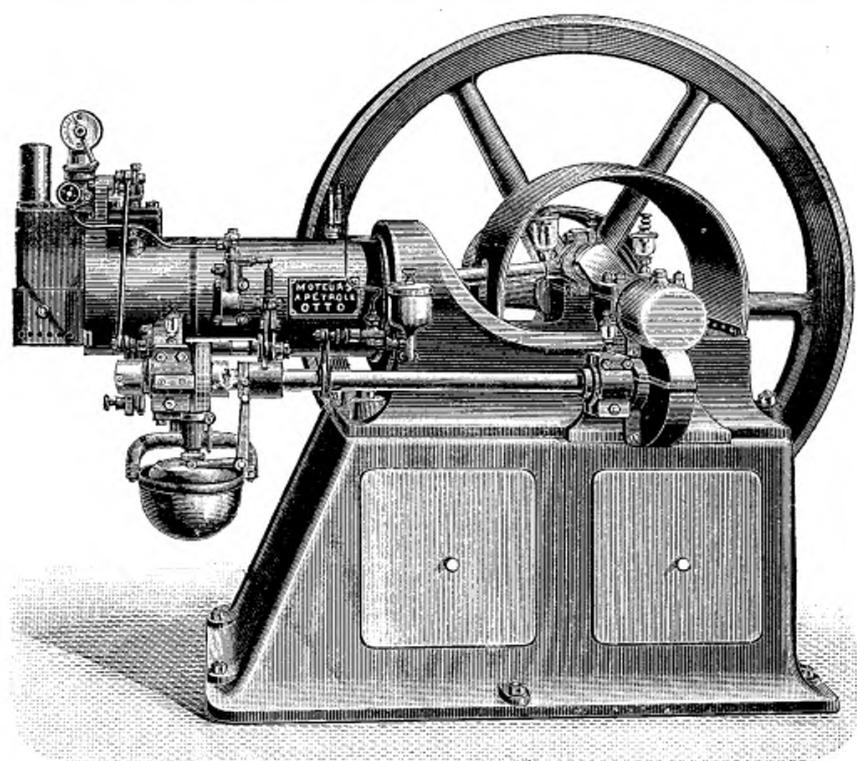


Fig. 41. — Moteur à pétrole Otto.

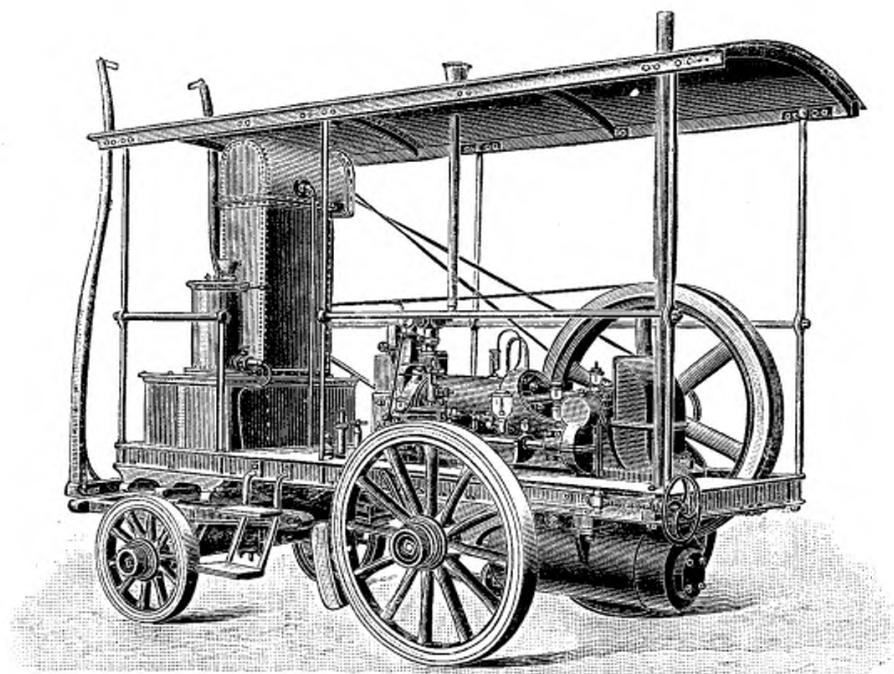


Fig. 42. — Locomobile Otto

En marche normale, un coulisseau permet de réduire la quantité d'huile injectée par coup de pompe, suivant le besoin.

La Compagnie française a établi un beau modèle de locomobile avec refroidissement par ventilation.

#### *Moteur Campbell*

L'exposition des moteurs Campbell, organisée par MM. Caramija frères, au Champ-de-Mars et à l'annexe de Vincennes, était remarquable ; nous y avons noté des moteurs de 3, 5, 12, 18, 34 et 42 chevaux. Les ateliers d'Halifax construisent d'ailleurs 74 types différents, en vue des applications les plus diverses.

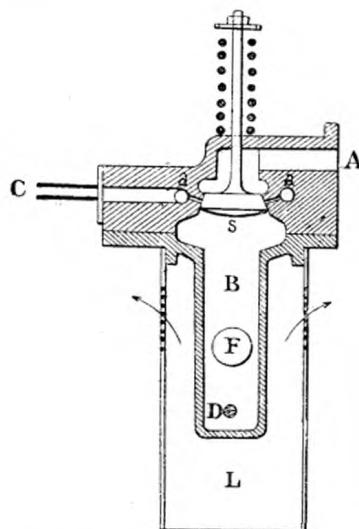


Fig. 43. — Vaporisateur Campbell.

Ils viennent de créer un nouveau type présentant un dispositif intéressant d'admission et de vaporisation, qui mérite d'être décrit. Ce moteur ne comporte que deux soupapes, une d'admission automatique, l'autre de décharge, commandée sous la dépendance du régulateur qui la laisse ouverte quand la vitesse de régime est dépassée. Le pétrole est emmagasiné dans un réservoir placé au-dessus du cylindre ; il descend, sous l'action de la pesanteur, dans une chambre circulaire entourant la soupape d'admission. De petits trous *a* aboutissent à travers le siège sur la surface conique de la soupape d'admission *S* : celle-ci étant abaissée, l'huile coule dans le vaporisateur *B*, se gazifie et suit dans

son mouvement la charge d'air qui passe et qui l'entraîne au cylindre par F. Une même lampe L chauffe le vaporisateur et l'inflammateur D.

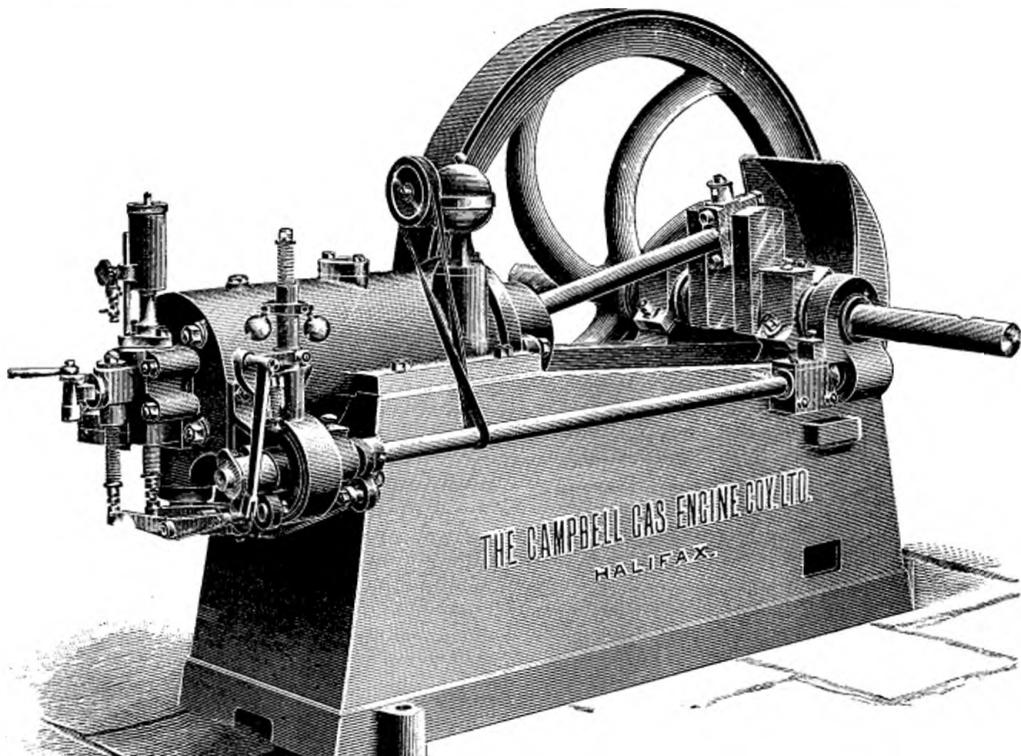


Fig. 44. — Moteur Campbell.

Voici les résultats obtenus par M. le professeur Richard Stanfield, sur un moteur de 15 chevaux, de 241,3 mm de diamètre, 0<sup>m</sup>,475 de course, réglé à 210 tours, avec du pétrole de densité égale à 0,82.

	1/2 charge	Charge normale	Charge maximum
Vitesse . . . . .	213 tours	210	207,8
Explosions par minute . . . . .	48,24	80,17	93,2
Pression moyenne au diagramme . . . . .	4 <sup>k</sup> ,881	4 <sup>k</sup> ,851	—
Travail indiqué. . . . .	18,70 ch <sup>x</sup>	17,68 ch <sup>x</sup>	20,06
Travail effectif. . . . .	8,58 —	14,95 —	17,86
Rendement organique. . . . .	80,2 %	84,5 %	89 %
Pétrole consommé par cheval-heure effectif. . . . .	434 grammes	384 grammes	351

#### *Moteur Cundall*

Ce moteur, sorti des ateliers de Shipley (Angleterre), était donné comme « le plus perfectionné des systèmes connus à ce jour » ; le pro-

chain concours confirmera sans doute cette prétention. Le même prospectus annonçait que MM. Cundall construisaient les plus grands moteurs à pétrole du monde ; nous y avons vu figurer en effet des moteurs de 76 chevaux effectifs, faisant 160 révolutions par minute, pesant 11.182 kg., portant un volant de 2<sup>m</sup>,21 de diamètre.

Dans ces machines, des dispositions sont prises pour que le pétrole soit toujours injecté dans le vaporisateur en quantité minimum, de manière à assurer une carburation parfaite et à réduire la consommation le plus possible ; l'injection est d'ailleurs réglée par le régulateur.

#### *Moteur Merlin*

MM. Merlin et C<sup>ie</sup>, de Vierzon, qui sont déjà d'anciens constructeurs de moteurs, ont perfectionné encore leur type de moteur à pétrole qui avait remporté le premier prix au concours de Meaux de 1894. De 1/2 à 8 chevaux, MM. Merlin ont créé huit modèles de moteurs verticaux ; ils ont, de plus, sept modèles de moteurs horizontaux de 3 à 12 chevaux.

Le moteur vertical le plus répandu est pourvu d'une soupape automatique d'admission d'air, placée à la partie supérieure du cylindre ; le pétrole vaporisé par une lampe à chalumeau entre par le côté de la culasse. La soupape de décharge avec enclanchement commandé par le régulateur, est à un niveau légèrement inférieur, contre la paroi du cylindre. Le socle remplit l'office d'un réservoir de pétrole ; il sert de support à la pompe qui refoule l'huile au vaporisateur.

Le moteur d'un demi-cheval fait 430 tours, celui de 8 chevaux, 280 : ils sont réglés par un régulateur logé dans le volant, qui laisse ouverte la soupape de décharge et arrête la pompe, quand la vitesse augmente.

Les moteurs horizontaux ne diffèrent guère du type que nous venons de décrire.

Ces moteurs sont simples, robustes, peu coûteux, et ils conviennent bien aux besoins de l'agriculture, pour lesquels MM. Merlin se sont fait une brillante spécialité.

Ces moteurs se montent sur des locomobiles ou bien sur des chariots suivant les applications qu'on veut en faire.

#### *Moteur Brouhot*

L'exposition de cette maison comportait deux moteurs à gaz dont nous avons déjà parlé ; elle présentait de plus, au Champ-de-Mars, un moteur

à pétrole de 10 chevaux et une locomobile, et à Vincennes, 4 moteurs à pétrole de 1/2 à 4 chevaux, verticaux et horizontaux.

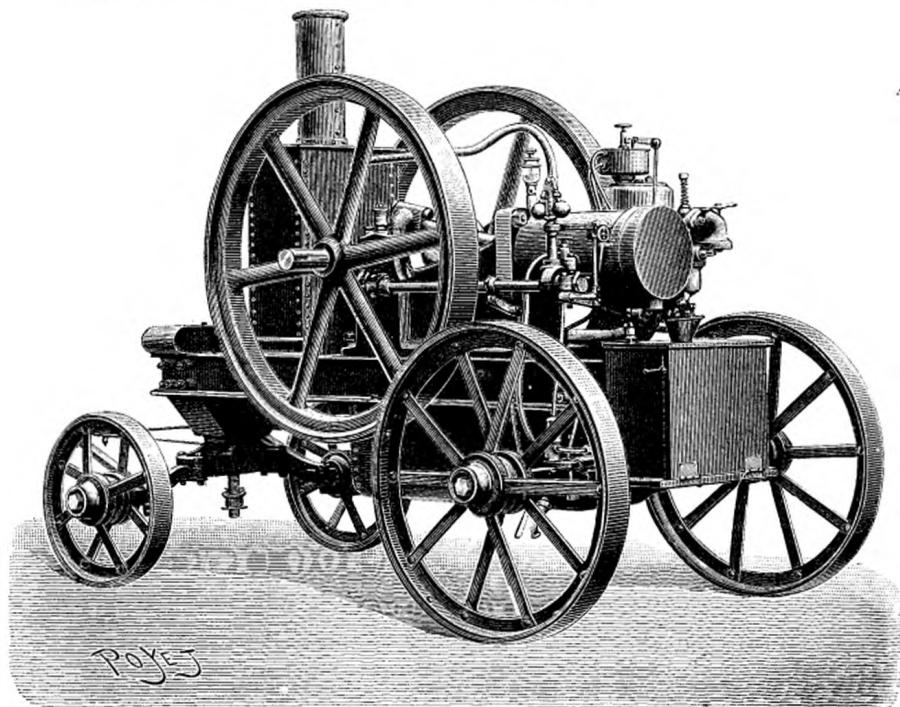


Fig. 45. — Locomobile Brouhot.

Les moteurs de cette maison répondent, comme les précédents, aux désiderata des agriculteurs et ils sont construits en vue des travaux des fermes et des champs, dans des conditions de simplicité et de bon marché qui leur assure une clientèle nombreuse et fidèle.

#### *Moteur Japy*

Le grand prix dont le moteur de MM. Japy a été honoré, justifie son nom : « Le Succès ». Je renvoie, pour la description de la valve à double siège, à ce que j'en ai dit dans le tome III de mon *Traité des Moteurs à gaz et à pétrole*.

MM. Japy exposaient à Vincennes deux moteurs fixes, 6 locomobiles fixes et diverses petites pompes : nos figures permettent d'apprécier l'agencement heureux de ces machines, qui ont été l'objet d'une grande attention de la part des ingénieurs et des visiteurs compétents.

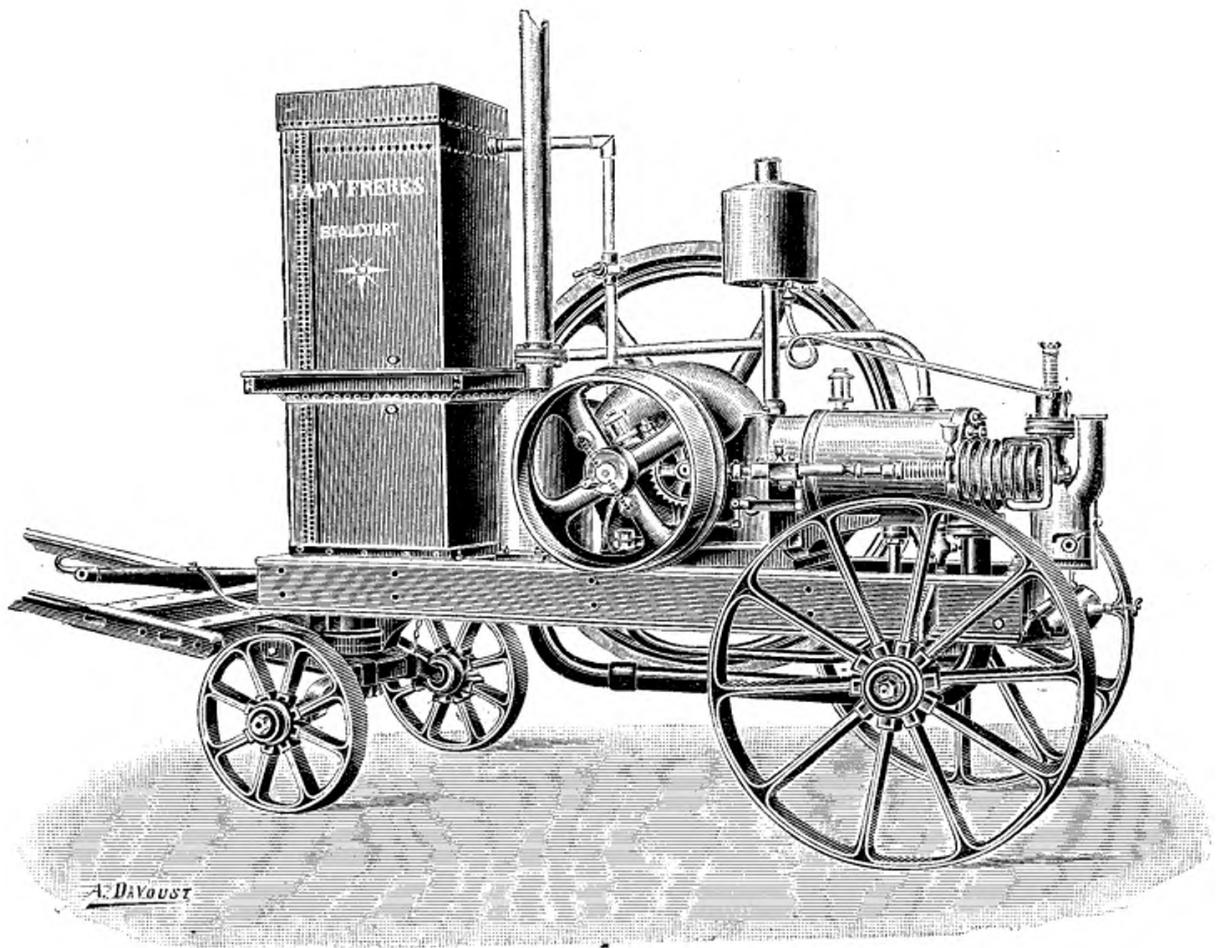


Fig. 46. — Locomobile Japy.

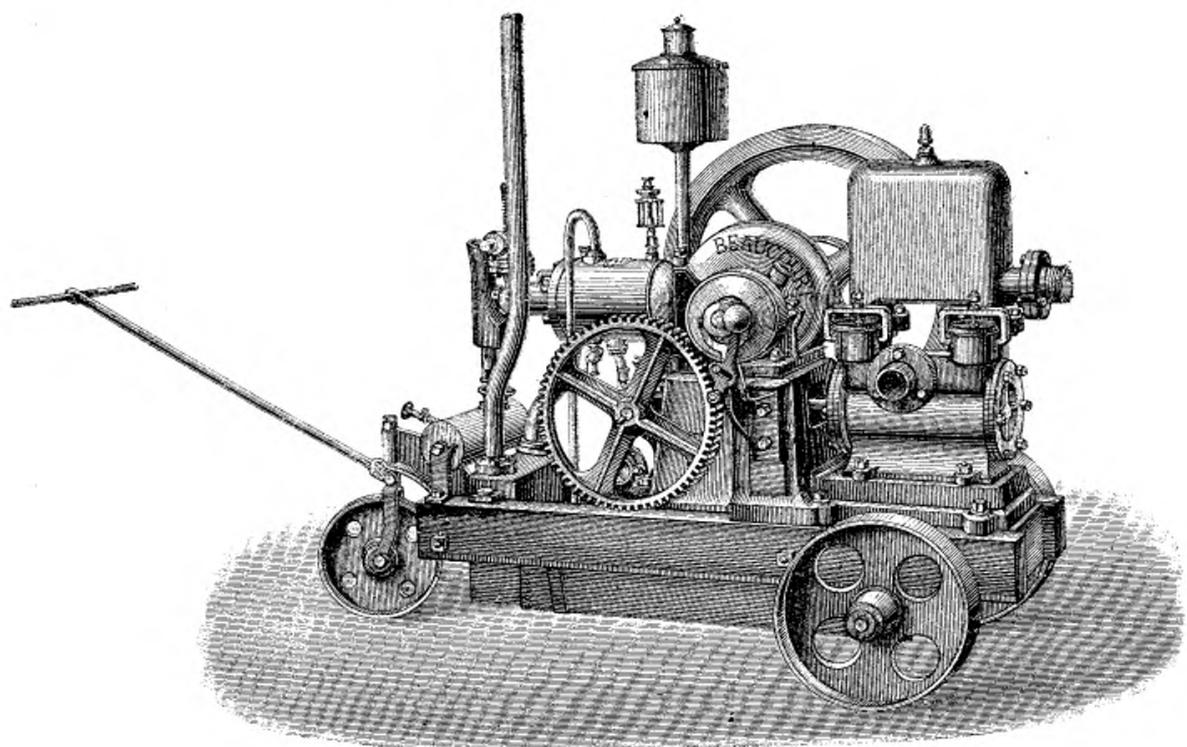


Fig. 47. — Pompe Japy.

Les moteurs Japy sont convertibles et peuvent marcher au gaz et à l'air carburé.

#### *Moteur Grob*

La Compagnie des Moteurs universels, qui construit ce moteur très connu, le perfectionne sans cesse, et elle paraît avoir abouti à un grand succès, puisqu'on a parlé d'une consommation de 250 grammes de pétrole par cheval-heure indiqué, ce qui correspond à 300 grammes au plus par cheval-heure effectif. Je ne sais sur quel essai est basé ce chiffre de consommation, ni avec quel pétrole il a été réalisé.

Ce nouveau moteur est horizontal ; sa distribution est particulièrement intéressante. Le pétrole est pulvérisé dans une masse d'air ayant d'être vaporisé. L'huile, débitée par une pompe actionnée sous la dépendance du régulateur, suivant le principe du tout ou rien, arrive à un petit ajutage d'où elle s'échappe en un jet délié qui est saisi par un courant d'air violent, fourni par un réservoir d'air comprimé à 6 kg. de pression. L'air ainsi mêlé de gouttelettes d'huile pénètre dans un serpentin vaporisateur, chauffé par la même lampe qui entretient l'incandescence du tube d'allumage. La vapeur formée entre dans le cylindre à travers une soupape d'admission commandée et y rencontre l'air nécessaire à sa combustion, introduit par une valve spéciale. L'air carburé tourbillonne dans l'air comburant en vertu de son grand excès de pression et contribue à former un mélange parfait et homogène.

Le régulateur d'inertie est chargé d'une double fonction ; il commande la pompe à pétrole par un couteau de butée, et agit en même temps sur l'échappement qu'il laisse ouvert, quand la vitesse est supérieure à celle du régime.

#### *Moteur Lacroix*

MM. Lacroix et C<sup>e</sup>, de Caen, exposent leur moteur vertical bien connu, sans appareil spécial d'allumage, que nous n'avons pas à décrire de nouveau ici. Ils ont amené au Champ-de-Mars un moteur de 3 chevaux et quatre moteurs de 5 chevaux.

Un dispositif intéressant a permis d'alimenter d'alcool les moteurs Lacroix et d'obtenir ainsi des résultats heureux dont il est inutile de faire ressortir l'importance.

#### *Moteur Le Gnome*

Nous avons déjà décrit ci-dessus ce moteur, qui marche au gaz et au pétrole.

Une pompe, placée à l'arrière du moteur, aspire le pétrole dans un premier récipient, qui alimente une lampe serpentin ; le carburé monte, de là, dans une seconde chambre, d'où il passe au moteur, l'excès retombant par un trop plein dans la réserve d'huile.

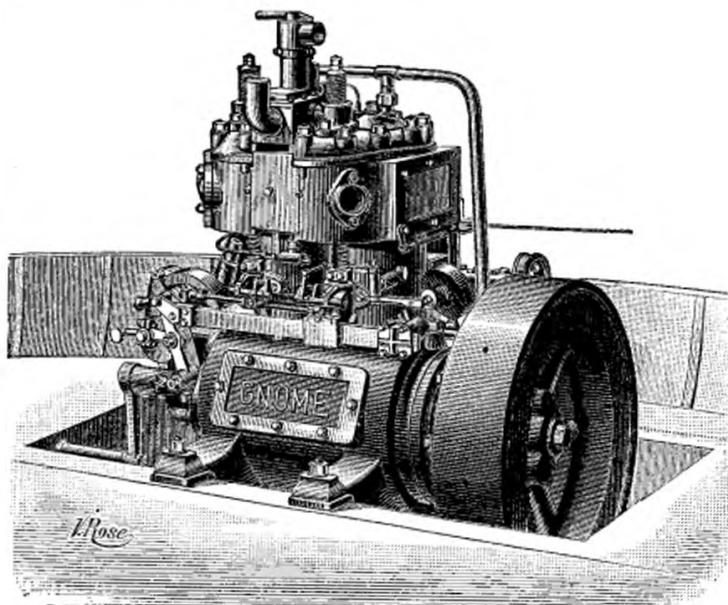


Fig. 48. — Le Gnôme marin.

Le gazéificateur se compose d'une masse creuse en fonte, maintenue au rouge par la lampe, et qui est traversée par le carburé débité par une soupape et une vis à pointeau ; cette soupape automobile s'abaisse sous l'appel du piston et livre passage au liquide et à l'air qui l'entraîne. Le gazéificateur sert d'allumeur.

Ces moteurs ont été appliqués à la propulsion des embarcations.

#### *Moteur Duplex*

Ce moteur a été breveté en 1896 ; il évite la complication d'une pompe à pétrole et même d'un réservoir surélevé et supprime l'arbre de distribution à demi-vitesse.

Ce dernier résultat est obtenu par l'emploi d'un doigt placé sur la came d'échappement, qui vient se présenter successivement devant quatre encoches réparties sur la circonference d'un disque, taillé en forme de croix de Malte. Ce disque offre alternativement au galet soulevé par la came un plein ou un creux, suivant la position que lui fait prendre le doigt. La rencontre d'un plein détermine un relèvement du levier de commande de la soupape d'échappement. En somme, le disque tourne

d'un quart de tour à chaque révolution de l'arbre de couche et la soupape de décharge ne fonctionne que tous les deux tours. C'est une forme nouvelle du taquet alternatif de M. Lalbin.

Le réglage de la vitesse se fait en maintenant ouvert l'échappement au moyen d'un verrou, lorsque la vitesse tend à augmenter.

Le dispositif adopté pour amener le pétrole au carburateur est ingénieux. L'huile est renfermée dans le socle, formant un récipient hermétiquement clos ; le carter est lui-même étanche. En montant, le piston y produit une dépression et une soupape d'aspiration se soulève et laisse entrer de l'air ; à la descente du piston, il y a compression d'air et refoulement dans le socle à travers une seconde soupape. Quand l'équilibre s'est produit entre la pression du carter et celle du socle, la soupape de refoulement cesse de fonctionner ; ce fonctionnement recommence au contraire quand la pression diminue dans le réservoir. La pression, qui fait monter l'huile du socle à la lampe et au carburateur, est par le fait maintenue constante.

#### *Moteur Charon.*

Ce nouveau moteur se signale à l'attention par l'application du principe de la suppression et du remisage qui est la caractéristique du type Charon, et par l'invention d'un distributeur ingénieux.

Le schéma de la fig. 49 permet de se rendre compte du fonctionnement de ce système.

c Cylindre du moteur

a Soupape d'aspiration.

e Soupape de décharge.

g Gazéificateur.

b Brûleur chauffant *g* et le tube d'allumage *w*.

*x* Communication entre le distributeur de pétrole et le gazéificateur *g*.

Le distributeur de pétrole se compose d'un papillon *d*, recevant d'une roue à rochet, actionnée par le moteur, un mouvement intermittent de rotation dans lequel ses alvéoles *o* se remplissent successivement du pétrole pris au bac à niveau constant *f*, alimenté par le réservoir *p*. Les alvéoles, garnies d'huile, viennent successivement se présenter devant les tuyaux *x* et *l* ; ce dernier communique avec un réservoir à air comprimé *h*, qui chasse le pétrole dans le gazéificateur *g*, par le conduit *x*.

Le brûleur est représenté en coupe sur la droite de notre dessin.

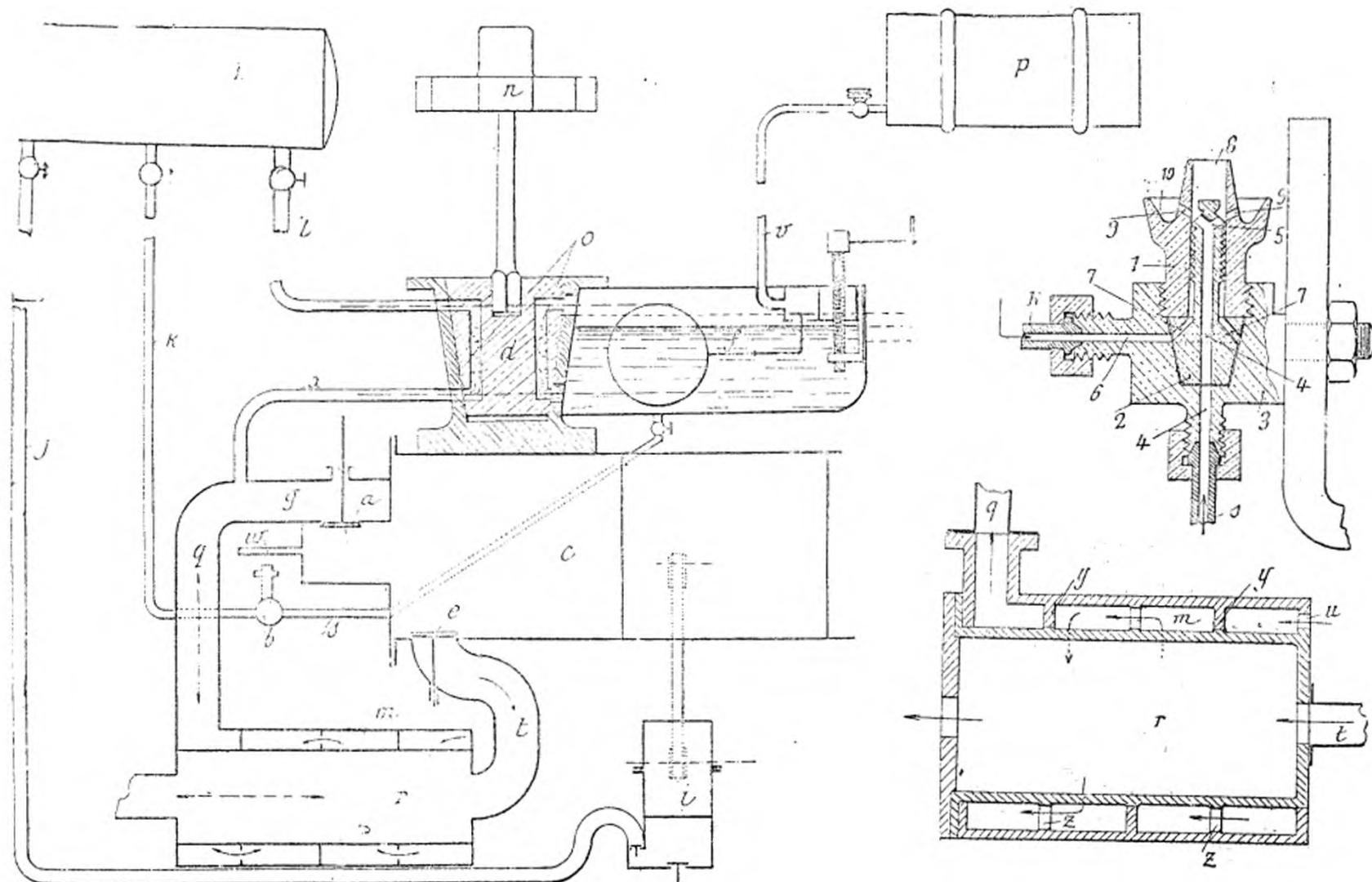


Fig. 49. — Moteur Charon à pétrole.

Il se compose de trois pièces 1, 2 et 3 ; 2 est une vis sans fin filetée, percée d'un canal axial 4, débouchant à la partie inférieure par les orifices 5, et qui communique par le boisseau 3 avec le conduit s d'arrivée du pétrole. Le renflement inférieur de la pièce 2 porte une gorge circulaire, reliée par le conduit 6 avec le conduit k, venant du réservoir d'air comprimé. La gorge circulaire communique d'autre part, par les canaux inclinés 7, avec l'espace annulaire et hélicoïdal réservé entre la partie supérieure de la pièce 2 et le manchon 1 qui l'entoure. Le pétrole, venu par s, monte dans le conduit 4, s'échappe par les orifices 5, est saisi par le courant d'air comprimé et brûle en 8 : l'air appelé par les trous 9 assure une combustion complète.

Les gaz de la décharge traversent le gros cylindre r, à double enveloppe ; l'espace annulaire m constitue la chambre d'aspiration et de remisage Charon ; ce dispositif permet de récupérer en partie les chaleurs perdues de l'échappement.

Cet ensemble est ingénieux ; il rappelle le système Gobron et Brillié, par son organe distributeur, bien qu'il en diffère par des points essentiels. L'emploi d'une réserve d'air comprimé est une complication, mais il permet une carburation excellente et par suite la combustion est assurée et le danger d'encrassement reculé, sinon évité.

Un moteur de 16 chevaux était exposé à Vincennes ; dix moteurs du même type sont commandés par le ministère de la guerre ; ils sont destinés aux batteries de Boulogne, à l'usine de Chaligny près Nancy et à quelques autres services militaires.

#### *Moteur Berlin.*

Ce moteur a reçu le nom de *Milon* de la part de ses constructeurs d'Alfortville ; c'est un petit moteur horizontal, qui a été exposé à Vincennes, et qui nous a paru bien adapté au service des petits ateliers en chambre. Vaporisateur sans pompe ; réglage par suppression d'échappement.

#### *Moteur Bromley.*

Seul représentant de la construction moscovite au Champ-de-Mars, ce moteur vertical, à deux cylindres, d'une puissance de huit chevaux, attire l'attention du public ; le jury en a reconnu le mérite en lui décernant une haute récompense, ce qui témoigne en sa faveur, et augmente le regret que j'éprouve de ne pouvoir donner sa description.

*Moteur Blackstone.*

Ce moteur est muni d'un pulvérisateur-vaporisateur ingénieux ; une pompe comprime de l'air dans le socle. Le régulateur agit sur la pompe et sur la soupape d'admission.

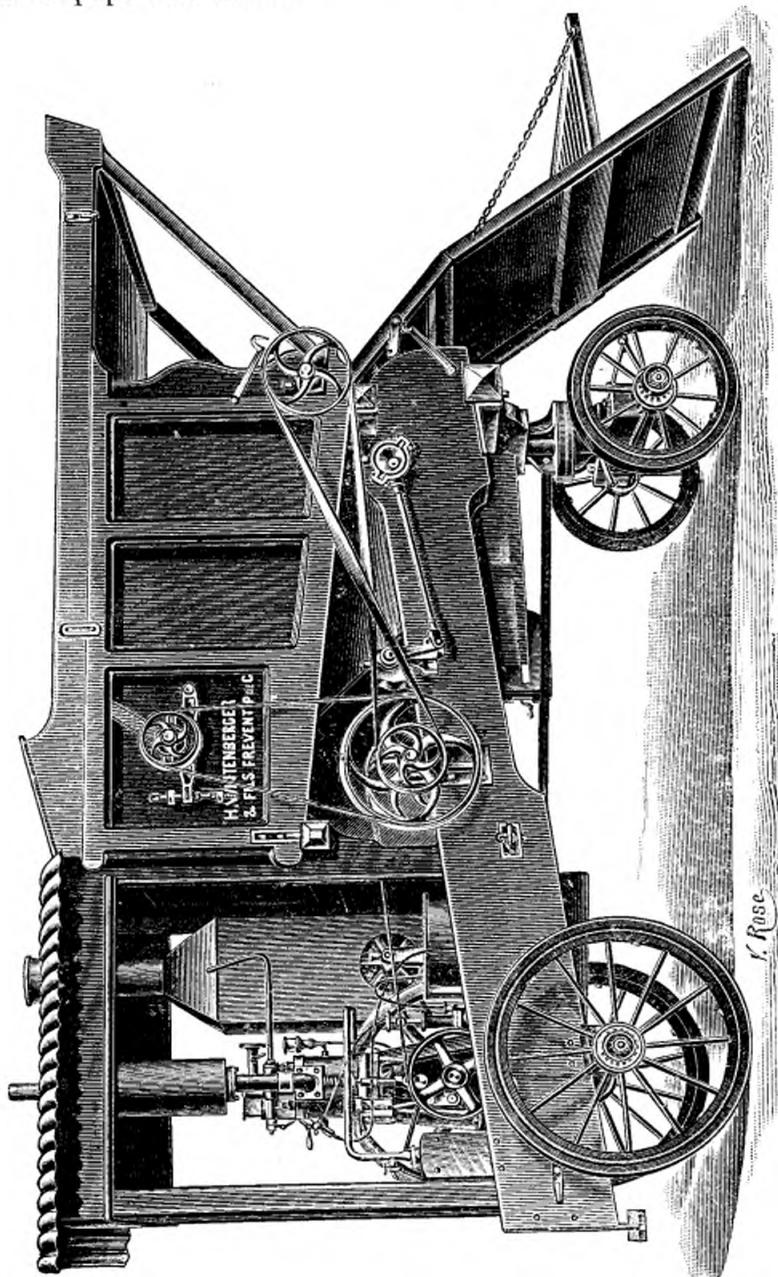


Fig. 50. — Battoue Wintonberger.

*Moteur Wintenberger.*

Ce moteur, appliqué par la maison Wintenberger de Frévent (Pas-de-

Calais) à la commande de ses instruments agricoles et spécialement de ses batteuses, est du type vertical à pilon ; il présente de grandes analogies avec le moteur Capitaine, dont il doit par suite partager les qualités.

Le vaporisateur à ailettes est alimenté de pétrole par une petite pompe, qui puise l'huile dans un réservoir séparé, et la refoule au carburateur sous la dépendance du régulateur ; un tiroir remplace les clapets habituels. Ce dispositif me paraît un peu compliqué pour un moteur agricole, exposé à de nombreuses épreuves, et abandonné trop souvent à des mains peu exercées. Mais le réglage de la vitesse se fait bien et la consommation, garantie par le constructeur, est réduite.

Le moteur s'installe à l'arrière de la batteuse, comme le montre notre figure ; un ventilateur facilite le refroidissement du cylindre et diminue heureusement la dépense d'eau.

#### *Moteur Diesel (1).*

Ce remarquable moteur a été exposé par trois firmes différentes.

1<sup>o</sup> *Maschinen-Fabrik Augsburg-Nürnberg* ; cette maison exposait à Vincennes une machine de 60 chevaux, à la marche de laquelle M. Diesel paraissait prendre un intérêt plus spécial et sur laquelle il relevait lui-même des diagrammes.

2<sup>o</sup> *Société française des moteurs Diesel à combustion intérieure* ; cette société est seule propriétaire des brevets français ; elle exposait un moteur de 30 chevaux, construit dans ses ateliers de Longeville, près Bar-le-Duc (Meuse).

3<sup>o</sup> *Compagnie française des moteurs à gaz et des constructions mécaniques* ; elle est sous-concessionnaire de la précédente. Dans un élégant édicule, élevé au Champ-de-Mars, elle présentait un moteur Diesel de 20 chevaux à côté de ses moteurs Otto.

Le type général du moteur Diesel semble fixé maintenant ; quelles que soient les divergences de forme des modèles adoptés par les différents concessionnaires, le moteur Diesel est une machine à combustion, avec haute compression préalable, fonctionnant à quatre temps, le combustible et le comburant étant comprimés séparément, le premier, dans un cylindre spécial, le second dans le cylindre moteur lui-même.

La combustion et la haute compression n'étaient plus à découvrir, en

(1) J'ai renvoyé à cette place la description du fameux moteur Diesel et celle du moteur Banki ; ce sont en réalité des moteurs à pétrole, mais ils sont hors cadre par l'originalité de leur concept et la constitution de leur cycle ; ils ont d'ailleurs la prétention de marcher aux gaz pauvres.

1880, quand M. Diesel commença ses études, et en 1892, quand il prit ses brevets, et nous savions tous que le rendement croîtrait avec le degré de compression. Mais il fallait trouver le moyen de les réaliser pra-

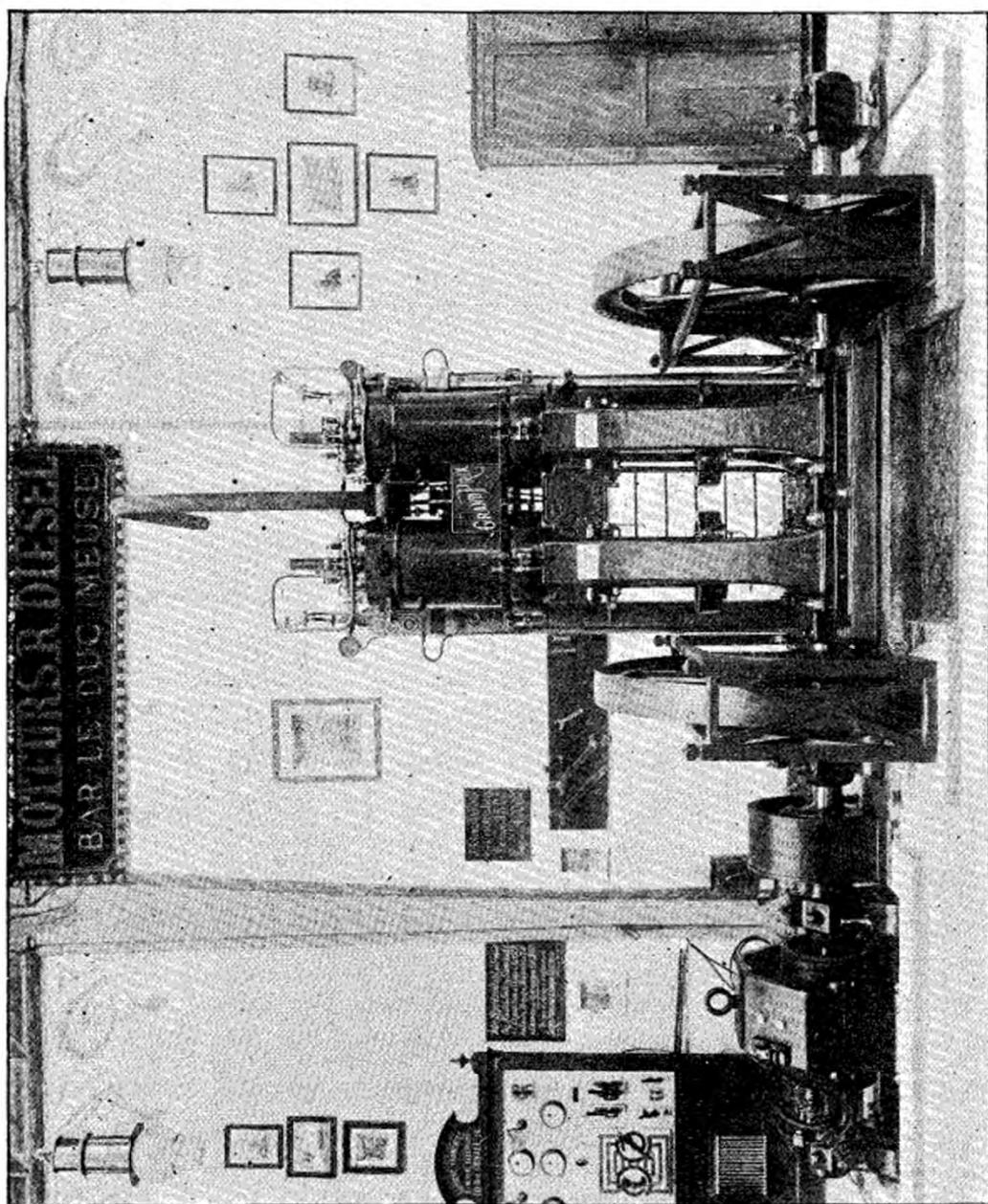


Fig. 31. — Le Moteur Diesel à Vincennes.

tiquement, et c'est le premier mérite de l'inventeur et de ses constructeurs d'Augsbourg ; de plus, la combinaison de la combustion avec la marche à quatre temps et avec la compression séparée fut une idée très ingénieuse et réellement féconde. Ces moteurs ne fonctionnent d'ailleurs encore qu'aux combustibles liquides.

On trouve donc, dans tous les moteurs Diesel, de quelque origine qu'ils soient :

I. — Un cylindre-moteur, dont le cycle d'opérations à quatre temps est constitué à la façon ordinaire par les quatre phases : 1<sup>e</sup> d'aspiration d'air ; 2<sup>e</sup> de compression d'air, dans sa culasse même ; 3<sup>e</sup> d'injection, de combustion et de détente d'un carbure d'abord comprimé à part, puis 4<sup>e</sup> d'évacuation des gaz brûlés. Ce cylindre, qui est vertical, porte sur son fond supérieur les soupapes et les cames de distribution habituelles.

II. — Une petite pompe à pétrole, refoulant l'huile dans un ajutage d'où elle sera portée au cylindre par un jet d'air, fourni par un réservoir spécial ; ce réservoir est alimenté d'air, sous une pression un peu supérieure à celle du cylindre moteur, par une pompe, montée sur la machine même.

III. — Un régulateur agissant sur la pompe à pétrole et limitant la quantité de carbure injectée dans l'ajutage de carburation.

Les constructeurs du moteur Diesel ont tous conservé la forme de pilon adoptée par les ateliers d'Augsbourg. Le piston moteur est relié à l'arbre de couche par une bielle, sur laquelle s'attachent deux bielles plus petites actionnant par un balancier la pompe d'air qui alimente le réservoir d'air comprimé. Le piston plongeur de la pompe à pétrole est mû par une tringle d'excentrique spéciale ; un bras, fixé sur la tige du piston commande la soupape de refoulement de l'huile ; mais la tringle, qui relie le bras à cette soupape, porte un écrou à filet droit et gauche, que le régulateur tourne ou détourne, suivant le besoin, en allongeant cette tringle. C'est ainsi que l'injection de pétrole se trouve placée sous la dépendance du régulateur. Tous ces dispositifs sont parfaitement étudiés et fonctionnent très bien ; la construction de ces organes est du reste fort soignée par les divers concessionnaires des brevets.

Les résultats obtenus peuvent être rendus sensibles par la série des diagrammes de la fig. 32.

A est le diagramme théorique type de M. Diesel.

B est un diagramme relevé à pleine charge dans les essais de M. le professeur Schroter.

C reproduit les diagrammes successifs fournis à charge variable, sur le moteur de 1899, exposé à Vincennes.

D fait voir un diagramme obtenu avec du gaz d'éclairage.

E est enfin un diagramme Gardie, relevé par moi autrefois, et qui représente ici le véritable cycle de la machine à combustion, à admission

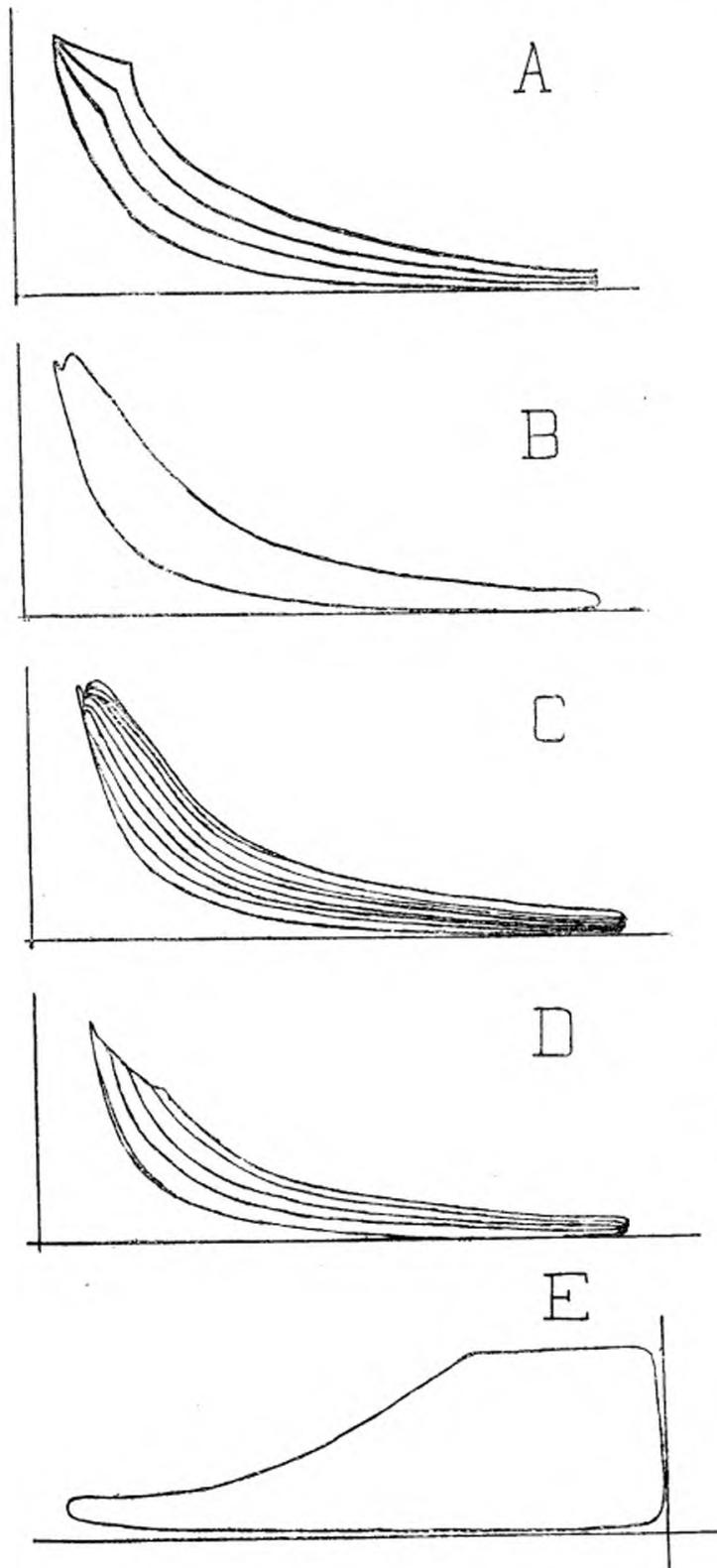


Fig. 52. Diagrammes Diesel et Gardio.

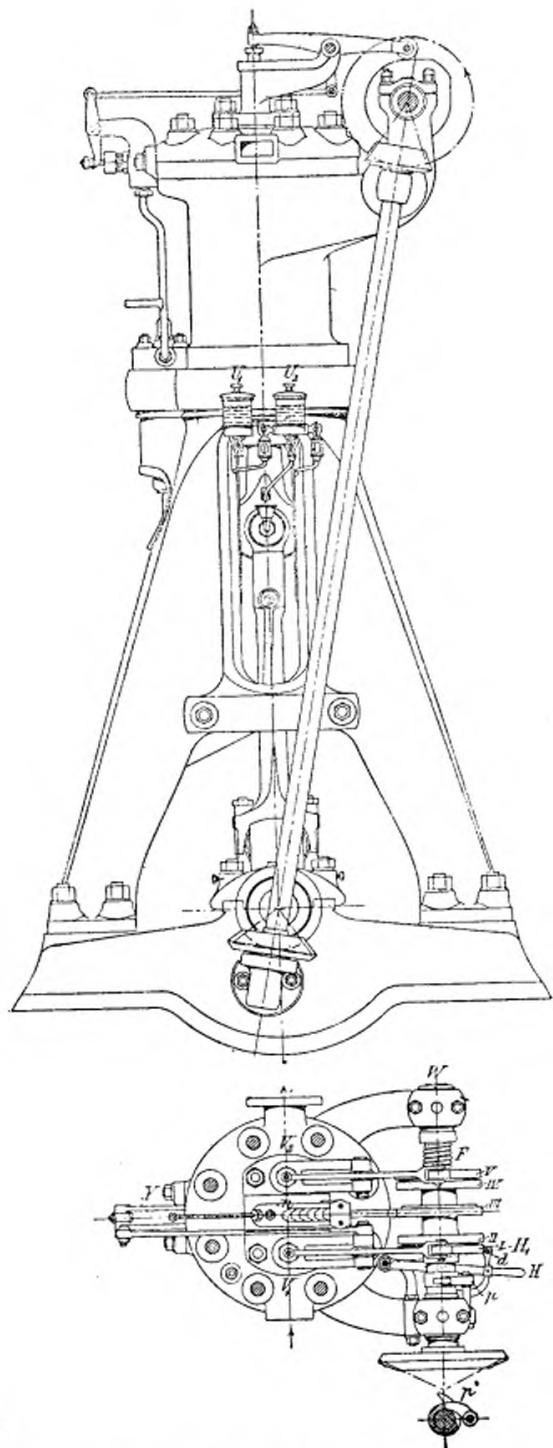


Fig. 53. — Vue du moteur Diesel.

variable par le régulateur ; c'est, à s'y méprendre, un diagramme de machine à vapeur Corliss.

La comparaison qui ressort de cette figure établit sans conteste que la ligne de combustion isotherme est très raccourcie dans les diagrammes réels Diesel ; il est permis de se demander si la combustion se fait gra-

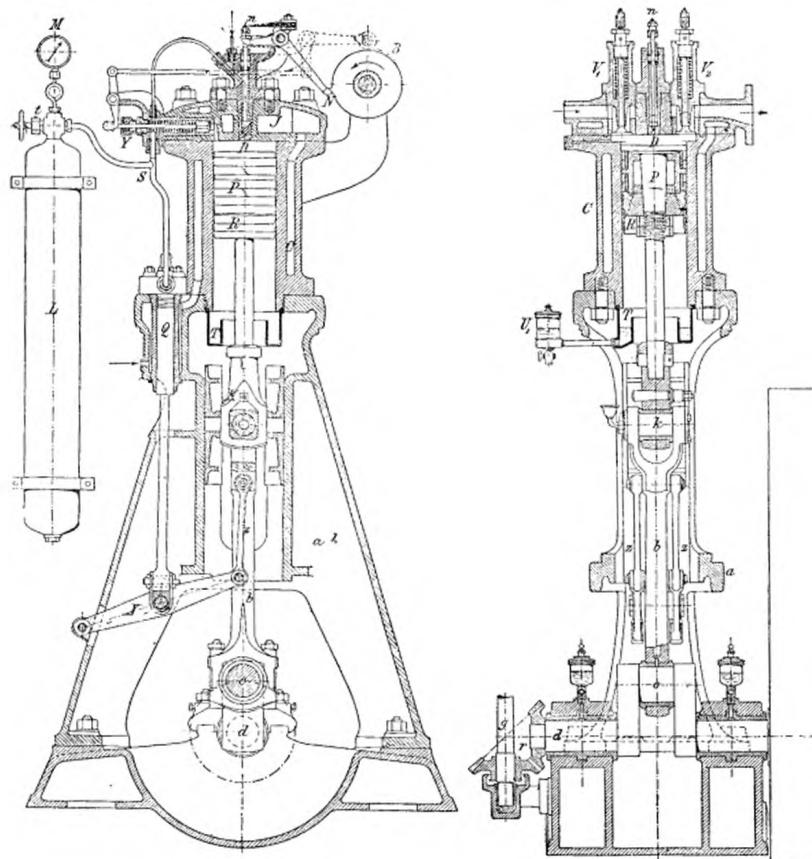


Fig. 34. — Coupes du moteur Diesel.

duellement, comme on le cherche, et comme l'obtenaient Brayton et Gardie.

Le réglage de l'injection de pétrole joue évidemment un grand rôle dans le fonctionnement et le rendement du moteur. La température de 600 à 800° développée par la compression à 40 atmosphères de l'air dans le cylindre moteur est de nature à donner une combustion spontanée, complète et parfaite du carbure qu'on y introduit, à condition que

cette introduction s'opère dans les conditions requises. Ce résultat paraît acquis dans les moteurs Diesel, et c'est peut-être ce qu'il faut le plus louer dans le système. Il semble que les gaz se prêtent moins bien

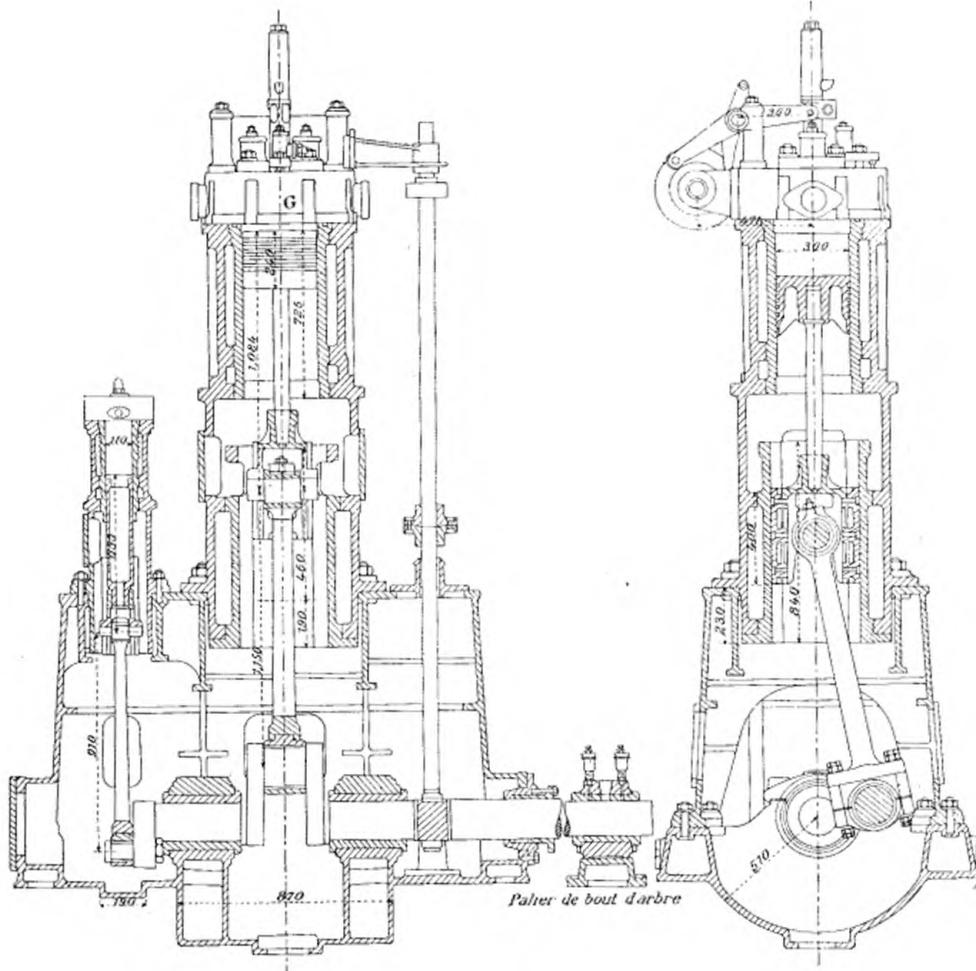


Fig. 55. — Moteur Diesel de la *Société Française*.

à cette opération, et sur ce point nous trouvons un aveu significatif dans le savant et intéressant mémoire que l'inventeur a lu au Congrès de Mécanique appliquée<sup>(1)</sup>. « Le gaz d'éclairage, disait-il, s'enflamme et brûle en général très facilement sous les pressions élevées qu'on réalise dans cette machine, surtout lorsqu'il contient, comme presque toujours, une

(1) Congrès International de Mécanique appliquée ; tome I, p. 487-509. Ce remarquable travail du savant ingénieur renferme un exposé complet de ses idées et nous prions nos lecteurs de s'y reporter.

petite quantité d'hydrocarbures lourds ; les gaz au contraire qui n'en contiennent pas, brûlent irrégulièrement ; ils ratent quelquefois brusquement au milieu d'une marche parfaite. Il est d'ailleurs facile d'y remédier en carburant le gaz de préférence avec une toute petite quantité de pétrole ordinaire, que l'on mélange au gaz avant l'insufflation, ce qui assure un fonctionnement parfait en toutes circonstances. » Cette carburation sera un obstacle en pratique et sa nécessité, même pour le gaz

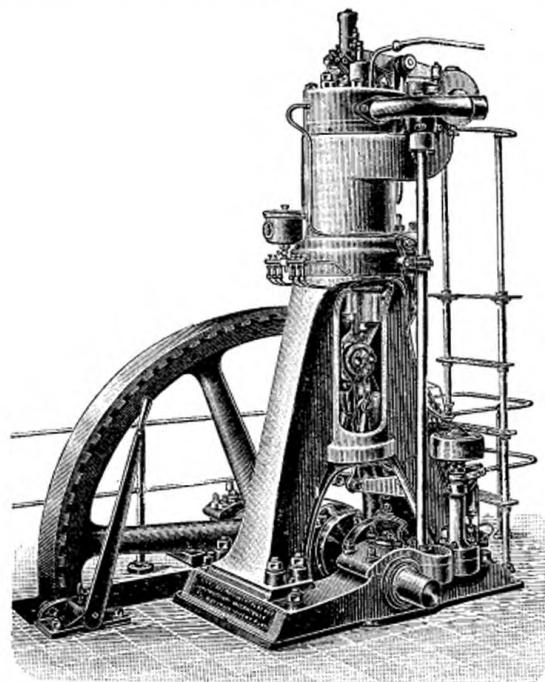


Fig. 36. — Moteur Diesel de la Société des Constructions Mécaniques.

d'éclairage, fait craindre que l'emploi des gaz pauvres ne soit pas possible.

Si l'on a échoué sur ce point, il faut reconnaître que le moteur Diesel marche bien avec tous les genres de pétrole, depuis la benzine de densité égale à 0,79 jusqu'aux produits lourds de la distillation marquant 0,85 au densimètre. M. Denton de New-York a même pu employer des résidus visqueux de 0,88 et les *masuts* russes de 0,905. Tous ces carbures brûlent parfaitement, n'encaissent pas le cylindre et donnent un rendement inespéré. C'est le triomphe du mode de combustion Diesel.

Voici des résultats d'essais communiqués au Congrès de Mécanique appliquée.

*Moteur d'Augsbourg.*

Diamètre du cylindre moteur . . . . .	301 mm
Course du piston . . . . .	0 <sup>m</sup> .460
Diamètre du cylindre de la pompe à air . . .	110 mm
Course du piston . . . . .	0 <sup>m</sup> .230

*Travail au naphte brut de Russie.*

Travail effectif en chevaux . . . . .	39, 2	30, 3	23, 6	13, 8	6, 9
Nombre de tours par minute . . . . .	174, 5	180, 2	180, 5	184, 7	184, 4
Pression moyenne au diagramme . . . . .	6, 2	4, 66	3, 60	2, 05	1, 03
Travail indiqué en chevaux. . . . .	58, 2	50, 2	42, 0	32, 3	23, 3
id. id. de la pompe. . . . .	3, 27	3, 85	3, 38	3, 17	2, 86
Rendement organique . . . . .	0, 714	0, 656	0, 611	0, 473	0, 308
Consommation de pétrole par cheval-heure effectif en grammes . . . . .	225	227	229	297	149

Ce naphte avait un pouvoir d'environ 10 000 calories par kilogramme. Le minimum de consommation a été de 223<sup>gr</sup>,3 pour une puissance effective de 33 chevaux ; ce chiffre est très remarquable et n'a certainement point encore été atteint par aucun moteur à pétrole. M. Unwin avait essayé au concours de Plimouth un moteur Priestmann de 7 chevaux qui avait consommé 385 grammes de pétrole Daylight et 428 grammes de Russolène par cheval-vapeur effectif. A Hanovre, M. Meyer a constaté, pour un moteur de 12 chevaux, une dépense de 373 grammes de pétrole à 10 200 calories (vapeur d'eau non condensée). Au concours de Meaux, un Niel de 6 chevaux exigea 307 grammes et un Merlin, 347 grammes de 11 040 calories (à la bombe Mahler) par cheval-heure effectif. Un essai fait, dans les ateliers de la Compagnie du moteur Niel, dans ses ateliers d'Evreux, a même conduit, nous a-t-on dit, à constater une consommation de 280 grammes. Moi-même, opérant sur un moteur Millot, ai trouvé une dépense de 339 grammes de pétrole Ori-flamme, marquant 0,81, d'un pouvoir de 11 038 calories (vapeur d'eau non condensée). Le chiffre de 223 grammes n'avait donc jamais été relevé avant l'apparition du moteur Diesel.

Malgré tous les soins apportés à la construction et à l'agencement des moteurs, le rendement organique reste faible et on l'estime à 0,73 : il faut en tenir compte dans l'appréciation du rendement effectif de ces machines, dont il ne faudrait pas rapporter la consommation au cheval-heure indiqué, si l'on veut s'épargner des mécomptes.

M. Dyckhoff de Bar-le-Duc a créé un système réversible à trois cylindres, qui paraît appelé à étendre les applications du moteur Diesel, et

qui pourra rendre de grands services dans la marine. Cette machine développe 15 chevaux par 800 tours. Elle n'est pas encore entrée dans le domaine pratique ; nous nous contenterons donc de la signaler, en insistant toutefois sur l'ingéniosité de ses dispositifs.

M. Dyckhoff a bien voulu nous fournir les indications suivantes sur ses machines. Outre les modèles connus et devenus classiques d'Augsbourg, il construit un type spécial avec mouvement non apparent des bielles, dans lequel la commande de la pompe à air se fait par bielle et manivelle, au lieu de l'être par balancier et biellettes : ce modèle a été exécuté en 4, 8, 15 et 30 chevaux. Ses moteurs de 8 chevaux sont en service à Sainte-Hélène, à Tantonville, à Fanis, à Vaucouleurs, à Savigny, etc. Ils ont pu marcher aux huiles lourdes de schiste à 0,89, coûtant 17 à 18 francs les 100 kg., rendus dans la Meuse, fûts perdus ; la consommation aux essais a été de 245 grammes au maximum. Un moteur de 20 chevaux actionne depuis trois ans les ateliers de Longeville dans des conditions parfaites de régularité et de fonctionnement ; le piston a marché 17 mois sans sortir de son cylindre et les cercles étaient au bout de ce temps en bon état, ce qui est digne d'être noté vu les pressions élevées développées dans ces moteurs. Ces résultats sont à l'honneur du constructeur qui les a obtenus.

Les moteurs de la Compagnie française ont aussi été remarqués à juste titre pour le fini et la perfection de leur construction, la fig. 56 représente cette belle machine.

#### *Moteur Banki*

Ce moteur, exposé à Vincennes par la maison Ganz de Budapest, semblait avoir été disposé non loin du moteur Diesel comme un compétiteur ; et par le fait, aussi bien que par les conclusions de la théorie, on peut croire qu'en effet cette machine puisse entrer en concurrence avec son glorieux rival.

Et d'abord, on annonce pour des moteurs de 25 chevaux des consommations de 242 grammes et de 221 grammes de pétrole, constatées par M. Meyer et Jonas : M. Diesel ne détiendrait donc plus le record à deux grammes près.

Au point de vue théorique, M. Banki est le disciple de M. Diesel, et il a commencé à analyser à fond les idées du maître, avant de créer à son tour. Ayant compris l'importance des hautes compressions, il a cherché

(1) Voir dans le *Génie Civil*, du 19 août 1899, le travail de M. Banki sur le *Moteur Diesel et les Moteurs thermiques*.

à les réaliser : or, quel était l'obstacle à surmonter ? Il fallait empêcher les allumages prématurés, qui se produisent fatalement dans les moteurs à quatre temps, lorsque la compression préalable dépasse 8 à 9 kg. ; pour cela, il suffisait d'injecter de l'eau dans le mélange. M. Banki estima qu'il obtiendrait ainsi le même résultat que M. Diesel avait réalisé en effectuant la compression séparée du combustible et du comburant. Il y a réussi, puisqu'il comprime sans encombre à plus de 15 kg.

Le moteur Banki est donc un moteur à explosion, à haute compression, fonctionnant à quatre temps, avec injection d'eau dans le cylindre durant la compression.

Le procédé est ancien ; il porte le nom de Hugon (<sup>1</sup>) ; Simon de Nottingham l'appliqua ensuite avec succès. Beaucoup d'inventeurs, parmi lesquels nous citerons MM. Fortoul et Théryc, sont revenus dans la suite sur l'idée : mais il était réservé à M. Banki de la mener à bonne fin.

Je possède peu de données sur le moteur exposé à Vincennes, mais je peux rappeler toutefois ce que l'auteur écrivait en 1899, dans l'article précédent du *Génie Civil*.

« Voici, disait-il, un appareil que nous avons fait breveter en vue de pulvériser de l'eau dans le cylindre du moteur à pétrole ; A est un pulvérisateur qui étale en gerbe le liquide combustible ; A', est un autre pulvérisateur à eau ; D, est une valve à papillon permettant de régler à volonté l'appel de l'air. On humecte ainsi le mélange tonnant et l'expérience nous a prouvé que l'on réussit de la sorte à supprimer les allumages intempestifs dans les moteurs à pétrole à haute compression. Un moteur de 20 chevaux vient d'être exécuté par la Société Ganz et Cie, d'après ces principes. Il est à quatre temps au pétrole. L'allumage se fait par un tube maintenu à l'état d'incandescence par le moteur lui-même. Le mélange de pétrole, d'air et d'eau pulvérisée est comprimé tout d'abord à 13 atmosphères ; la chaleur de compression provoque l'évaporation de l'eau. A partir du moment de l'allumage, la combustion se fait bien uniformément et produit de la vapeur surchauffée, à 30 atmosphères, dont la détente fournit d'une manière économique le travail mécanique utilisable. Ce moteur est donc une véritable machine à vapeur d'eau surchauffée dont le cylindre est en même temps la chaudière. Il peut utiliser des combustibles liquides, gazeux ou même solides, sous forme de poussières. Les résultats qui ont été obtenus avec ce premier moteur nous paraissent des plus concluants. Le démarrage se fait instantanément, le

(1) Voir *Traité des moteurs à gaz*, tome I, 3<sup>e</sup> édition, p. 23.

fonctionnement est très régulier, sans aucune secousse, et le rendement au frein est très élevé. En effet le cheval-heure au frein correspond en pleine charge, à une consommation de pétrole de 230 grammes environ.

« Voici d'ailleurs une série d'expériences faites avec notre moteur de 20 chevaux, le 29 juillet 1899, comparées avec celles publiées par le professeur Schröter sur un moteur Diesel de mêmes dimensions (250 mm de diamètre, 0<sup>m</sup>,400 de course).

Puissance en chevaux effectifs	Consommation de pétrole par cheval-heure effectif	
	Moteur Diesel	Moteur Banki
à vide . . . . .	1 880 gr.	909 gr.
7,30 ch <sup>s</sup> . . . . .	—	293
12,75 — — — — —	276	248
20 — — — — —	247	—
23,50 — — — — —	—	230

M. Banki prétend qu'il a même pu abaisser la consommation à 208 grammes.

Nous avons peu de chose à ajouter à ce qui précède.

Le moteur exposé, d'une puissance de 30 chevaux, était du type pilon ; la soupape d'admission était automatique ; l'eau et le carburé étaient fournis aux pulvérisateurs par des récipients à flotteurs à niveau constant.

La soupape de décharge était commandée par une sorte de balancier, dont une extrémité était actionnée par une tringle d'excentrique, alors que l'autre agissait sur un levier supportant la tige de la valve. Un régulateur, logé dans le volant, soulevait ce levier, quand la vitesse de régime était dépassée, et maintenait ainsi la soupape levée. La régulation s'effectuait donc en laissant ouverte la soupape d'échappement.

Ce moteur était alimenté de benzine.

Ce que nous venons d'en rapporter attirera de nouveau l'attention des ingénieurs sur les avantages que peut procurer la pulvérisation de l'eau dans les cylindres moteurs.

Cette réfrigération *ab intus* est plus rationnelle que celle qui se fait par une circulation d'eau dans l'enveloppe, puisque la vapeur d'eau formée ajoute son action à celle du mélange tonnant et se trouve ainsi utilisée. Simon n'avait pas su appliquer le principe ; celui-ci était bon quand même. Il fallait savoir le mettre en pratique ; c'est le grand mérite de M. Banki.

## GAZOGÈNES

Sans gazogènes, le moteur à gaz n'aurait pas pris pied dans la grande industrie : c'est dire la part importante qui revient aux Dowson, aux Lencauchez, aux Fichet, aux Pierson, aux Bénier, et autres dans l'essor qu'a pris le moteur à gaz ; c'est grâce aux longs essais qu'ils ont faits et aux résultats qu'ils ont obtenus que l'on a pu tenter avec succès cette merveilleuse utilisation directe des gaz des hauts fourneaux.

L'Exposition de 1900 n'a pas donné une juste idée des progrès réalisés par le groupement des moteurs et des gazogènes ; l'annexe de Vincennes était un théâtre trop modeste et trop étroit. Nous aurions voulu y voir les grandes installations que savent faire MM. Dowson, Lencauchez, Fichet et Heurtey, la Société de Deutz, MM. Pierson, Mond, Kitson, Twaite, Benier, Tangye, etc. Les principaux constructeurs ne se sont pas présentés (<sup>1</sup>), ou bien ils n'ont fait voir au public que de petites installations, fort intéressantes assurément, mais bien rudimentaires et trop restreintes. Ainsi que je l'ai dit plus haut, c'est au Champ-de-Mars que l'administration aurait dû mettre en service une puissante batterie de gazogènes, concourant avec les chaudières à vapeur et dans les mêmes conditions qu'elles à la production de la puissance motrice : voilà la place qui convenait aux gazogènes et le rôle qu'ils devaient remplir.

L'Exposition de l'annexe de Vincennes a surtout mis en lumière certaines dispositions particulières de gazogènes, à aspiration ou à haute pression, ou bien à combustibles spéciaux, qui se prêtent remarquablement aux petites installations et qui présentaient à cet égard un intérêt tout particulier pour la majorité des visiteurs d'une Exposition.

Pour la plupart d'entre eux, le gazogène paraissait une chose inconnue et absolument nouvelle, et cette exhibition, toute réduite qu'elle fût, a été une initiation du public, dont on peut espérer les meilleurs et plus fructueux résultats.

### *Gazogène Lencauchez*

M. A. Lencauchez est un des plus anciens, des plus habiles et des plus ardents promoteurs des gazogènes ; le gazogène Buire-Lencauchez, qu'il avait créé en 1887 avec le concours des chantiers de la Buire, avait déjà été exposé en 1889 et j'ai décrit et loué déjà dans mon *Traité des Moteurs à gaz* les installations nombreuses qu'il avait faites et les heureux résultats qu'il avait obtenus (<sup>2</sup>).

(1) Le gaz à l'eau n'a été représenté par aucun appareil, les appareils Delwick et Strache eussent offert un grand intérêt de comparaison.

(2) Cf : tome II, p. 68.

M. Lencauchez avait exposé à Vincennes, en collaboration avec son fils, un nouvel appareil à aspiration, qui alimentait un moteur Otto, et dans lequel il a fait preuve de la parfaite connaissance qu'il possède de ces générateurs de gaz. Son premier souci a été d'utiliser les chaleurs perdues des moteurs, en chauffant le vent par la décharge, et en utilisant l'eau chaude de l'enveloppe du cylindre : cette eau découle sur une série de tablettes superposées à déversoir, logées dans une

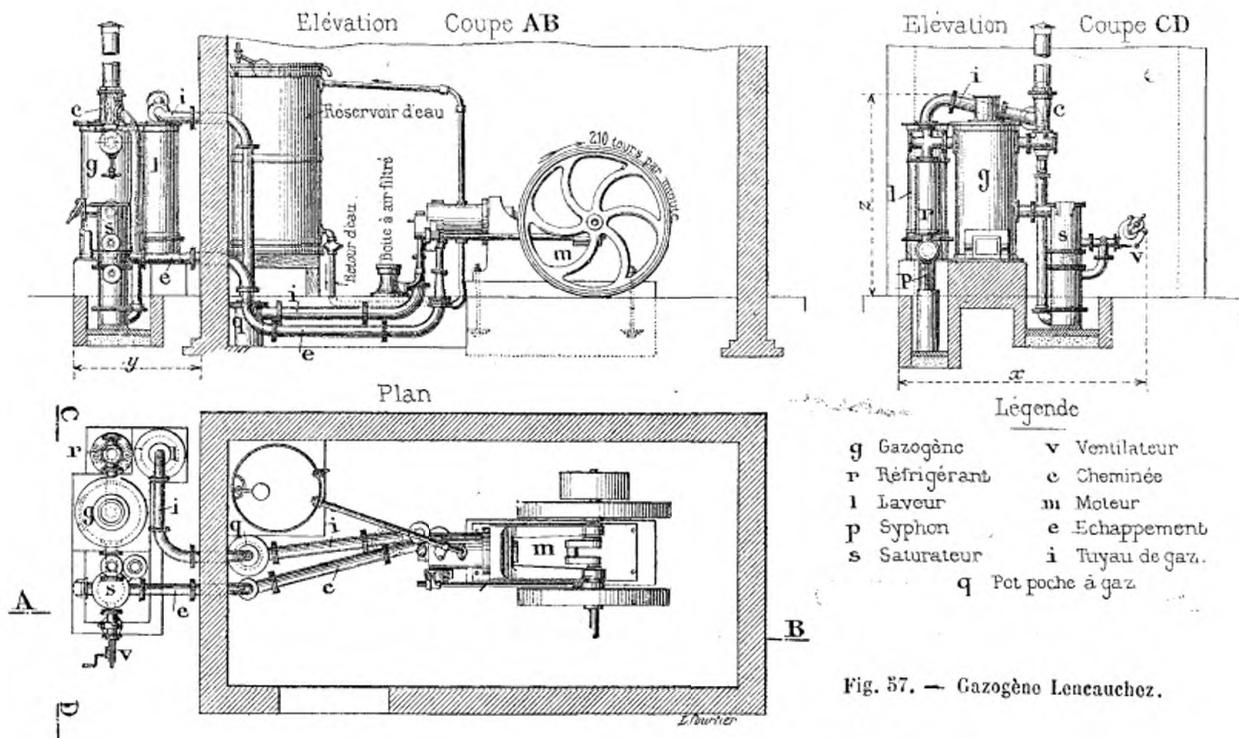


Fig. 57. — Gazogène Lencauchez.

chambre de saturation que traverse l'air appelé par le moteur à travers la cuve du gazogène.

Celle-ci a une forme cylindro-conique, qui se prête bien à la descente du carbone incandescent; une grille à barreaux espacés ferme le fond. Elle est traversée par le courant d'air chaud saturé de vapeur d'eau.

La trémie de chargement a la forme ordinaire ; mais, comme la prise de gaz est centrale et qu'elle s'effectue par le milieu de la cuve, les premiers produits de la distillation du charbon frais se mêlent forcément au gaz livré par l'appareil.

Le gaz traverse un laveur et une colonne à coke à deux étages, dont la partie inférieure renferme du grésillon arrosé continûment ; le haut est garni de grésillon sec.

Pour la mise en train du gazogène, un ventilateur à main est nécessaire ; une cheminée évacue la fumée durant la période d'allumage. Quand le gaz est assez riche, on le dirige vers le moteur, en tournant un robinet à trois voies.

On reconnaît dans cet ensemble le type à aspiration créé par M. Bénier, qui a le grand avantage de dispenser de l'emploi d'un gazomètre, mais qui exige des charbons de bonne qualité, soigneusement criblés.

MM. Lencauchez ont apporté à ce genre d'appareil la haute autorité de leur nom et il l'ont muni de dispositifs ingénieux et variés, que leur a suggérés une longue expérience des générateurs de gaz pauvre.

### Gazogène Gardie

Gardie avait créé un ensemble constitué par un gazogène sous pression et un moteur à combustion, qui aurait pu prendre place à côté des meilleurs ; je l'ai décrit dans le Tome II de mon *Traité des Moteurs à gaz*, et j'ai reproduit le beau diagramme que j'avais relevé sur cette machine, semblable à celui d'une excellente machine à vapeur Corliss. Par un enchainement de circonstances qu'il pourrait être intéressant de raconter, le gazogène seul a fait son chemin et il se présentait à Vincennes alimentant ces moteurs à quatre temps que Gardie voulait supplanter.

Le particularité de ce gazogène est d'être soufflé à 5 ou 6 kg. de pression ; on obtient ainsi d'une part une puissance de débit remarquable ; d'autre part, les gaz sont dépouvus de goudrons et de matières ammoniacales, vu l'allure très chaude du foyer, et les cendres forment des laitiers fusibles, qu'on fait couler par un trou d'évacuation pratiqué à la partie inférieure. Pour nettoyer les gaz, il suffit de les faire circuler dans une chambre à circuit hélicoïdaux où ils subissent un ralentissement dans leur marche, qui leur permet de déposer les poussières qu'ils ont pu entraîner.

L'air comprimé débouche dans la cuve du gazogène, après avoir traversé un réservoir distributeur et régulateur ; il est servi par une tuyère d'acier, qu'on voit à la partie inférieure de la coupe ci-contre de l'appareil. Un clapet empêche le retour du gaz formé vers le réservoir d'air. L'air est humecté par un pulvérisateur d'eau, dont on règle l'injection par une manette à aiguille.

Les conditions même du fonctionnement du gazogène obligent de lui donner une résistance et une étanchéité plus grandes ; il est constitué par une chemise cylindrique en tôle d'acier en deux tronçons qui sont réunis par des brides boulonnées ; les gonds supérieur et inférieur,

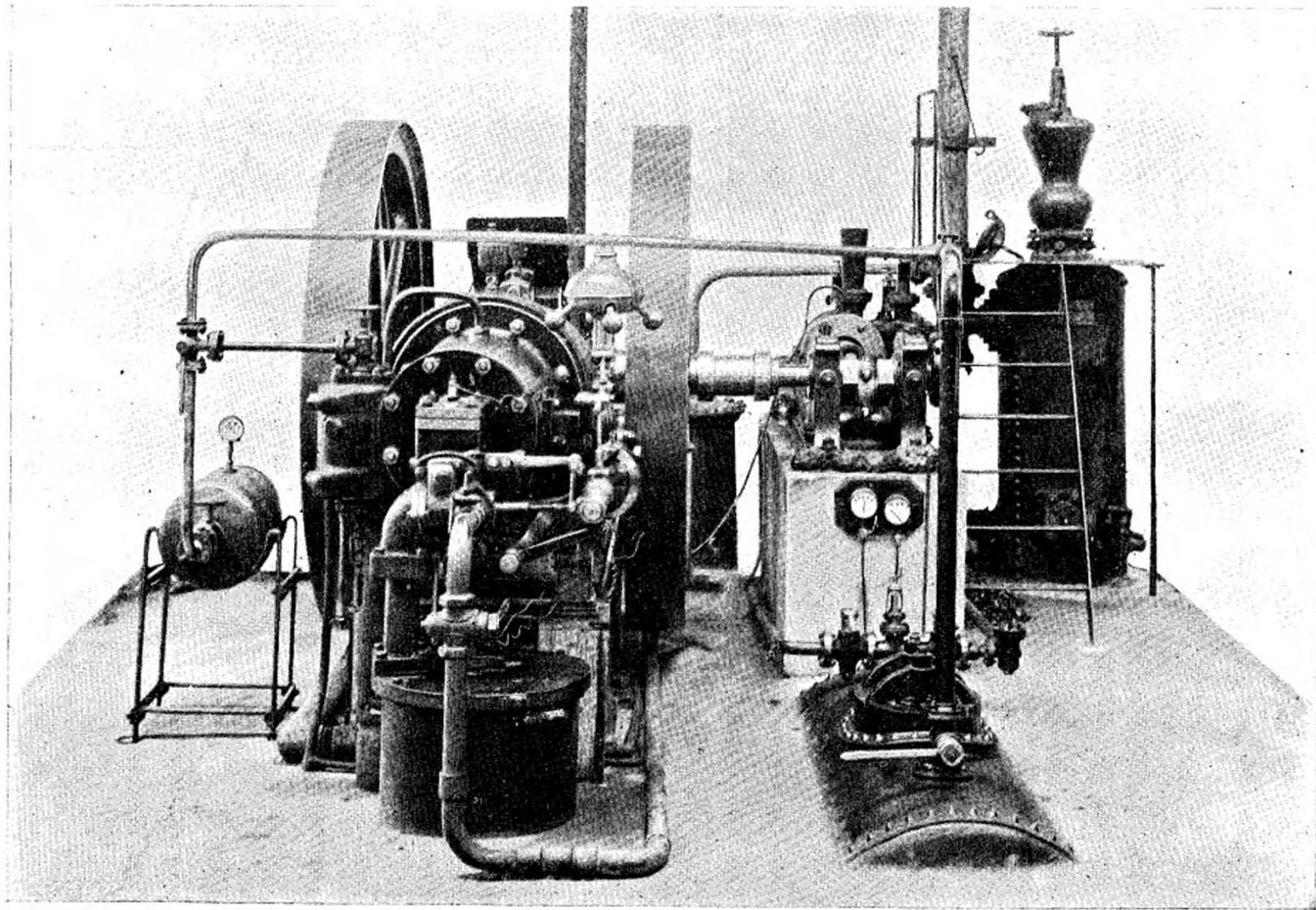


Fig. 58. — Moteur Charon et gazogène Gardie.

également faits en tôle d'acier, sont rivés au corps cylindrique.

Le revêtement intérieur de la cuve est constitué par des terres réfractaires moulées, formant une capacité cylindrique terminée au bas par une chambre ovoïde, qui permet la descente facile du charbon incandescent. La trémie de chargement est en fonte ; elle est fermée à sa partie inférieure par un gros robinet ; on l'obture par le haut à l'aide d'un couvercle à vis. La capacité de cette trémie est suffisante pour contenir le combustible nécessaire à deux heures de marche.

Des ouvertures pratiquées dans le revêtement réfractaire facilitent l'enlèvement des escarbilles et du laitier.

Le gazogène Gardie occupe un espace très réduit ; il a d'ailleurs le précieux avantage de ne pas exiger de gazomètre. On l'a appliqué à l'alimentation de moteurs à quatre temps ; l'accouplement est hybride, étant donné que ces moteurs n'ont pas besoin de gaz comprimé, puisque cette fonction, s'effectue dans leur cylindre ; malgré cela il paraît qu'on a obtenu de bons résultats à tous égards, notamment avec des moteurs Charon. Des essais sérieux devraient être faits pour établir rigoureusement la dépense de charbon par cheval-heure effectif : on nous a parlé de 500 grammes par cheval-heure effectif pour une puissance de 50 chevaux. Ce serait remarquable, car nous n'avons jamais eu la bonne fortune d'être appelé à constater une dépense aussi réduite.

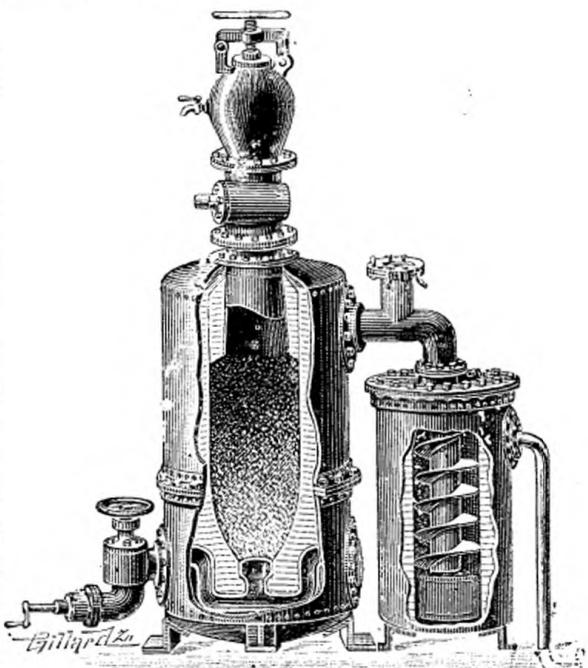


Fig. 59. — Gazogène Gardie.

#### *Gazogène Taylor*

Cet appareil, qui dérive du gazogène Bénier, est, comme celui-ci, à aspiration directe par le moteur ; les gaz combustibles appelés par le piston traversent une petite chaudière tubulaire, qui fournit la vapeur d'eau nécessaire aux réactions, remontent dans un laveur à coke et redescendent dans une chambre de détente de dimensions très réduites,

où ils se dépouillent des poussières qu'ils ont pu entraîner jusque là. L'installation ne comporte pas de gazomètre.

Le dessin de la fig. 59 montre la cuve du gazogène et le vaporisateur. La trémie de chargement se voit en A; elle est fermée à la partie supérieure par un bouchon étanche et à la partie inférieure par un tiroir obturateur, qu'on manœuvre par le levier a. Le charbon tombe dans un cône, entouré par les gaz chauds, dans lequel il s'échauffe et subit un commencement de distillation : il glisse ensuite graduellement dans le corps cylindrique D, où se font les réductions. La grille est supprimée et le combustible s'appuie par un talus sur une plaque de fond : ce dispositif, très simple, assurément, a le défaut de donner lieu quelquefois à des pertes de combustible. Deux portes permettent de piquer le feu et de retirer les cendres et les escarbilles formées dans le courant de la journée.

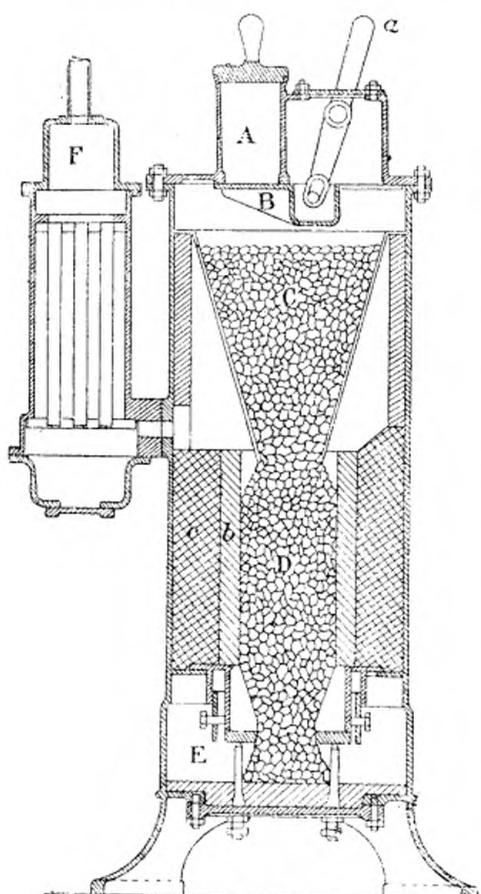


Fig. 60.—Gazogène Taylor.

Le corps cylindrique est revêtu de plaques réfractaires moulées b, entourées d'un remplissage c de terre fortement tassée : cette protection est très efficace.

Le vaporisateur F est accolé à la cuve ; la vapeur formée est amenée, au foyer par un tuyau que parcourt aussi l'air aspiré : le mélange est

donc parfaitement assuré. Il reste à trouver un dispositif permettant de faire varier à volonté la quantité de vapeur à fournir suivant l'allure du feu et les besoins de la consommation.

L'allumage du gazogène exige l'adjonction d'un petit ventilateur, qu'on fait fonctionner à la main en attendant que l'on puisse mettre le moteur en marche ; les gaz brûlés s'échappent alors directement sur le toit par un tuyau vertical faisant l'office de cheminée, qu'on ferme aussitôt que le moteur est en route. En garnissant convenablement le foyer de copeaux de bois sec et de charbon, on arrive à effectuer la mise de feu en un quart d'heure environ.

Ce gazogène marche très bien avec du bon anthracite criblé, qu'il faut prendre à la pelle à grille pour ne pas ramasser les poussières et les menus, qui pourraient encombrer le foyer.

Le gazogène Taylor a été appliqué à l'alimentation de moteurs Charon, Otto et Niel, avec un réel succès, ainsi qu'en témoignent des procès-verbaux d'essais publiés par les constructeurs et qui ont été mis sous nos yeux. Ces essais sont un peu courts pour permettre de déterminer exactement la consommation de combustible, que MM. Taylor et C<sup>ie</sup> estiment à 500 grammes par cheval-heure effectif : c'est un chiffre très bas, qu'il serait intéressant de fixer par une longue expérience et par des essais très rigoureux.

#### *Gazogène Riché*

Cet appareil, qui permet d'utiliser les déchets de bois pour la production de gaz combustibles destinés à l'alimentation des moteurs,

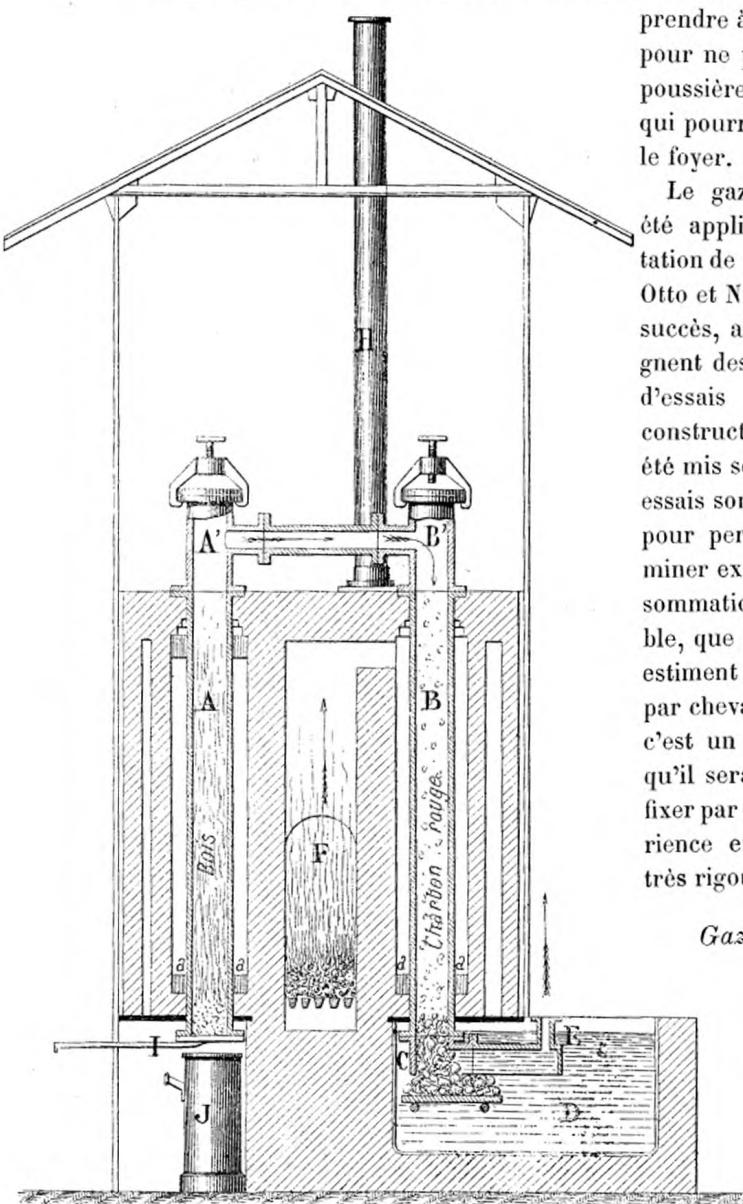


Fig. 61. — Gazogène Riché.

était exposé à l'annexe de Vincennes ; il desservait, par deux cornues,

trois moteurs de 3 chevaux, un four à moufle et divers appareils d'éclairage et de chauffage.

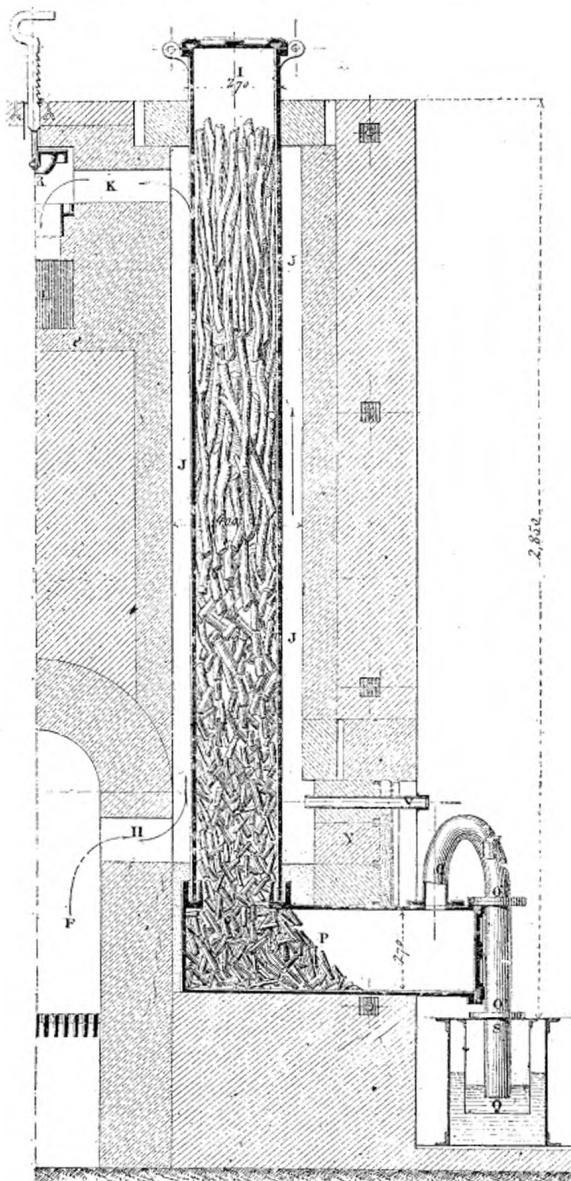


Fig. 62. — Nouveau gazogène Riché.

Dans le premier cas, les produits de la distillation du bois chargé par

Du bois est introduit par la partie supérieure d'une cornue cylindrique verticale en fonte, chauffée par un foyer spécial; ce bois distille, se carbonise et descend progressivement en produisant une braise incandescente, au contact de laquelle la vapeur d'eau, les carbures et les goudrons se dissoient en donnant un gaz qui renferme environ 28 volumes d'oxyde de carbone, 42 d'hydrogène, 10 de carbure gazeux, 20 d'acide carbonique, d'oxygène, d'azote, etc., dont le pouvoir dépasse 3000 calories par mètre cube. C'est donc un gaz relativement riche, qui ne renferme que des traces d'azote, et se rapproche davantage du gaz à l'eau que du gaz mixte de gazogène.

Les cornues sont simples, comme l'indique la fig. 62, ou doubles, ainsi qu'elles sont représentées sur la figure 61.

le haut ne rencontrent que la braise qui a pu se former dans la cornue même, tandis que le second système leur fait traverser une longue colonne incandescente formée au cours d'une opération précédente dans la cornue jumelle, annexée à la première. Ce dispositif me paraît préférable; notons d'ailleurs qu'on peut disposer autour du foyer central plusieurs couples de cornues. M. Riché a installé des gazogènes à six cornues aux ateliers du chemin de fer de l'Ouest, à Levallois, et à la cartoucherie nationale de Vincennes.

Les gaz produits sortent par une ouverture placée au pied de la cornue et traversent un barillet avant de se rendre au gazomètre : on décharge par le bas le charbon de bois qui constitue le sous-produit de l'opération.

Voici les résultats annoncés par la Compagnie des gazogènes Riché : 1 400 grammes de déchets de bois distillés par la combustion de 560 grammes de houille de qualité moyenne peuvent fournir un mètre cube d'un gaz épuré, dont le pouvoir minimum est de 3 000 calories, et il reste 260 grammes de beau charbon de bois, bien entier et de bonne fabrication. Les 560 grammes de houille peuvent être remplacés par 1 400 grammes de déchets de bois : le cheval-heure effectif correspond donc à une dépense d'environ 2 kg. de déchets de bois, donnant 260 grammes de charbon de bois. Dans les pays boisés, où le bois est commun et peu cher (c'est le cas des colonies et de certains ports de mer), l'opération est fructueuse, car le charbon de bois trouve toujours acheteur.

A Paris même, la Compagnie des émeris fait 100 chevaux par des moteurs Otto, servis de gaz au bois; aux glaceries de Saint-Gobain, deux moteurs Letombe de 50 chevaux, sont alimentés de même, par un gazogène à douze cornues; aux stations d'électricité de Pierrelatte (Drôme) et de Champagnolle (Jura) des moteurs Tangye sont adjoints de même à des appareils Riché.

Avec une dépense de premier établissement de 10 000 à 15 000 francs, selon le pays, on peut monter une usine capable de fournir 1 000 m<sup>3</sup> de gaz par jour et de produire 60 chevaux effectifs.

#### *Gazogène Letombe.*

Ce gazogène, qui appartient au genre Buire-Lencauchez, est, comme celui-ci, soufflé par un ventilateur, et il revendique de ce chef certains avantages sur les gazogènes soufflés à la vapeur, qui exigent une chaudière spéciale et donnent parfois des difficultés de conduite,

quand ils ne sont pas installés d'après les meilleures règles de l'art.

Le vent soufflé entre dans le gazogène par le haut, en *a* (fig. 64) et il circule dans un serpentin qui s'enroule autour de la cuve *f*, formée

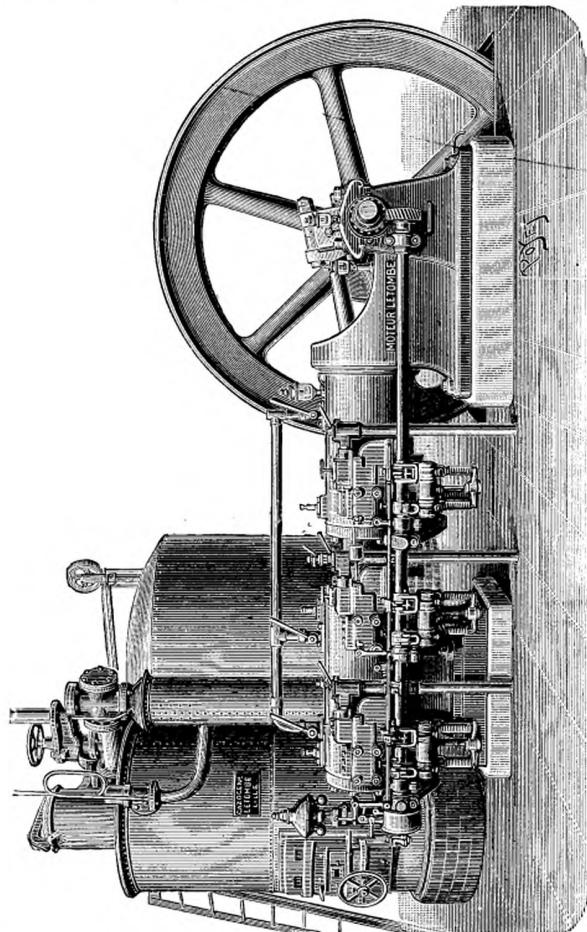


Fig. 63. — Gazogène Lelombo.

par une garniture de briques réfractaires. Ce serpentin est noyé dans une couche de sable tassée entre la garniture réfractaire et la chemise de tôle extérieure.

Un filet d'eau, débité par *b*, et réglable à volonté, coule dans la partie supérieure du serpentin et fournit la vapeur nécessaire aux réactions.

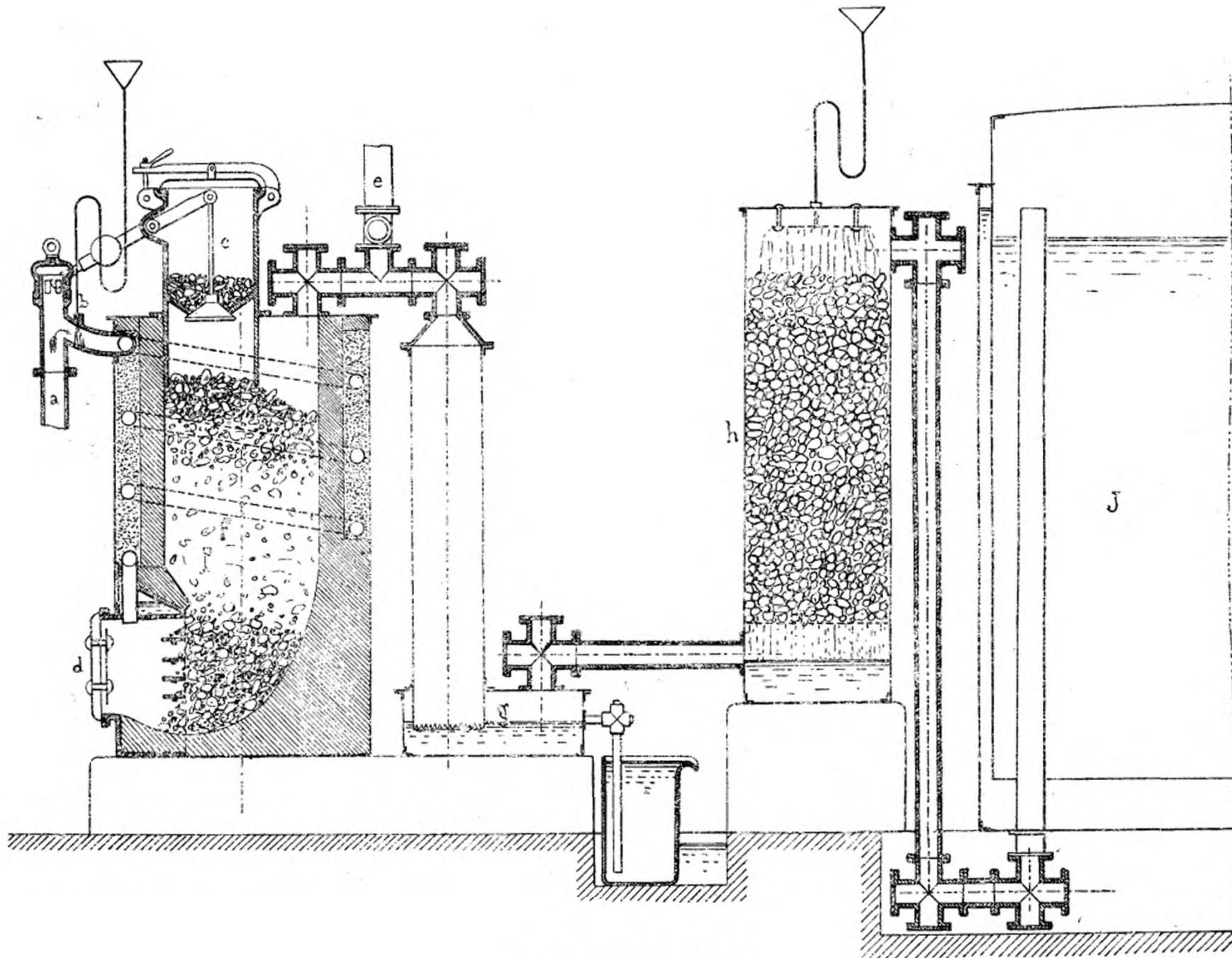


Fig. 64. — Gazogène Letombe.

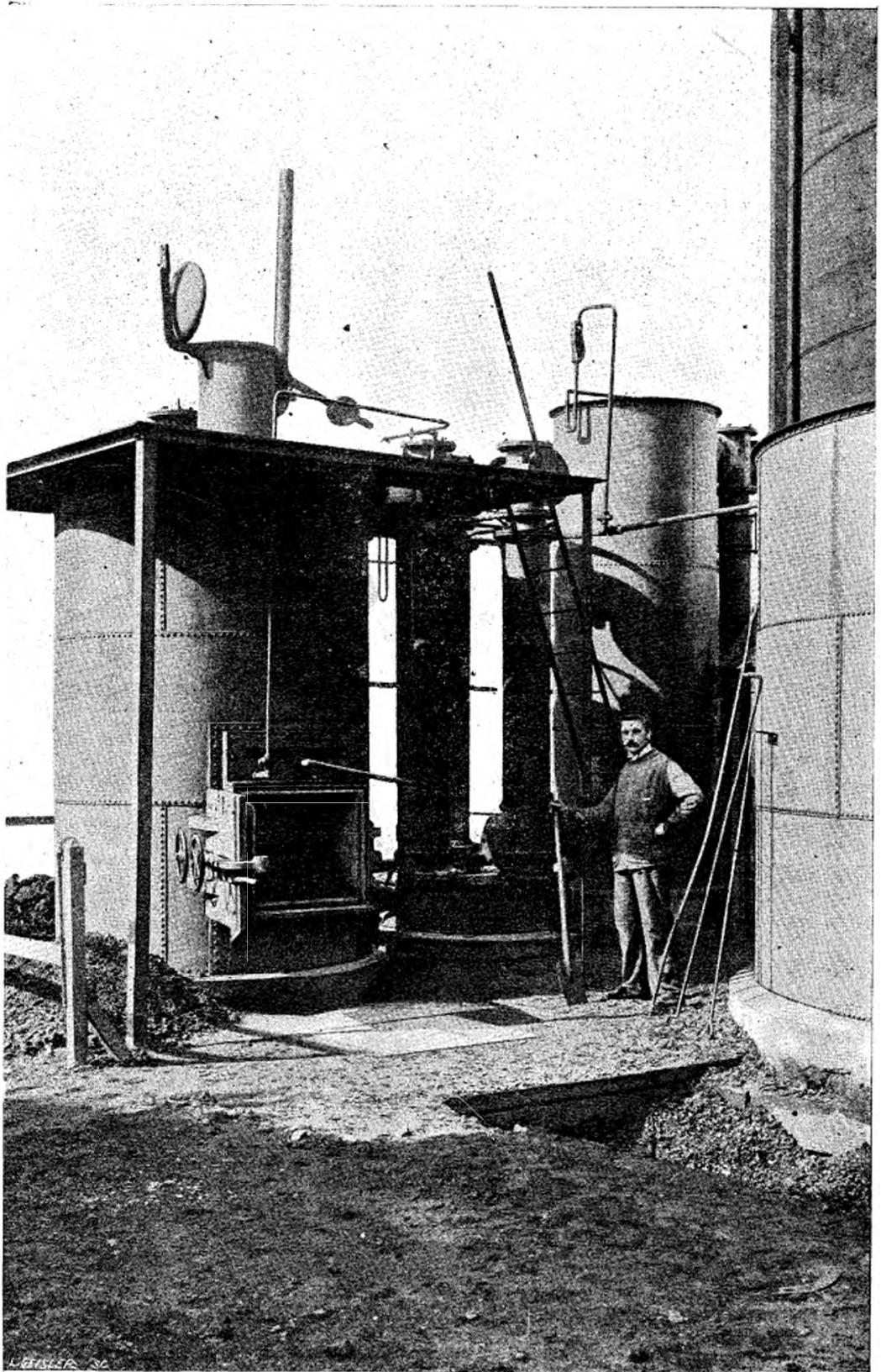


Fig. 65. — Gazogène Letombe.

Cette vapeur est entraînée par le courant d'air et elle se surchauffe dans le serpentin; elle constitue d'ailleurs un mélange très intime avec l'air. Le fait de pouvoir modérer comme on le veut le débit d'eau constitue, pour le gazogène Letombe, un perfectionnement dont la portée est considérable.

La trémie, de forme *cupe and cone*, effectue une bonne répartition du charbon dans la cuve. Celle-ci est cylindrique, mais elle se termine dans le bas par une partie incurvée qui fait glisser le charbon incandescent vers une grille verticale placée sur l'avant. La porte est fermée par la plaque *d*.

Les gaz s'échappent par le haut; *e* est une cheminée d'allumage.

A la suite du gazogène se trouvent les appareils de lavage et d'épuration, constitués par un laveur à barillet *y* et une colonne à coke *h*. Le ventilateur n'est pas figuré sur notre dessin.

M. Letombe a pu employer des charbons de nature diverse, dans les meilleures conditions; la facilité qu'il a de faire varier à volonté et suivant qu'il en est besoin la pression du vent et le débit de vapeur, indépendamment l'un de l'autre, permet de gouverner l'allure du feu et d'éviter les scories fusibles, qui collent et s'agglutinent dans la cuve. Deux gazogènes à grande production ont fonctionné continûment avec du charbon maigre des Alpes, renfermant 55,42 % de carbone fixe et volatil et 44,58 de cendres : ce résultat est remarquable. Les cendres renfermaient 67 de silice, 17 d'alumine, 10 de peroxyde de fer et le reste de chaux, magnésie, etc.; l'analyse a été faite par M. Guénez, chimiste en chef des douanes. Il eut été intéressant de relever la composition et la richesse du gaz produit.

Le jury a reconnu le mérite du gazogène Letombe en lui décernant un grand prix.

#### *Gazogène Duplex.*

Cet appareil se compose d'une cuve à double enveloppe, surmontée d'un récipient en fonte rempli d'eau, faisant l'office de chaudière : l'air, envoyé par un ventilateur, traverse l'enveloppe, s'y réchauffe, passe ensuite dans le récipient au contact de l'eau, s'y sature de vapeur, et descend au foyer en traversant des tubes verticaux en fer placés dans l'axe des conduites qui débiteront les gaz du gazogène. L'utilisation des chaleurs perdues est donc aussi bonne que possible. La chaudière forme le couvercle de la cuve et elle supporte la trémie de chargement, laquelle

reçoit le charbon par un orifice latéral et oscille autour d'une charnière de sa base.

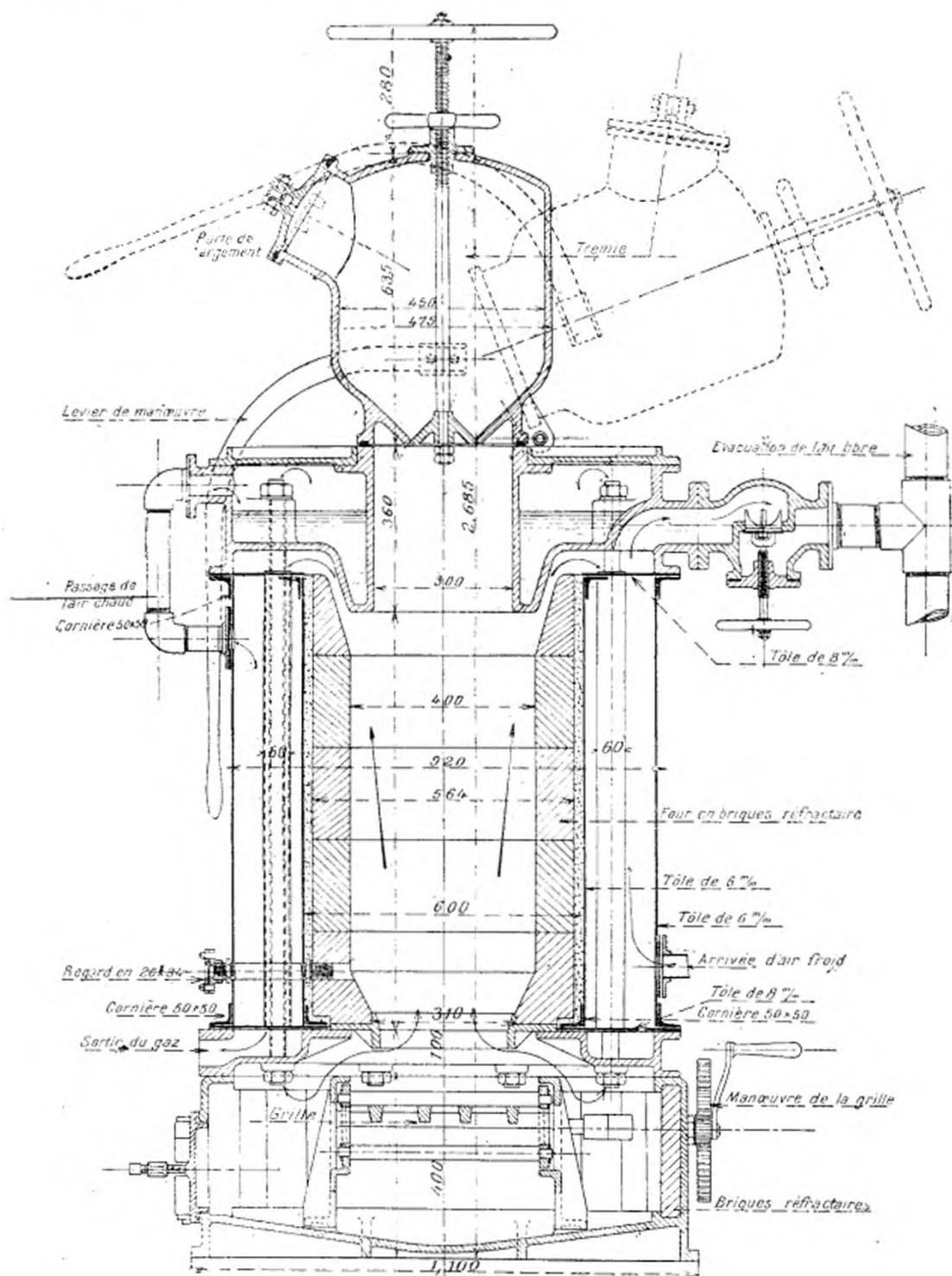


Fig. 66. — Gazogène Duplex.

Les gaz, prélevés à la partie supérieure de la cuve, s'engagent dans les conduites verticales, dont il a été question ci-dessus, et entrent dans

une chambre circulaire, logée dans le socle, d'où ils vont aux appareils de lavage et d'épuration.

Le niveau de l'eau est maintenu constant dans la chaudière, grâce à un flotteur qui ne fournit de liquide qu'au fur et à mesure de son évaporation, en commandant une petite soupape placée à l'extrémité du tuyau d'amenée d'eau.

L'alimentation d'air est sous la dépendance d'un appareil autorégulateur; en effet, dès que la production de gaz dépasse la consommation, un diaphragme agit sur une soupape qui dirige dans l'atmosphère le courant d'air débité par le ventilateur.

Le charbon est soutenu par une grille qu'on peut manœuvrer mécaniquement du dehors, à l'aide d'une manivelle, et qui empêche le collage des scories et mâchesfers. D'ailleurs, la grande quantité de vapeur d'eau amenée par l'air détermine une marche à allure froide, qui est de nature à assurer la conservation des fontes et des terres réfractaires.

Le concept de ce gazogène est rationnel et ses détails sont bien étudiés; mais j'ignore s'il a déjà reçu le baptême du feu. A la suite d'un service très actif et d'une campagne prolongée, il se pourrait que les tubes de fer fussent dans un état peu brillant. Je ferai observer enfin que la tige filetée d'ouverture de la soupape de trémie ne permet qu'une ouverture trop lente; enfin, j'ai peu de confiance dans les grilles mécaniques. Il est vrai que tout cela sera facilement perfectionné, et c'est sans doute déjà fait à l'heure où j'écris ces lignes.

#### *Gazogène Guénot.*

Cet appareil est analogue au précédent, avec lequel il présente néanmoins une différence essentielle en ce qu'il se charge de bois et qu'il fonctionne avec introduction d'eau; c'est donc un véritable gazogène, donnant du gaz à l'eau.

La cornue a la forme d'un U, au fond duquel se trouve le charbon de bois incandescent : elle est chauffée par un foyer, au charbon, dans les carreaux duquel elle est logée; les conditions d'utilisation de la chaleur sont bonnes. Les gaz s'épurent dans un bâillet et sont remisés dans un gazomètre, à la façon habituelle.

#### *Gazogène Warmont*

Je ne sais si le nom de gazogène convient à cet appareil, exposé à Vincennes, où il ne fonctionnait du reste pas, et qui est destiné à pro-

duire un mélange d'air et de gaz chauds et de vapeur d'eau, sous pression, alimentant un turbo-moteur.

Cet appareil se compose :

1<sup>o</sup> D'un brûleur spécial, renfermé dans un foyer hermétiquement clos et alimenté d'air comprimé, sous 1 kg. de pression.

2<sup>o</sup> D'un bouilleur à vapeur tubulaire, disposé dans le foyer même, directement au-dessus du brûleur;

3<sup>o</sup> D'un ajutage convergent dans lequel s'opère le mélange de gaz brûlés, d'air chaud et de vapeur d'eau, lequel agit alors sur le disque d'une turbine genre de Laval.

Le brûleur se compose de quatre cônes en bronze emmanchés les uns dans les autres, entre lesquels passe la vapeur de pétrole, fournie par une sorte d'éolypile, et l'air comburant.

Un obturateur ingénieux permet de régler le débit de la vapeur combustible : un tube de platine incandescent assure la continuité de la combustion. La chaudière est constituée par deux plaques de tôle embouties, distantes de 10 mm, et traversées par des tubes par lesquels passe la flamme du brûleur; un dôme de vapeur surmonte ce petit générateur de vapeur, qui est aisément démontable; une bouteille alimentaire fonctionnant automatiquement garantit le service d'eau du bouilleur pour cinq heures. L'air comprimé nécessaire à la combustion parfaite du pétrole est fourni par une couple de cylindres compresseurs mûs par le moteur lui-même, dont les pistons donnent 700 coups à la minute.

Il eut été intéressant de faire fonctionner cet appareil, pour démontrer d'abord aux incrédules que cela marche, et pour faire constater ensuite aux ingénieurs que ces moteurs mixtes à gaz et vapeur ont le rendement que les inventeurs leur attribuent. M. Warmont estime la dépense par cheval-heure à 27 centilitres de pétrole de densité 0,8.

# LES AUTOMOBILES

PAR

**M. FORESTIER**

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES

---

## **Extrait du Rapport du Jury de la Classe 30 de l'Exposition Universelle de 1900**

---

La caractéristique de la Classe 30, en 1900, a été le développement prodigieux de l'exposition des automobiles de toutes natures.

Si la vélocipédie, en 1889, comptait déjà de nombreux exposants (16 rien que pour la France), en revanche, les voitures à traction mécanique y avaient passé inaperçues.

A lire les rapports officiels, on pourrait même croire qu'elles n'existaient pas.

Ni M. Quenay ni ses collaborateurs n'en disent mot. M. Alfred Picard, dans son magistral travail sur la carrosserie et le matériel des chemins de fer, se borne à rappeler que les essais de traction mécanique sur route remontent au XVIII<sup>e</sup> siècle qui vit les tentatives du Français Cugnot (1769) ; de l'Américain Olivier Evans (1786) ; de l'Anglais Robison (1793) ; et à l'aube du XIX<sup>e</sup> siècle où ils furent repris, sans plus de succès, d'ailleurs, par deux Anglais, Trevithick et Vivian (1801), puis par Watt et Murdoch.

Même dans des mémoires spéciaux, on ne trouve que des passages comme celui-ci : Enfin, je ne puis que signaler les voitures à vapeur de MM. Flamay, Merelle, Millet et Serpollet et les voitures à pétrole de MM. Mors, Panhard et Levassor et celle de M. Roger. »

A l'Exposition de 1900, 192 exposants, dont 23 étrangers, ont envoyé de nombreuses voitures automobiles de tous types.

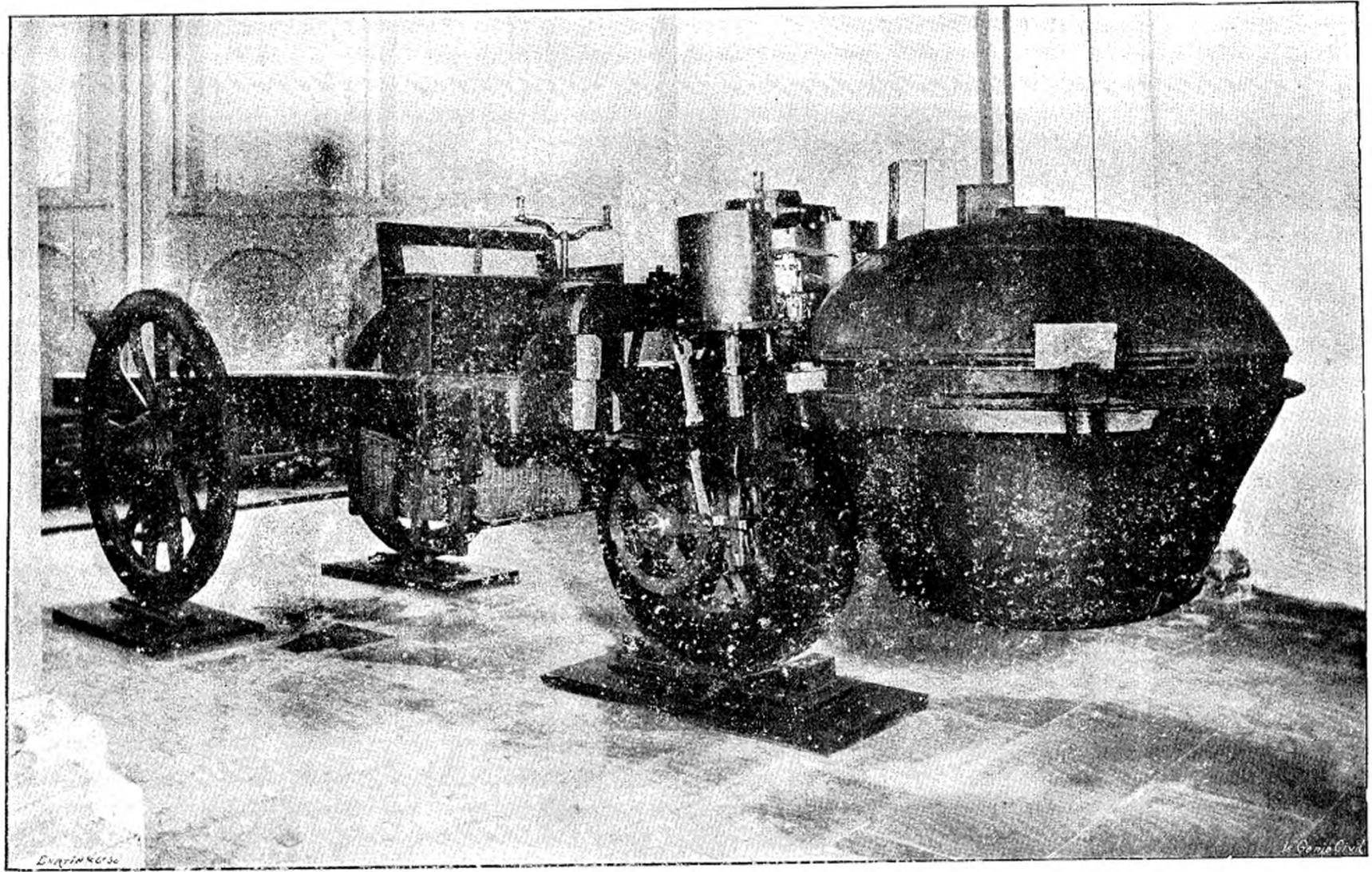


Fig. 4. — Fardier de Cugnot.  
(D'après une photographie du fardier conservé dans la collection du Conservatoire des Arts et Métiers, à Paris).

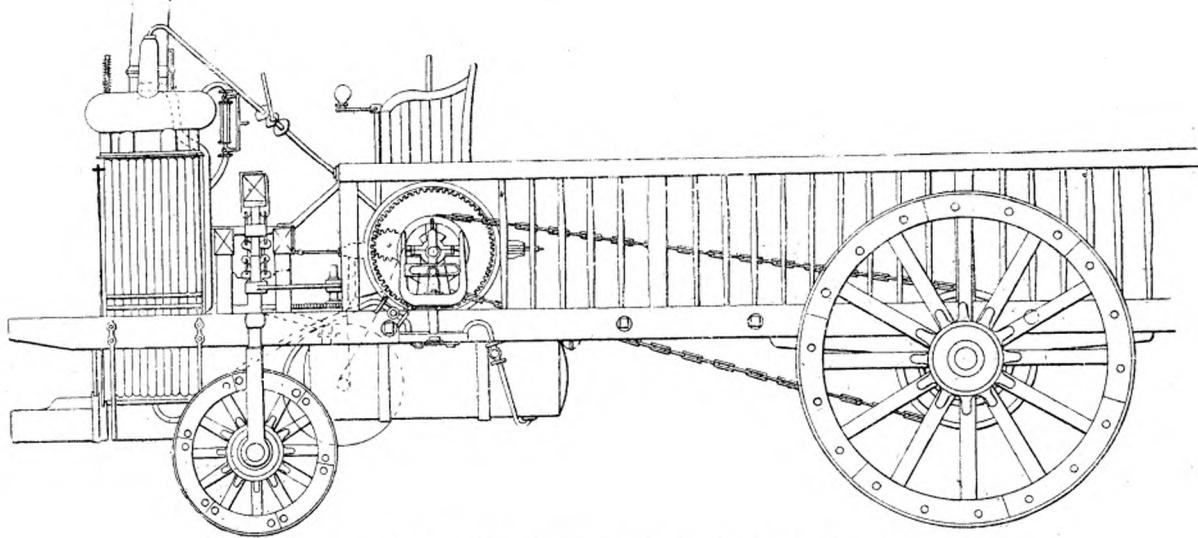


Fig. 2. — Chariot de Pecqueur avec engrenage satellite (Élévation).

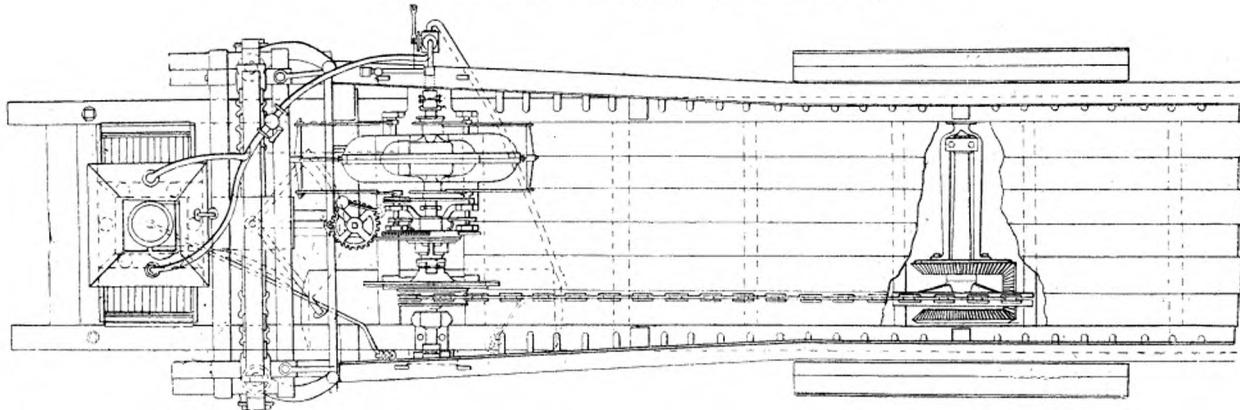


Fig. 3. — Chariot de Pecqueur avec engrenage satellite (Plan).

Dans ces conditions, il nous paraît nécessaire de donner un bref historique des inventions successives et des circonstances qui ont préparé l'élosion subite de cette magnifique industrie dont l'essor en apparence prodigieux, tient à l'appropriation intelligente de bien des dispositifs essayés dans la carrosserie où ils ne sont pas développés, les besoins de la traction animale n'en rendant pas l'utilisation indispensable.

En 1769, Cugnot, ingénieur militaire français, construisit un fardier tricycle à traction mécanique où la roue avant était motrice directrice (fig. 1).

L'insuccès de ce fardier s'il fut jamais essayé, ce que les recherches du commandant Ferrus ne permettent pas de penser, mit en évidence la nécessité :

- 1° D'une chaudière et d'un fourneau susceptibles de fournir rapidement la quantité de vapeur nécessaire au moteur proprement dit ;

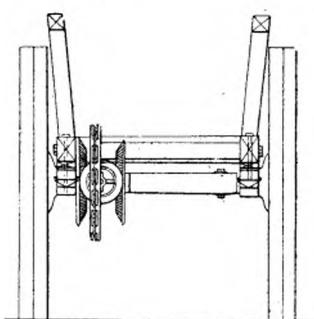
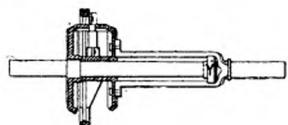


Fig. 4. — Vue de l'engrenage satellite de Pecqueur.

- 2° D'un mode de direction rapide et sûr.

Malgré tout le mérite de quelques-uns des organes de ce fardier, nous ne le décrirons pas, car aucun de ces dispositifs n'a été conservé, même comme principe dans l'automobilisme moderne. Cugnot n'en a pas moins été le premier à croire à la possibilité de la locomotion mécanique, mais s'il a vu clairement la nécessité du véhicule automoteur, il n'a résolu aucun des problèmes de sa construction rationnelle.

Au contraire, en 1828, Onésiphore Pecqueur, chef des ateliers du Conservatoire des arts et métiers, fit breveter à Paris un chariot à vapeur destiné à marcher sur les routes (fig. 2 et 3) qui renferme du moins en germe plusieurs des dispositifs qui sont aujourd'hui

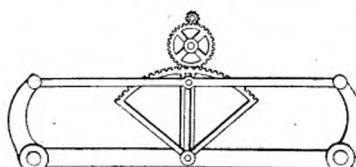


Fig. 5. — Vue en plan de la distribution du chariot Pecqueur.

utilisés sur les automobiles : la transmission par chaînes, l'engrenage satellite ou différentiel (fig. 4) et la direction par roues pivotantes à l'extrémité de l'essieu avant (fig. 5).

En 1835, on vit circuler entre Paris et Versailles, ainsi qu'entre Paris et Saint-Germain, une voiture à vapeur automotrice construite en Angleterre par Marconi, importée en France par Asda.

Cette même année, Dietz fit breveter un tricycle à vapeur dit « remorqueur voyageant sur les routes ordinaires », mais contrairement au tricycle de Cugnot, dans celui de Dietz, les roues arrières étaient motrices et la roue avant n'était que directrice. Dans la suite, Dietz construisit un remorqueur avec plusieurs paires de roues porteuses. Dietz mérite une mention spéciale parce qu'il semble avoir été le premier à pressentir l'utilité des bandages élastiques. Il chercha à réaliser ce désideratum en intercalant d'abord une couche de feutre goudronné, puis du liège, et enfin du caoutchouc entre la jante proprement dite et le bandage de roulement maintenu par des joues latérales boulonnées sur la jante.

La voiture de Dietz inspira un réel enthousiasme même chez des savants, membres de l'Institut, comme Arago, etc.

En Angleterre, en 1828, Gurney avait construit une voiture où d'abord

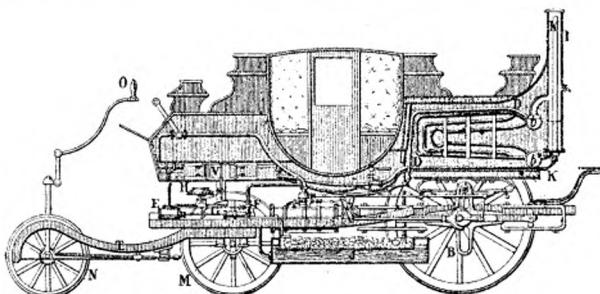


Fig. 6. — Voiture à vapeur de Gurney (1828).

la direction était assurée par un avant-train triicycle (fig. 6), puis, en 1835, par un avant-train ordinaire avec couronne (fig. 7 et 8).

Les pistons des cylindres moteurs placés sous la voiture en arrière de la cheville ouvrière étaient reliés directement par des bielles aux coudes de l'essieu arrière. Sur les fusées de celui-ci, les roues motrices tournaient folles lorsque leurs jantes n'en étaient pas rendues solidaires par des bras calés sur les extrémités de l'essieu. Ce dispositif jouait dans les courbes le même rôle que le différentiel.

Hancock, vers la même époque, adopta d'abord une voiture tricycle (fig. 9) où, comme dans le fardier Cugnot, la roue de devant était mo-

trice et directrice ; dans les suivantes, la direction avait lieu par avant-train mobile autour d'une cheville ouvrière par couronne dentée et

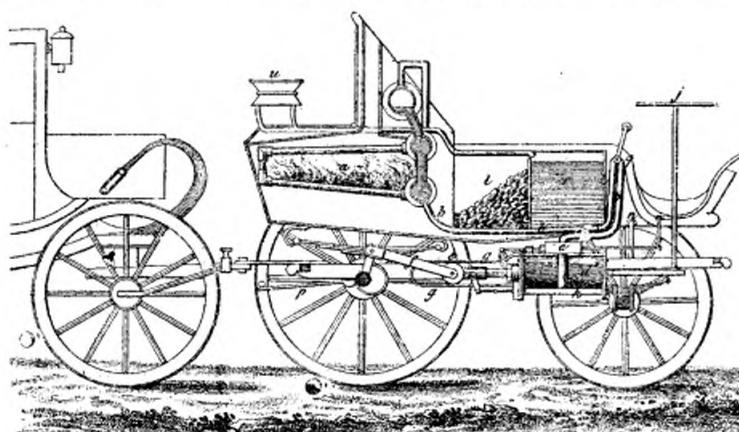


Fig. 7. — Coupe suivant XV.

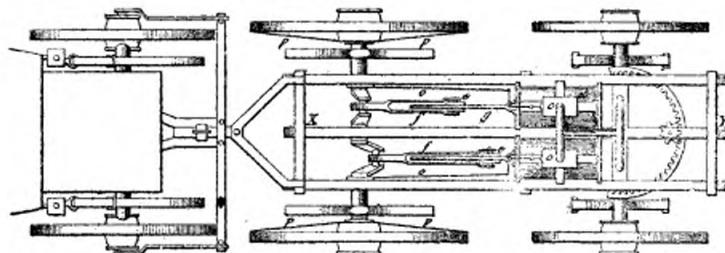


Fig. 8. — Plan.

Fig. 7 et 8. — Voiture-remorqueur à vapeur de Gurney (1835).

pignon monté sur la tige d'une barre de direction (fig. 10 et 11).

La transmission à l'essieu moteur se faisait par une chaîne reliant la

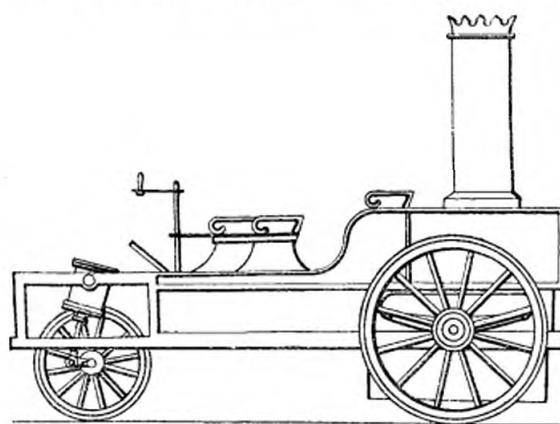


Fig. 9. — Première voiture tricycle de Hancock.

couronne montée sur cet essieu à une autre actionnée directement par la bielle du piston moteur qui était vertical.

Les deux voitures de Gurney et d'Hancock firent avec succès, paraît-il, des services publics. Ils ne furent interrompus dit-on, que par suite des charges écrasantes imposées à leur circulation par les corporations chargées de l'entretien des routes.

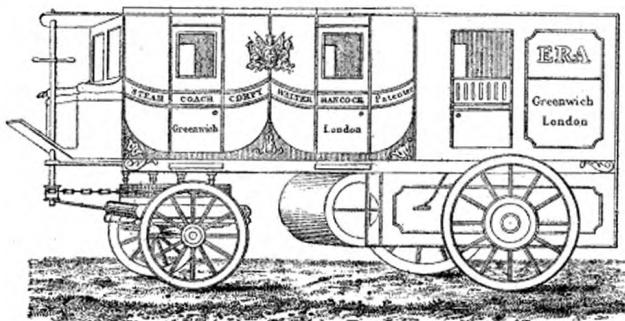


Fig. 10. — Voiture Hancock (1835).

En France, dans la seconde moitié du xix<sup>e</sup> siècle, c'est la locomotion routière qui semble avoir surtout attiré l'attention des inventeurs.

Vers 1856, la maison Lotz, de Nantes, avait conquis une grande réputation pour ses locomotives routières destinées à remorquer de ferme en ferme les machines agricoles qu'elles devaient y faire fonctionner. En 1865, Lotz fit breveter, pour une locomotive destinée au halage sur

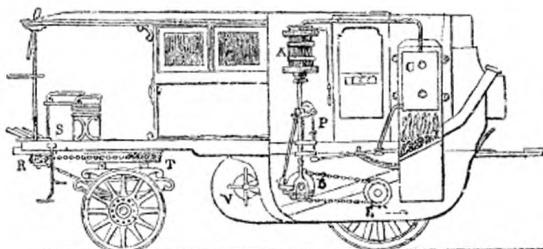


Fig. 11. — L'*Autopsy* de Hancock (1833).

les canaux, une direction pour une roue avant unique, montée à l'intérieur d'une couronne dentée, que le conducteur faisait mouvoir par un pignon fixé à la partie inférieure d'une tige verticale, dont la partie supérieure portait un autre pignon, à denture hélicoïdale, engrenant avec une vis sans fin filetée sur une tige horizontale, manœuvrée par une roue de gouvernail. L'essieu arrière était moteur. Les roues pouvaient à volonté être solidaires de cet essieu ou folles dans les courbes.

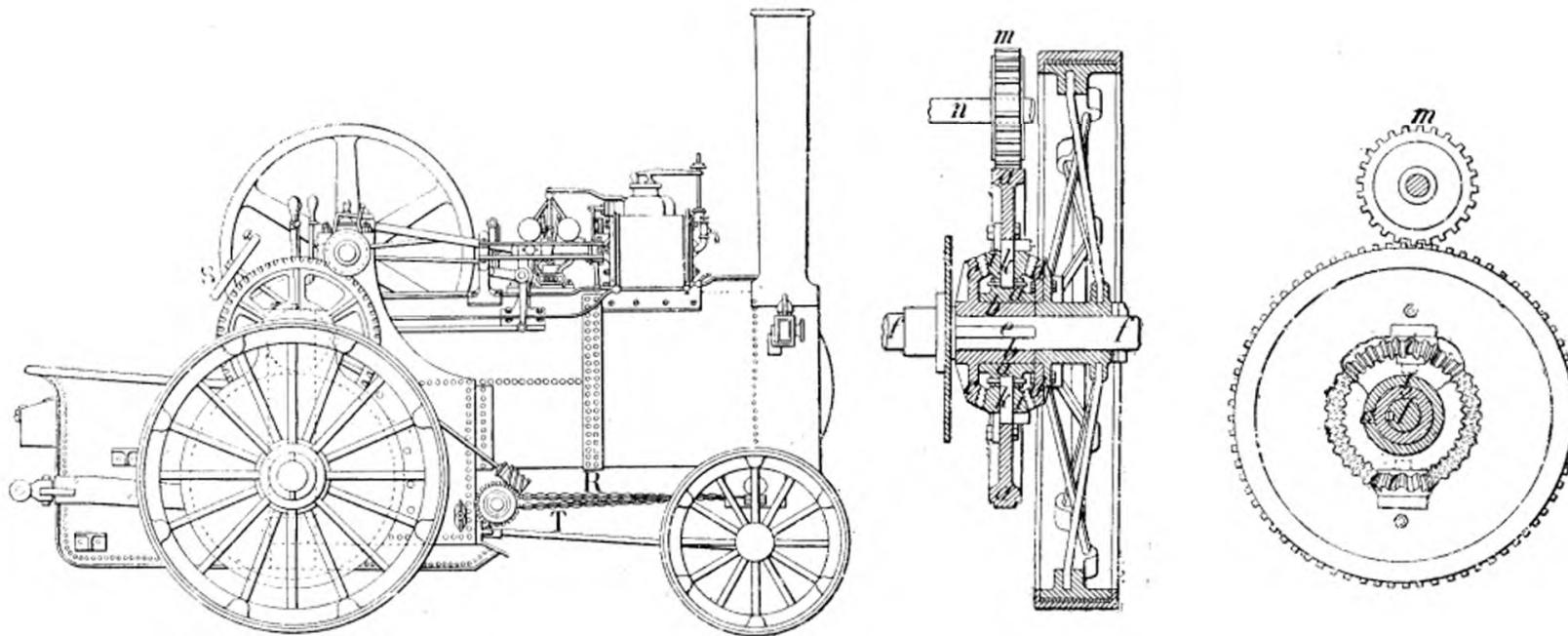


Fig. 12. — Locomotive routière d'Aveling et Porter.

*Légende.* — R, chaîne mettant en mouvement l'essieu directeur; S, manivelle mettant en mouvement la vis sans fin qui fait tourner la poulie placée sous la chaudière et autour de laquelle s'enroulent les extrémités de la chaîne R; T, tringle en fer consolidant l'avant-train; m, pignon denté calé sur l'arbre moteur n; a, roue dentée folle autour de l'essieu f; ii, lanternes coniques montées sur des rayons k de la roue a, transmettant le mouvement de la roue a à la roue conique dentée dd, qui est solidaire avec une des roues motrices folles autour de l'essieu f et au pignon conique cc relié par le manchon b à la clavette e avec l'essieu f, à l'autre extrémité duquel est calée l'autre roue motrice.

M. Lotz fabriqua même une véritable voiture à vapeur pour le transport des voyageurs dont le châssis présentait le dispositif d'ensemble qui est actuellement reconnu le plus rationnel. La chaudière verticale et la machine étaient placées à l'avant dans une sorte d'avant-corps demi-circulaire porté par la roue directrice.

Le mécanicien était installé entre les organes du mouvement et la caisse des voyageurs.

La transmission du mouvement à la roue motrice se faisait par chaîne.

Dans la quatrième locomotive routière Albaret, outre un dispositif analogue permettant de rendre folle l'une ou l'autre des roues arrière, on trouve un différentiel qui, placé vers le moyeu des roues, permettait d'accélérer le mouvement de la roue calée à raison du ralentissement de la roue rendue folle.

Nous ne devons pas oublier de citer la locomotive routière de Thomson (1869), d'Edimbourg, qui est le premier véhicule dans lequel, à notre connaissance, on appliqua des bandages en caoutchouc vulcanisé, aussi bien aux roues motrices qu'aux roues directrices. Leur bon effet fut tel que Thomson put se dispenser d'interposer des ressorts entre les essieux et le bâti de la locomotive.

Enfin, citons la locomotive routière, également anglaise, d'Aveling et Porter (fig. 12) ayant figuré à l'Exposition universelle de 1867, qui présentait une application complète de l'engrenage satellite de Pecqueur, à la transmission du mouvement aux roues motrices (<sup>1</sup>).

En 1870, Michaux construisit un tracteur à vapeur où, conformément au desideratum exprimé par le baron Seguin en 1866, chaque roue motrice folle sur sa fusée était entraînée par une chaîne reliant une couronne dentée montée sur son moyeu et un pignon denté calé sur l'arbre moteur d'un moteur spécial.

Il en était de même dans la première voiture automobile construite par M. A. Bollée, du Mans, en 1873 (fig. 13).

A la même époque, fut construite à Marseille la voiture Stapfer analogue au fardier de Cugnot ; les cylindres moteurs sont placés de chaque

1. En 1867 James de Baltimore mit en circulation une locomotive routière dont les roues motrices présentaient la particularité de ne pas avoir de jantes. Les rais portaient directement sur le sol par l'intermédiaire de pieds placés à leur extrémité. Un dispositif analogue se trouve dans le Diplock traction engine, où il porte le nom de Pedrail. En janvier 1902 il a fait l'objet d'un rapport des plus favorables de M. Hele-Shaw, le distingué professeur de mécanique appliquée à Victoria University de Liverpool.

côté de la chape dans laquelle est placée la roue motrice ; seulement dans la voiture Stapfer (fig. 14) la chaudière à chargement central et à tubes d'eau verticaux était placée entre la roue motrice et l'arrière train

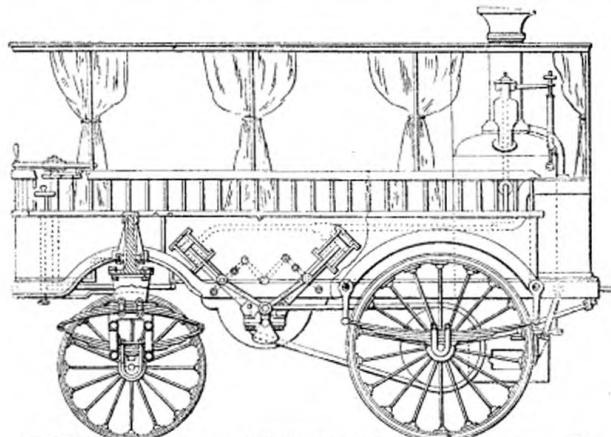


Fig. 13. — *L'Obeissante*, première voiture de A. Bollée.

au lieu d'être, comme dans le fardier Cugnot, placée en porte-à-faux en avant de la roue motrice.

Après plusieurs essais, M. A. Bollée construisit, en 1878, une voi-

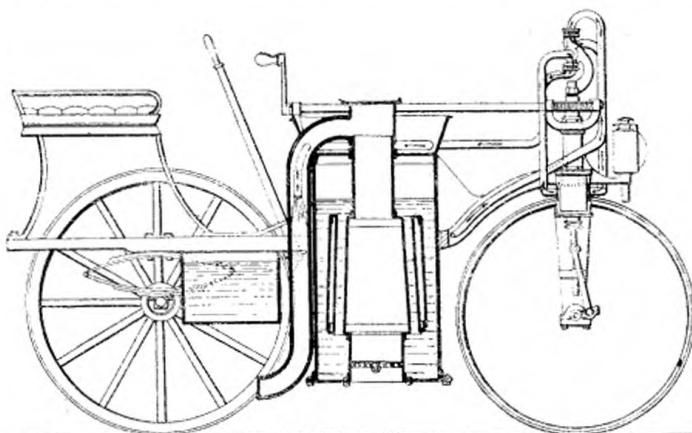


Fig. 14. — Coupe longitudinale du tricycle à vapeur de D. Stapfer.

ture, la *Mancelle* (fig. 15) pour laquelle il adopta pour la direction et la transmission des dispositifs encore en usage aujourd'hui.

Les fusées des roues motrices, en effet, étaient mobiles autour de pivots verticaux placés à l'extrémité de l'essieu avant.

Chaque fusée mobile portait un bras incliné vers l'extérieur sur la

direction de l'essieu et relié par une tige horizontale à une des branches d'un V dont la pointe était fixée au centre de rotation d'un secteur denté qu'on déplaçait à l'aide d'un pignon fixé à l'extrémité inférieure de la tige d'une roue de gouvernail horizontal.

D'un autre côté, le moteur à deux cylindres verticaux était placé en avant dans un carter. L'arbre moteur agissait sur un pignon d'angle calé sur un arbre intermédiaire portant à chacune de ses extrémités un pignon relié par une chaîne à une couronne dentée fixée au moyeu d'une des roues motrices folle sur sa fusée.

En 1881, les premiers essais sérieux de traction électrique furent

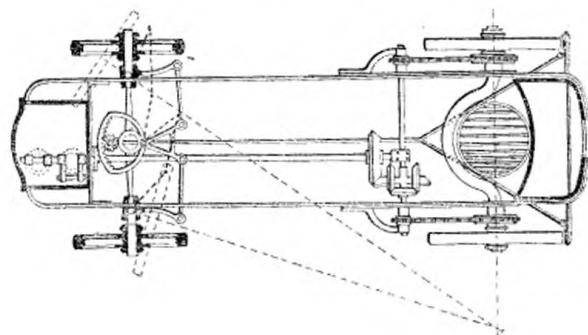


Fig. 15. — La *Mancelle*, deuxième voiture de A. Boillée.

tentés par Raffard en utilisant les accumulateurs Faure dont le brevet est de 1880.

La voiture de 40 places que la Compagnie générale des Omnibus mit à sa disposition, reçut un mécanisme des plus simples.

La dynamo placée à l'arrière actionnait par courroie la couronne d'un différentiel, placé sur un arbre intermédiaire dont les extrémités portaient des pignons qui commandaient par chaînes des couronnes dentées fixées aux rais des roues arrière motrices.

Bien que la direction se fit par une couronne dentée montée sur l'avant-train ordinaire et un pignon fixé à l'extrémité inférieure d'une tige verticale manœuvrée par le cocher assis sur le siège ordinaire des omnibus, cette voiture circula dans Paris en tournant dans des rayons de 5 mètres.

M. Jeantaud construisit à la même époque une voiture électrique dont les essais furent interrompus par la débâcle de la société qui avait acheté les brevets Faure. Ils furent repris en 1888 avec les accumulateurs Benier. En 1888 elle servit aux essais des accumulateurs Thomasi et Fulmen. Cette voiture prit part à la course de Paris-Bordeaux à l'aide

de 20 batteries disposées le long de la route, elle parcourut les 580 km. avec une vitesse moyenne de 18 km. à l'heure.

La voiture à vapeur tenta vers cette même époque les nombreux inventeurs de chaudières à vaporisation rapide, à pression élevée et, partant, légères.

Parmi ceux qui ont persévétré, nous devons citer en particulier les constructeurs de Dion et Bouton dont les premières voitures datent de 1883.

D'abord tricycles, puis quadricycles à direction par arrière-train mobile autour d'une cheville ouvrière, certaines de ces voitures ont effectué sur les routes de longs voyages. On a pu les admirer à l'Exposition rétrospective du Grand Palais en 1901.

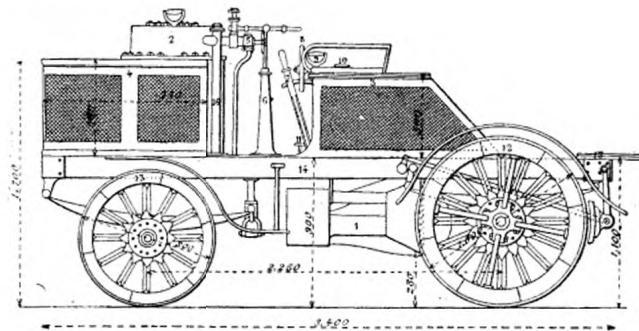


Fig. 16. — Tracteur à vapeur de Dion et Bouton.

Ces essais ont abouti aux tracteurs à vapeur (fig. 16) qui circulant isolément, sont arrivés premiers dans la course de 1893 (Paris-Rouen) et de Marseille-Nice (1897), puis aux omnibus et camions que nous retrouverons plus tard.

En 1889, à l'Exposition universelle, figurait entre autres voitures à vapeur, une voiture à laquelle M. Serpollet avait appliqué son générateur à vapeur si connu.

S'ils prouvent que la voiture à vapeur existait depuis longtemps, tous ces essais suivis avec intérêt par un petit nombre d'adeptes intelligents de la nouvelle locomotion, restèrent inconnus du grand public malgré quelques parcours sensationnels de quelques-unes des voitures précédentes.

Le moteur à vapeur, en effet, exige pour sa conduite un mécanicien habile ; de plus il dépend d'une chaudière dont l'explosibilité inquiète toujours un peu le voyageur.

A l'Exposition de 1889, MM. Panhard et Levassor présentèrent un omnibus sur rails actionné par le moteur à essence Daimler qu'ils appliquaient depuis quelque temps à la navigation de plaisance.

Quoique passé inaperçu, ce moteur ouvrit cependant une ère nouvelle pour la locomotion automobile (<sup>1</sup>).

En effet, en 1891, un quadricycle Peugeot, muni d'un de ces moteurs acheté à la maison Panhard-Levassor, suivit la course Paris-Brest et, en 1894, la course Paris-Rouen démontra que l'on était enfin sur la voie de la véritable solution du problème de la locomotion automobile.

La course Paris-Bordeaux et retour en fut une démonstration éclatante pour le grand public plus frappé, il est vrai, de l'admirable endurance de Levassor que de la construction de sa voiture (fig. 17).

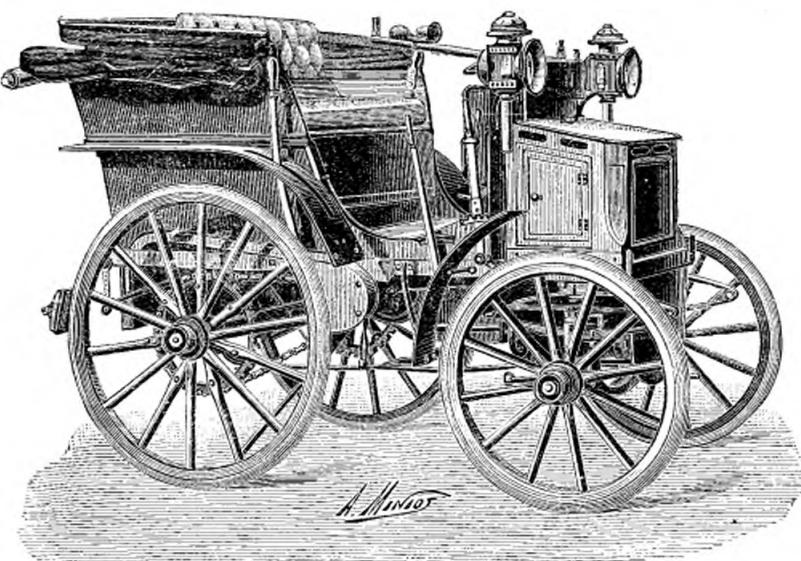


Fig. 17. — Voiture à gazoline à deux places, de MM. Panhard et Levassor.

Elle était d'ailleurs assez imparfaite à bien des points de vue, mais l'engouement du public allait permettre d'en perfectionner progressivement toutes les parties. De nombreux acheteurs s'arrachèrent les nouvelles voitures à essence, alors que les inventeurs des voitures à vapeur

1. Bien que nous fussions commencer l'ère de la locomotion automobile sérieuse avec le moteur Daimler, nous n'ignorons pas que, dès 1862, Lenoir, l'inventeur du moteur à gaz, eut l'idée d'adapter à une voiture le moteur à air carbure qu'il employait sur un canot; mais l'oubli même où ces essais des plus intéressants sont tombés prouve qu'ils n'eurent aucune influence sur la locomotion.

voyant leur modèle unique rester en magasin, reculaient devant la dépense qu'eût exigé la construction d'un nouveau type amélioré.

La fondation, à la fin de 1893, de l'Automobile Club de France par les organisateurs de la course Paris-Bordeaux créa, pour la nouvelle locomotion, un centre de propagande par les courses.

Successivement 1896 (Paris-Marseille), 1898 (Paris-Amsterdam), 1899 (Tour de France), 1900 (Paris-Toulouse), 1901 (Paris-Berlin) mirent sous les yeux du public les nouveaux types que les besoins de la concurrence et les enseignements des courses précédentes forçaient les divers constructeurs à mettre en ligne.

En même temps que le tourisme et ses longues excursions étaient entrés dans les mœurs, par les progrès que la bicyclette avait fait faire à la vélocipédie, les notions de mécanique usuelle s'étaient assez répandues pour que la conduite du moteur à essence, si simple, n'effrayât plus ceux que la bicyclette et ses pneus avaient habitués à triompher de la panne.

Les acheteurs de la nouvelle voiture se pressèrent si nombreux à la porte des grands fabricants impuissants à leur en livrer, que bien des petits ateliers s'ouvrirent pour satisfaire aux demandes de ces clients.

De là la splendide exposition de l'automobilisme en 1900, avec son fouillis de types divers, qui prouve la sève vigoureuse d'une industrie cherchant sa voie dans toutes les directions avec l'ardeur impétueuse de la jeunesse.

Nombreux en effet sont les problèmes que les sujétions de la locomotion automobile posent aux inventeurs. Il n'est aucune des parties, en apparence les plus accessoires de la voiture à traction mécanique, dont la construction n'exige une étude toute spéciale, car elle est souvent appelée à jouer un rôle différent ou à supporter des efforts tout autres que dans la voiture à traction animale.

Si donc le constructeur de voitures automobiles doit mettre à profit tous les progrès réalisés par ses émules de la carrosserie, du charronnage et de la vélocipédie, il ne doit pas les copier servilement, car la vitesse qu'il désire pouvoir imprimer à ses véhicules augmente dans une proportion considérable les efforts que certaines des parties constitutives auront à supporter et entraîne des sujétions de construction autrement difficiles à réaliser pour concilier la légèreté et la solidité.

Pour arriver à dresser un tableau d'ensemble des voitures et des inventions multiples qui ont figuré à l'Exposition universelle de 1900, sans être exposé à des redites fatigantes pour le lecteur, nous croyons

devoir d'abord formuler quelques considérations sur les conditions spéciales de la locomotion rapide sur routes, assez brèves pour ne pas al- longer trop ce rapport, mais cependant assez complètes pour bien faire comprendre les sujétions qui en résultent pour les parties essentielles de la voiture à traction mécanique destinée à circuler sur les chaussées ordinaires.

Considérons d'abord la locomotion mécanique sur rails.

La voie posée à l'origine presque toujours en palier et en ligne droite ou suivant des courbes d'un rayon considérable n'exigeait qu'un effort moyen à peu près constant d'un moteur qui, séparé de la charge à traîner, pouvait être relativement lourd.

Cette séparation combinée avec l'absence de cahots procurée par le rail, permettait de placer le tracteur sur des ressorts assez durs pour que les variations de distance du piston fixé au châssis, aux manivelles des roues motrices, fussent toujours assez faibles pour être compensés par l'élasticité de la vapeur. De là la possibilité d'une connexion rigide entre ces deux organes.

La voie soigneusement isolée rendait sans inconvénients, par l'impossibilité de chocs latéraux, la position extérieure de tous les organes mécaniques, moteur et transmission, si favorable à leur visite et à leur bon entretien.

Le rail assurant la direction, dispensait le mécanicien de tout souci à cet égard.

La locomotive suivant une ligne à peu près droite, les roues motrices peuvent être calées sur l'essieu moteur dont les manivelles sont reliées directement par bielles rigides aux tiges des pistons.

Enfin la rotation de ces essieux dans des boîtes immobiles permet facilement une lubrification constante de leurs portées.

En regard de toutes ces facilités du moteur sur rails dont la masse quasi-invariable rend le montage presque aussi facile que celui d'une machine fixe, voici les difficultés que doit vaincre le constructeur du moteur sur routes ordinaires, pour peu qu'il veuille atteindre une vitesse un peu notable :

Au lieu de circuler sur une voie unie, la voiture automobile doit parcourir des chemins ordinaires qui, même bien entretenus, occasionnent des cahots à l'abri desquels il importe de mettre le moteur aussi bien que le voyageur.

De là, la nécessité d'interposer entre les essieux et le châssis des ressorts doux, partant à flexions notables.

L'amplitude des déplacements relatifs des points extrêmes de la transmission du mouvement moteur exige qu'elle soit déformable au moins en direction, sur une partie de sa longueur.

Non seulement les chocs latéraux, toujours possibles dans la circulation au milieu des autres véhicules sur une chaussée encombrée, ne permettent plus de placer extérieurement les organes du moteur et de la transmission ; il importe surtout de les mettre à l'abri de la poussière et de la boue trop fréquentes sur nos routes.

Si la ligne droite est la direction normale du véhicule sur rails, on peut dire que la piste sinuuse est la règle pour la voiture sur routes ; de là découle la nécessité de pouvoir donner à chaque instant, à chaque roue motrice, une vitesse en rapport avec sa trajectoire.

Ces roues ne peuvent donc être solidaires d'un seul essieu moteur, au contraire pour chacune l'indépendance de mouvement est nécessaire.

Le conducteur doit assurer la direction de sa voiture. Le dispositif à mettre à sa disposition à cet effet doit être d'autant plus prompt et plus invariable que la vitesse sera plus grande. Il doit se composer de pièces simples avec un nombre d'articulations assez restreint pour éviter les embardées résultant des ferraillements produits par l'usure.

Enfin, malgré l'habileté du conducteur, sa vigilance peut être surprise par un obstacle imprévu ; il faut donc qu'il puisse disposer d'un freinage énergique dont l'utilité, du reste, est flagrante dans les déclivités.

Ce résumé comparatif des difficultés et des facilités que présente la traction mécanique respectivement sur routes et sur rails, permet de saisir du premier coup pourquoi les progrès de la première ont été si lents et ceux de la seconde si rapides. Il nous autorise aussi à dire que le succès définitif de la traction mécanique sur routes ne dépend pas tant des qualités du moteur proprement dit que de la solution des problèmes suivants concernant le véhicule lui-même :

Appareil de direction robuste et simple, d'une manœuvre prompte et sûre ;

Freinage énergique pouvant suivant le besoin agir brusquement ou progressivement ;

Transmission aux roues du mouvement du moteur par un organe déformable, au moins en direction, sur une partie de sa longueur ;

Répartition variable entre les roues, suivant les nécessités de la piste, de la vitesse relative nécessaire à leurs trajectoires respectives ;

Aménagement de toutes les parties de la voiture de manière à réduire au minimum les résistances qu'opposeront à son déplacement rapide les frottements intérieurs, le roulement sur la chaussée et la pression de l'air.

Toutes ces conditions réalisées, il s'agira enfin de chercher à obtenir un moteur :

1<sup>o</sup> Aussi léger et aussi peu encombrant que possible ;

2<sup>o</sup> Utilisant une source d'énergie légère, peu volumineuse et facile à renouveler en cours de route ;

3<sup>o</sup> Susceptible de pouvoir développer une puissance variable avec les nécessités de la circulation.

Nous allons passer successivement en revue, dans l'ordre qui précède, les dispositifs divers aménagés par les différents inventeurs pour satisfaire à ces desiderata. Leur critique raisonnée sera le meilleur cadre d'exposition complète des mille et un types qui ont attiré, en la troublant un peu par leur diversité, l'attention des visiteurs de l'enceinte générale et de l'annexe de Vincennes.

Après avoir étudié les parties séparées, nous en examinerons le montage complet dans les diverses voitures des principaux constructeurs et nous verrons si on peut déduire de ce qui se fait actuellement les types définitifs qui seront pour la traction automobile ce que les mail-coachs, calèches, landaus, coupés, tilburys, ducs, Victorias, etc., sont pour la voiture à traction animale.

#### DIRECTION

A l'époque (1769) où Cugnot construisit son fardier, les essieux des carrosses à quatre roues étaient réunis par un train qui ne permettait pas à l'avant-train de tourner de plus de 30 degrés. Désireux de procurer à son véhicule plus de facilité de virage, Cugnot préféra n'avoir à l'avant qu'une seule roue comprise entre les deux bras d'une fourche à chape dont la tige supérieure pouvait tourner dans une douille solidaire du reste du fardier — dispositif que nous avons retrouvé dans trois des véhicules cités dans l'historique de la locomotion automobile et qui a été conservé dans le tricycle et la bicyclette à pédales voire même dans la voiturette automobile V<sup>e</sup> Levassor et de Boisse et la voiture électrique Vedovelli.

Comme la roue avant du fardier Cugnot était également motrice elle devait supporter la plus grosse partie de la charge totale. L'effort né-

cessaire pour la faire tourner était, par suite, assez considérable pour exiger l'interposition d'une série d'engrenages entre la couronne dentée calée sur son axe de rotation et la barre placée entre les mains du conducteur. Cette démultiplication rendait l'action de la direction lente, aussi s'explique-t-on la légende qui veut que dès la première sortie, Cugnot, impuissant à diriger son fardier, ne put l'empêcher de se heurter à un mur.

Vers 1817, Lanskensperger avait fait breveter en Allemagne et, vers

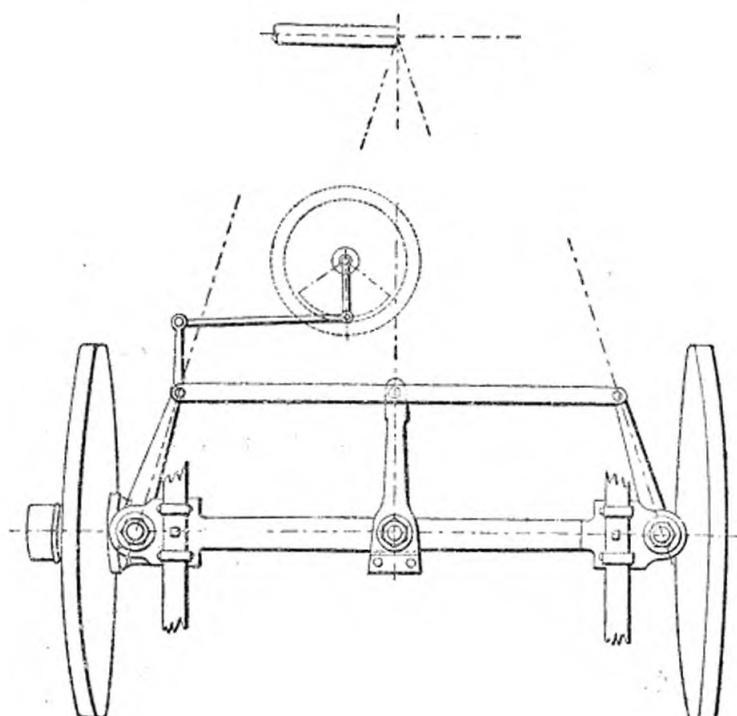


Fig. 48. — Plan du dispositif de direction de M. Jeantaud,  
d'après son brevet du 17 octobre 1882.

1820, Akermann introduisit en Angleterre, pour les carrosses, le dispositif suivant :

Les roues de l'avant-train, au lieu de tourner autour des fusées placées dans le prolongement de l'essieu, étaient mobiles autour de fusées pouvant elles-mêmes pivoter aux extrémités de cet essieu. Malheureusement, au lieu de disposer la connexion des deux pivots de manière à ce que les fusées des deux roues prolongées vinssent converger en un même point de l'essieu arrière, Lanskensperger et Akermann adoptèrent un mode de connexion tel, que les deux roues restaient parallèles.

Le même défaut se rencontre dans l'application qu'en 1828, Onésiphore Pecqueur fit de cette direction à son tracteur automobile (voir fig. 5).

Ce n'est qu'en 1882 que M. Jeantaud reprit l'idée de Lanskensperger en la modifiant de manière à rendre suffisamment exacte avec une seule tige de connexion, la convergence des deux fusées vers un même point (fig. 18).

Nous avons vu que dès 1878, après avoir employé les roues avant

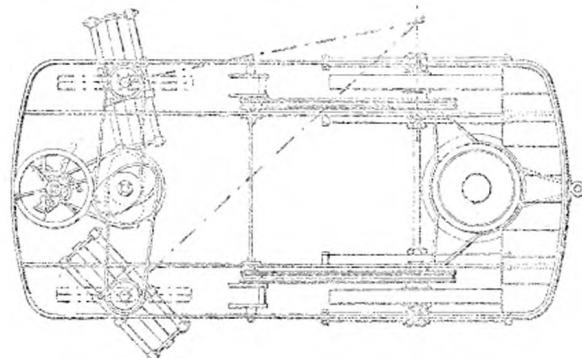


Fig. 49. — Direction à pivots conjugués de A., Bollée.

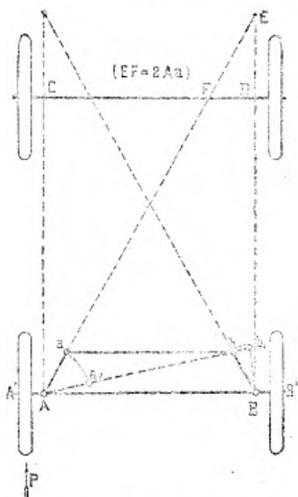


Fig. 20. — Tracé théorique du trapèze Jeantaud.

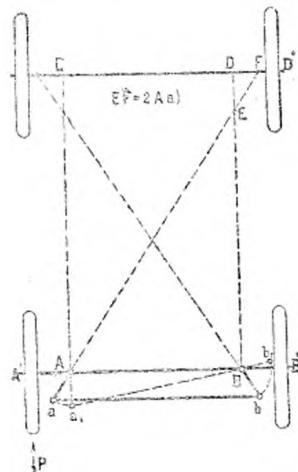


Fig. 21. — Tracé théorique du trapèze Pachard et Levassor.

montées sur châssis comme dans la locomotive routière Lotz, M. A. Bollée, du Mans, avait adopté une autre solution du système Akermann,

en reliant chaque bras de ses pivots à la branche d'un V mobile autour de sa pointe, fixée au milieu de l'essieu (fig. 19 et 23).

Les connexions des roues directrices adoptées aujourd'hui sur toutes les voitures dérivent de l'un ou de l'autre de ces systèmes (fig. 20 et 21). Cependant, à l'Exposition universelle de 1900, une voiture portait un autre mode de connexion inventé par M. Lavenir, dit direction pentagonale.

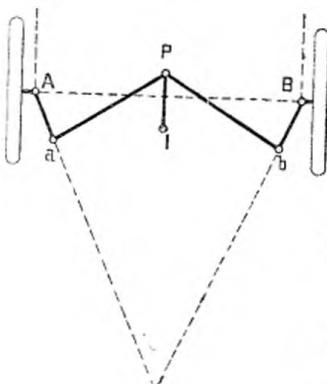


Fig. 22.—Direction pentagonale à centre de rotation en dehors des essieux directeurs (Système Lavenir).

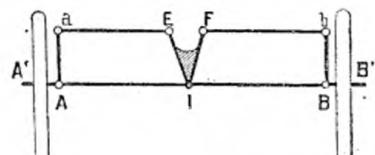


Fig. 23.—Nouvelle direction Bollée.

gonale à centre de rotation en dehors de l'essieu (fig. 22).

Ce système diffère du dispositif A. Bollée (fig. 23) en ce que le V est remplacé par un bras dont le centre de rotation est placé du même côté de l'essieu que les bras des pivots, tandis que les points d'attache des tiges de connexion sont placés de l'autre côté de l'essieu. Les deux tiges de connexion sont alors fortement inclinées l'une par rapport à l'autre, ainsi que les bras des pivots.

Le mode de direction par roues mobiles autour de pivots fixés aux extrémités de l'essieu avant, n'est pas encore le seul exclusivement employé. L'avant-train mobile autour d'une cheville ouvrière entraîné par une série d'engrenages était encore en usage sur quelques voitures exposées en 1900, notamment sur les voitures de remise de la Société des électromobiles.

Cette persistance de l'avant-train mobile pouvait, à l'origine, s'expliquer par la crainte qu'a dû inspirer la solidité de l'assemblage des pivots mobiles à l'extrémité des essieux, mais aujourd'hui l'expérience a prononcé ; cet assemblage est si résistant que des voitures renversées peuvent, remises sur roues, repartir sans difficulté malgré l'effort considérable anormal qu'une extrémité de l'essieu a supporté dans le renversement. Aussi pour le camion électrique de 10 tonnes de charge utile de la raffinerie Say qui a pris part au concours de 1900, MM. Postel et Vinay n'ont-ils pas hésité à adopter ce mode de direction bien que chacune des roues directrices portât 3 tonnes et demie.

Il est donc probable, sinon même certain, que, l'avant-train direc-

teur aura totalement disparu d'ici peu. Déjà, du reste, à la dernière exposition du Grand-Palais la Compagnie des électromobiles avait un type de voitures à essieu brisé. Nous croyons donc utile de donner quelques détails sur l'ensemble complet de la direction par roues mobiles autour des extrémités de l'essieu avant.

Ce mode de direction comprend quatre appareils distincts : le pivotement, la connexion des pivots, l'organe de préhension du conducteur, la transmission du mouvement de cet organe à un des bras de pivot.

Le pivotement est obtenu dans quelques voitures légères américaines où la suspension est constituée par les pneus seuls, en disposant les roues comme dans la bicyclette. La douille dans laquelle la tige de la fourche est mobile est fixée de chaque côté du châssis.

En France, les constructeurs préfèrent fixer à l'essieu la roue directrice par une articulation qui permet de déplacer le plan de celle-ci d'un certain angle (33 degrés). D'où le nom d'essieu brisé donné à ce mode de pivotement.

Il y a trois genres principaux d'articulations :

A chape ou double rotation (fig. 24), où la fusée est fixée au milieu à

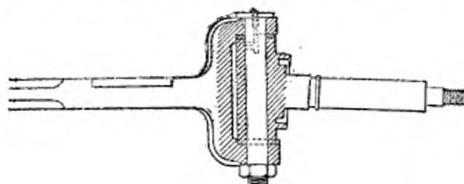


Fig. 24.— Essieu patent à l'huile et à double rotation.— Direction à chapes.— Corps droit.

peu près d'une pièce verticale dont chaque extrémité forme un tourelle tournant dans le coussinet d'une branche de chape terminant l'essieu ;

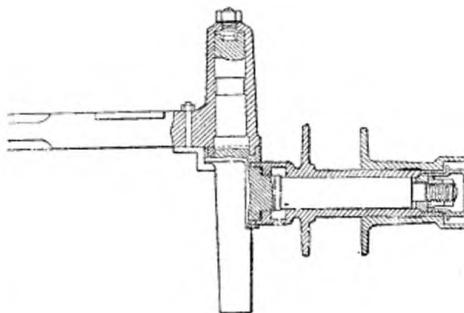


Fig. 25. — Direction à pivots. — Corps droit.

A pivots corps droit (fig. 25) où la fusée se recourbe en un pivot qui est coiffé par un cylindre fixé à l'extrémité de la fusée ;

A chevilles renversées (fig. 26), où la fusée porte, au contraire, un cylindre dans lequel repose un coude fixé à l'extrémité de l'essieu.

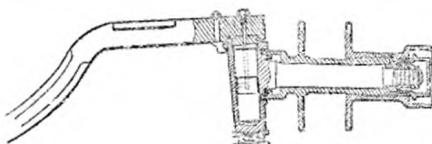


Fig. 26. — Direction à chevilles renversées, bain d'huile et pivots.

Ces différents dispositifs constituent des pièces de forge d'un travail d'autant plus difficile qu'il faut encore y ajouter le bras destiné à porter la tige de connexion.

On pourrait, à la rigueur, introduire ce bras dans un trou de la pièce portant la fusée et l'y fixer par un boulon, mais au bout d'un certain temps, il y aurait usure ou desserrage et, partant, un jeu qu'il importe d'éviter par-dessus tout dans la direction.

Ces pièces de forge si compliquées seraient à peu près impossible à enlever dans une seule chaude par matrices, si des établissements aussi importants que les maisons Lemoine (hors concours) Bail et Pozzy (médaille d'or), Hannoyer (médaille d'or), Vermot (médaille d'argent), Didier-Lemaire (médaille de bronze), Martin-Maite et Huberland (médaille de bronze n'étaient pas pourvus de marteaux pilons puissants.

La pièce reliant la fusée à l'essieu supporte en un point un effort de traction, en un autre un effort de compression. C'est en ces deux points qu'on doit assurer un roulement facile. D'abord on s'est contenté de roulements lisses avec bains d'huile, maintenant on emploie couramment les roulements à billes.

Quel que soit le mode de pivotement adopté, il importe que la fusée présente du carrossage et que le prolongement de son axe de rotation autour de l'extrémité de l'essieu rencontre le sol à la moindre distance possible du bandage, de manière à diminuer le moment de l'effort résistant à vaincre dans le déplacement du plan de rotation de la roue.

Ce résultat est assez facile à obtenir avec la direction à fusées encastées dans des pivots inférieurs (Jeantaud) ou supérieurs (Panhard et Levassor).

Avec la direction à chape, c'est un peu plus difficile ; MM. Club et Southey ont proposé un dispositif *ad hoc*.

Pour mieux réaliser ce desideratum, certains constructeurs étrangers

ont eu l'idée de placer le pivotement même de la fusée dans l'intérieur du moyeu de la roue (système Riker, fig. 27).

*Connexion.* — Ce que nous avons dit plus haut sur la solution du problème de la convergence suffit ; nous nous bornerons ici à signaler à nouveau l'impérieuse nécessité de réduire au minimum les articulations et l'avantage de faire travailler les bras à la traction et non à la compression.

La connexion par une seule tige reliant des bras inclinés de dedans en dehors à l'avant de l'essieu directeur, nous paraît donc la seule à adopter aujourd'hui qu'on en a fini avec les craintes du début sur les variations de longueur et de direction de la tige de transmission pouvant entraîner des embardées des roues.

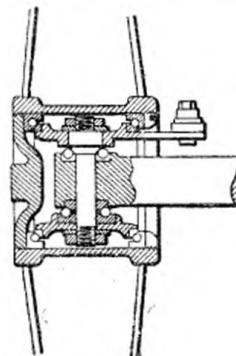


Fig. 27 — Direction Riker pour roues métalliques.

*Organe de manœuvre.* — Le premier organe de manœuvre qu'on a mis à la disposition du conducteur a été la barre droite, puis est venu le guidon et enfin le volant. Ce dernier, horizontal d'abord, se place maintenant incliné comme plus commode.

*Dispositif de transmission.* — L'organe de manœuvre est placé sur le châssis ; les bras de connexion auxquels il s'agit de transmettre son déplacement sont solidaires de l'essieu, et par suite sont séparés du premier par des ressorts. Leur écartement varie donc avec les flexions de ceux-ci.

Il faut que le dispositif de transmission comporte une partie variable en longueur et en direction entre la dernière pièce fixée au châssis et le bras de la roue à déplacer.

A l'origine, on s'est beaucoup préoccupé de cette condition et lorsque la barre de direction, le guidon ou le volant horizontal étaient de mode, le moyen le plus simple a paru être la connexion en V, puisque alors on disposait au-dessus de la pointe un ressort à pincette dont la lame inférieure était fixée par son milieu au centre de rotation du V et la lame supérieure à la tige verticale de l'organe de manœuvre.

Certains ont adopté une chaîne reliant une couronne montée sur l'arbre du volant à une couronne montée sur le V.

Aujourd'hui on a reconnu qu'à condition d'avoir la tige de trans-

mission à peu près horizontale pour la voiture en charge, ses variations de longueur et de direction étaient assez faibles pour être compensées par des articulations à rotules et ressorts.

Dans ces conditions, la dernière pièce de la transmission montée sur le châssis est un arc à denture hélicoïdale prolongée au delà de son axe de rotation par une queue.

Dans la denture hélicoïdale s'engage directement la vis sans fin qui termine la tige du volant incliné. La queue de l'arc denté est reliée au bras d'une des roues directrices par une tige horizontale avec articulations à rotule et à ressorts. Le principe de ce système de la maison Panhard et Levassor (fig. 28) est le seul à adopter maintenant. Les détails de

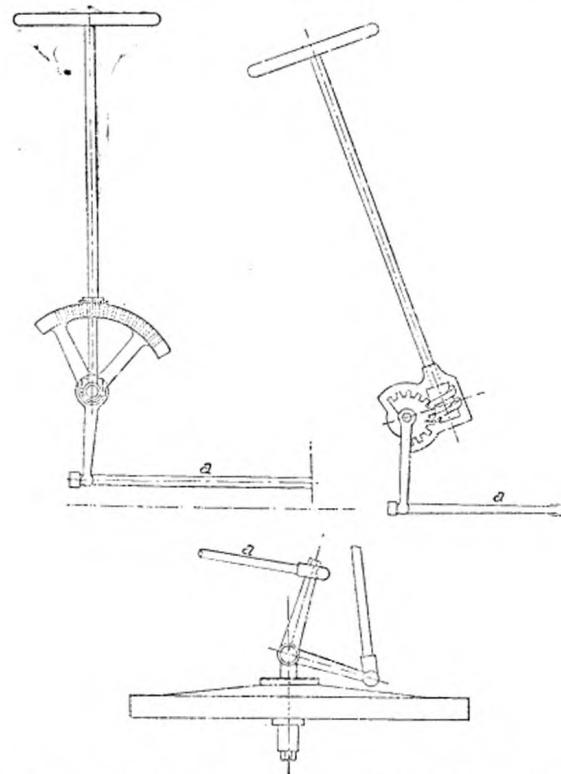


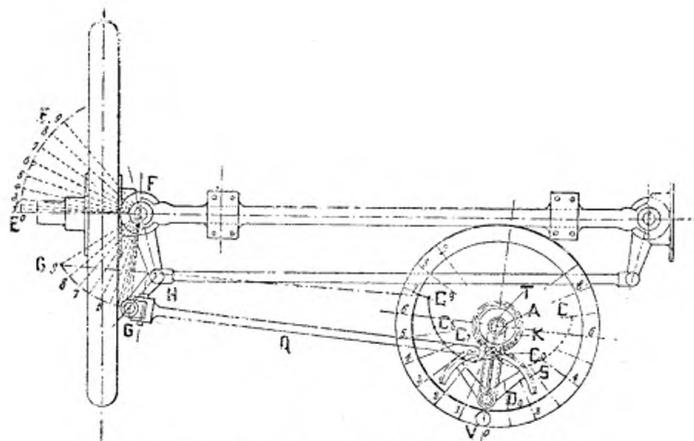
Fig. 28. — Mécanismes de direction des voitures Panhard et Levassor.

construction peuvent seuls varier. Ainsi la maison Mors interpose entre la vis sans fin et la denture une crémaillère.

L'emploi d'une vis sans fin permet d'obtenir très simplement une direction dite irréversible. Il n'y a qu'à donner au pas de la vis une in-

clinaison convenable pour empêcher les réactions de la chaussée sur la roue de remonter jusqu'à la main du conducteur.

Parmi les autres dispositifs employés pour obtenir ce résultat nécessaire, on peut citer la transmission épicycloïdale de la maison Gobron et Brillée (fig. 29).



différentiel. Si on veut tourner à gauche par exemple, on diminue la vitesse du moteur de gauche ou on augmente la vitesse du moteur de droite. Tel est le principe de la direction adoptée par M. Vedovelli pour son tricycle électrique.

#### ROUES. — FUSÉES. — RESSORTS.

En possession d'un appareil de direction sûr et prompt, il nous reste à chercher à réduire aux minimum les efforts résistants à vaincre dont les principaux facteurs sont :

Le rapport entre le diamètre de la fusée et du bandage des roues, le glissement de la fusée sur la boîte du moyeu, le roulement du bandage sur la chaussée et la pression de l'air.

La pression de l'air qui varie avec le carré de la vitesse dépend encore plus des formes de la voiture que de la surface projetée sur un plan normal à la direction du mouvement. Les carrossiers chargés d'établir les caisses des voitures à allure rapide ont à étudier les formes à donner à leur arrière aussi bien qu'à leur avant.

Les moyens de diminuer le glissement de la fusée dans la boîte du moyeu exige dans la voiture automobile plus de recherches que dans la voiture à traction animale. En effet, si le coefficient de glissement à sec diminue notablement avec la vitesse du déplacement des surfaces frottantes lisses, au contraire lorsqu'elles sont lubrifiées, leur frottement s'accroît avec cette vitesse d'autant plus que la lubrification est plus abondante ; à la limite elle croitrait comme le carré de la vitesse.

On a d'abord employé pour les fusées et boîtes de moyeu des roues des voitures automobiles les meilleurs dispositifs usités pour les roues des voitures à traction animale : fusée lisse et boîte patent, les deux en acier cémenté.

Dès que la vitesse, dans les courses, a dépassé par trop celle des voitures à cheval les plus rapides, leurs conducteurs ont appréhendé les conséquences désastreuses d'un grippement dans le roulement acier sur acier. On a fait alors les boîtes en bronze durci, puis on est revenu aux boîtes en acier avec fourrures en bronze durci avec un peu plus de jeu entre la fusée et la fourrure, pour remédier à la dilatation plus grande du bronze par rapport à l'acier.

La grande difficulté dans la boîte « patent » appliquée aux roues de l'automobile rapide est la lubrification qui doit être suffisante mais sans excès.

Cette lubrification doit aussi pouvoir être assurée sans démontage de la roue ; car la moindre saleté venant de l'extérieur peut avoir une telle influence que cette opération ne doit être confiée qu'à un ouvrier du métier, soigneux autant qu'habile.

Pendant longtemps les essais du roulement à billes, qui donnait de si excellents résultats pour la bicyclette, ont échoué pour la voiture automobile. Aujourd'hui la question semble avoir changé de face tout au moins pour les roues directrices, toutes les difficultés de détail mieux étudiées sont résolues et la diminution du coefficient de frottement de la fusée sur la boîte est assez grande pour que le rapport des diamètres de la fusée et du bandage puisse être, sans trop d'inconvénients réduit autant qu'il est nécessaire pour obtenir la stabilité latérale d'un véhicule destiné à de si grandes vitesses.

D'un autre côté, cette diminution du diamètre des roues rend plus facile leur construction et plus grande leur endurance à l'encontre des ébranlements si violents que leur causent les aspérités de la chaussée, surtout à grande vitesse.

Les roues d'automobiles se composent, comme celles de la voiture ordinaire, d'un moyeu, de rais, d'une jante et d'un bandage. Ces différentes pièces peuvent être isolément ou ensemble, soit en bois, soit en métal.

La roue en bois automobile diffère de la roue en bois des voitures ordinaires, en ce que son écuanter est généralement très faible et souvent nul; en ce que les rails s'assemblent à un moyeu métallique comme dans les roues de l'artillerie. Les rais s'assemblent à la jante

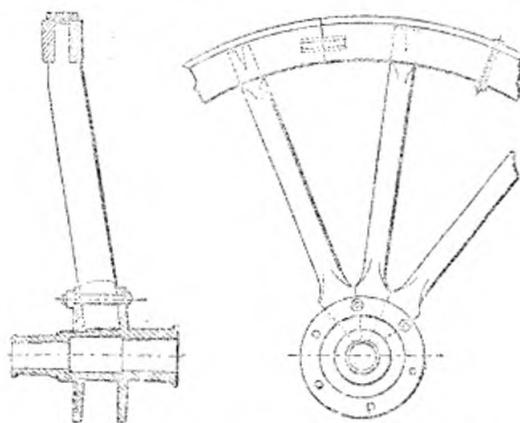


Fig. 30. — Roue du matériel d'artillerie.

comme dans les voitures ordinaires (fig. 30). Peut-être y aurait-il intérêt à imiter l'artillerie allemande à cet égard.

La jante en bois est conforme dans les deux genres de roues.

Dans cette roue le poids de la voiture appliqué aux moyeux est supporté par les rails qui travaillent à la compression. Les rais portant sur le sol tendent donc à s'enfoncer entre les tourteaux, les rais supérieurs, à en sortir, tirés par la jante.

Dans certaines roues métalliques on a copié les roues en bois sans tenir compte de la différence de structure des matières employées. Mieux inspirés nous semblent avoir été les constructeurs qui, dans la roue métallique, ont fait supporter le moyeu par les rais fixés à la partie supérieure de la jante qui travaillent alors à la traction. On peut donc réduire leurs poids à ce qui est strictement nécessaire à l'effort supporté, alors que s'ils travaillaient à la compression, il faudrait employer un excès de matière pour éviter le flambement.

Dans ces roues, la légère déformabilité de la jante métallique constitue une sorte de suspension rudimentaire entre les aspérités du sol et le moyeu.

La grande difficulté est d'obtenir un mode de fixation des rais au moyeu et à la jante qui, tout en étant suffisamment robuste permette de remplacer facilement un tendeur qui se briserait.

Dans les roues métalliques l'écuanteur doit être double, c'est-à-dire que les tendeurs doivent être disposés suivant la surface de deux cônes symétriques de part et d'autre du plan médian de la roue. De plus, pour éviter leur cisaillement par effort fléchissant, au lieu de les placer comme les rais en bois, c'est-à-dire suivant des rayons (comme Peugeot) il faut les disposer suivant des tangentes au moyeu (comme dans la bicyclette).

Quelle que soit la matière employée dans la construction de la roue, la pièce la plus importante est le bandage qui est en contact avec le sol.

Si nous avions le temps de faire de l'archéologie, nous décririons le bandage en bois des Egyptiens qui s'est conservé jusqu'au siècle dernier dans le comté de Foix, à en juger par les deux roues exposées par l'Ecole vétérinaire de Foix, à la Rétrospective de l'agriculture et nous parlerions du bandage en fer continu des chars de guerre gaulois trouvé dans les sépultures remontant au VIII<sup>e</sup> siècle avant notre ère, qui a précédé les bandages discontinus encore en usage au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle pour les voitures de roulages et les chars agricoles.

Nous nous bornerons à rappeler que la voiture sur laquelle Levassor a fait, en 1895, son magnifique raid de Paris-Bordeaux et retour, d'où

date l'ère de l'automobilisme; avait un bandage en caoutchouc plein. Après l'avoir conservé dans la course Paris-Marseille, Levassor fut amené à l'abandonner pour le bandage pneumatique, sans lequel la vitesse n'est pas pratiquement possible.

Cette assertion mérite quelques développements.

Si l'on place sur une voiture ordinaire un seismographe, appareil qui enregistre les mouvements d'oscillations transversaux, verticaux et longitudinaux, on s'aperçoit que les oscillations transversales qu'on est porté à croire négligeables, sont au contraire plus prononcées, non seulement que les oscillations longitudinales, mais même que les oscillations verticales auxquelles on est porté à attribuer une importance capitale.

La suspension rationnelle doit avoir pour but de remédier à ces trois ordres d'oscillations.

Or, le mode de suspension adopté pour les voitures sans train, où la liaison des deux essieux a lieu par le châssis, ne permet pas d'obvier aux oscillations transversales. Telle est la cause de l'accroissement de tirage des petites voitures à bras qu'à leur grand étonnement les livreurs des grands magasins constatèrent lorsque leurs roues avec bandage en fer furent pourvues de boîtes patent. Elles s'opposaient aux déplacements latéraux des fusées si faciles à constater dans les chariots à graissage ordinaire où le bout de l'essieu entre et sort constamment de la boîte de moyeu.

Ce balancement d'un côté à l'autre ne peut être évité que par l'interposition d'une pièce élastique transversalement : bandage en caoutchouc d'une certaine épaisseur.

Si les ressorts ordinaires mettent la partie suspendue à l'abri des oscillations longitudinales et verticales, il laisse les roues et les essieux, qui forment une partie notable du poids transporté, exposés à toutes les trépidations résultant des chocs répétés de la jante contre les aspérités du sol. Toutes les expériences classiques de Morin et de Dupuit démontrent que plus ces chocs sont répétés c'est-à-dire plus la vitesse est grande, plus l'effort de tirage est considérable.

En interposant des rondelles de caoutchouc entre le moyeu et sa boîte, M. G. Anthoni a mis le poids de l'essieu en dehors de la partie non suspendue, au plus grand avantage du tirage et de la douceur de la suspension.

Avec les vitesses atteintes par les automobiles, ces trépidations auraient en outre le grave inconvénient de détruire rapidement tous les assemblages des roues en bois.

Le bandage en caoutchouc doit donc être assez souple pour se mouler sur toutes les aspérités de la chaussée. Seul le pneumatique jouit de cette propriété.

Bien que son coefficient de frottement de roulement proprement dit soit plus fort que celui du fer ou de l'acier, sa résistance totale est cependant moindre et d'autant moindre que les aspérités peu accentuées sont plus nombreuses.

La diminution de résistance dans le roulement sur routes est tellement liée à la facilité avec laquelle le bandage se moule sur les aspérités du sol, que si celui-ci est uni, pour empêcher la résistance de dépasser par trop celle que donnerait un bandage métallique, il faut gonfler le pneu aussi dur que possible. La pratique des coureurs cyclistes sur piste en est la preuve.

Cette théorie succincte du bandage élastique permettra de comprendre l'inanité des recherches de ceux qui, par mesure d'économie, en vue d'éviter l'usure d'une matière aussi coûteuse que le caoutchouc, proposent de garnir la surface extérieure du pneu de protecteurs métalliques plus ou moins ingénieusement dressés ou articulés.

Ils obtiennent chèrement la légère amélioration que M. Anthoni obtient économiquement avec ses coussinets en caoutchouc.

La fabrication des bandages élastiques constitue une des industries annexes de l'automobilisme les plus florissantes. Sans elle, pas plus que le cyclisme, l'automobilisme n'existerait ; mais vu le poids considérable que les bandages des voitures automobiles ont à supporter, les diamètres doivent être plus considérables, la fabrication doit être plus soignée.

Il y a deux modes principaux de fabrication : la vulcanisation après entoilage, la fabrication par simple collage.

Le premier est le seul adopté pour les pneus des automobiles relativement lourds. Les maisons Michelin (France, grand-prix), Edeline (France, médaille d'or), Compagnie Continentale de caoutchouc et gutta-percha (Allemagne, médaille d'or), les Etablissements Hutchinson (médaille d'or) tiennent le premier rang. La maison Falconnet, Perrodeau et C<sup>e</sup> se trouvait hors concours, M. Falconnet étant membre du jury. Il en a été de même de la maison Dunlop qui fabrique surtout les bandages pneumatiques des voitures légères et de la maison Tornilhon et C<sup>e</sup>.

Le Jury a distingué encore les maisons Loubieu (médaille d'argent). Vital-Bouhours (médaille d'argent), Oury (médaille d'argent), Frantz

Clouth Rheinische Gummi Waarentfabrick (Allemagne) médaille d'argent) et Rubber Tire Wheel Co of America (Etats-Unis) (médaille d'argent).

Nous ne pouvons évidemment entrer dans tous les détails de l'agrafage de l'enveloppe dans la jante, du mode de fixation de la chambre à air, de la nécessité de saupoudrer cette dernière de talc, etc. ; nous nous bornerons à signaler l'importance de ces dispositifs qui jouent un si grand rôle dans les incidents de la route en réduisant les chances de panne et en augmentant les facilités de réparation.

Du moment que les roues d'automobiles doivent être munies de bandages élastiques, que ces bandages, pour remplir complètement leur rôle, doivent être pour les grandes vitesses, des pneumatiques sans aucun protecteur empêchant leur usure, il importe de rendre celle-ci le moindre possible.

Le seul moyen, c'est d'augmenter leur diamètre et de diminuer la charge qu'ils ont à supporter.

En ce qui concerne l'augmentation du diamètre, l'industrie des pneus est entrée largement dans cette voie et aujourd'hui elle fabrique couramment du 90 et même du 120.

Quant à la diminution de la charge, elle dépend et du poids total de la voiture et de la répartition de ce poids entre les deux essieux.

Le poids total tend malheureusement plutôt à s'augmenter par suite de la puissance toujours croissante du moteur, partant de ses approvisionnements en combustible et eau de refroidissement, du confort de la carrosserie, du plus grand nombre de places dont on désire pouvoir disposer.

La répartition égale sur les deux essieux reste la seule manière de réduire la charge sur les pneus des roues motrices.

Dans la voiture à traction animale, la direction se faisant par avant-train mobile, les reues d'avant doivent être d'un diamètre assez faible pour pouvoir passer sous la caisse. Dans la voiture automobile où la direction se fait par essieu brisé et où la rotation des roues directrices est limitée à 35 degrés, cette sujexion n'existe pas et les roues avant peuvent avoir un diamètre aussi grand que celui des roues arrière à la seule condition d'être suffisamment écartées de la caisse par le prolongement des essieux. Les roues égales offrent d'ailleurs l'avantage de permettre au touriste d'emporter moins d'enveloppes de recharge.

Mais l'égalité des diamètres conduirait à l'égalité des charges ; or, sur certaines déclivités en pavage mal entretenu, on risquerait que les roues motrices manquassent d'adhérence sous la demi-charge.

Il faudra donc continuer à charger un peu plus les roues motrices que les roues directrices tant que ne sera pas résolu pratiquement le problème des quatre roues motrices.

Il en existe d'ailleurs déjà quelques solutions.

Avec la direction par avant-train mobile, il est facile de placer à

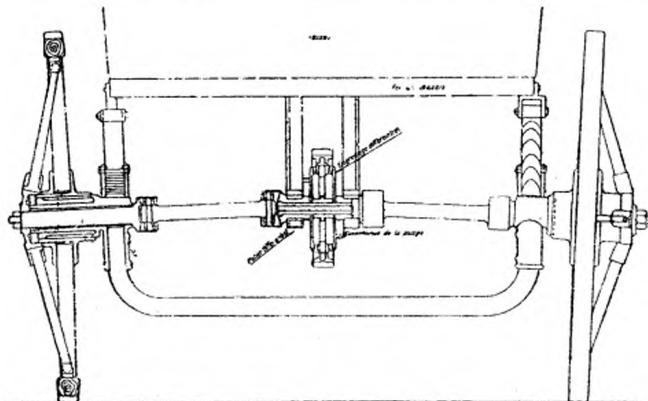


Fig. 31. — Dispositif d'entrainement des roues motrices du tracteur de Dion et Bouton.

l'avant sur un arbre auxiliaire genre de Dion et Bouton un différentiel commandant les deux roues directrices-motrices (fig. 31).

L'avant-train Doré (fig. 32) des voitures des électromobiles est une

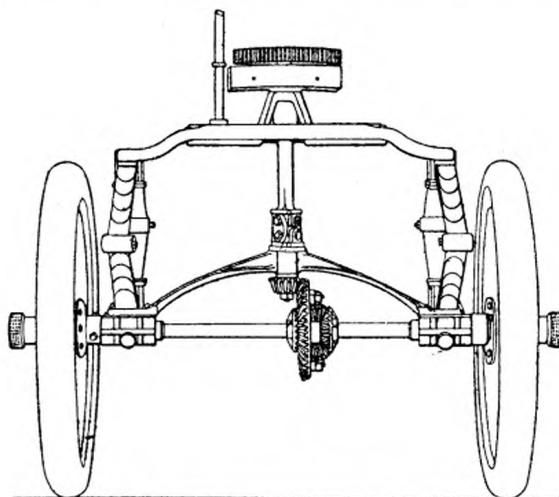


Fig. 32. — Avant-train directeur à essieu moteur G. Doré.

autre solution moins avantageuse, puisque le différentiel est placé sur l'essieu même, alors moins rigide.

Avec la direction par essieu brisé, le problème, quoique un peu plus compliqué, est cependant des plus aisés en théorie ; car, du moment où la roue directrice est solidaire d'un pivot fixé à l'essieu rien n'empêche de transmettre à ce pivot, comme dans l'avant-train mobile, un mouvement de rotation qu'une roue d'angle communiquera à la couronne dentée fixée aux rais de la roue motrice. Un coupé électrique construit par M. Jeantaud, fonctionne avec succès depuis trois ans avec un dispositif de ce genre (fig. 33) dont tous les engrenages sont enfermés dans des carters remplis de graisse consistante.

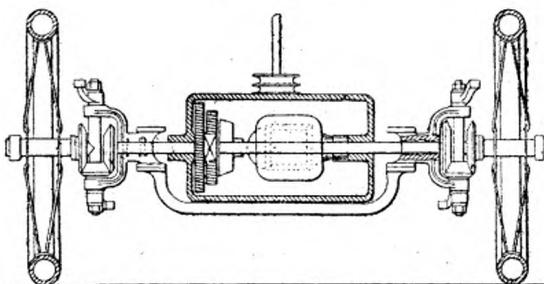


Fig. 33. — Essieu directeur moteur Jeantaud.

D'ailleurs, les inconvénients de l'avant-train mobile seraient bien diminués, sinon même annihilés, si on le disposait de manière à limiter sa rotation à celle de la direction par essieu brisé, c'est-à-dire à 35 degrés, car alors, il suffirait de placer sur le côté extérieur de l'avant-train un arc denté.

Ce dispositif est employé sur les grosses voitures Leblant.

Enfin l'arrière-train pourrait être mobile dans ces mêmes conditions, comme l'avant-train avec lequel il serait relié par un même arbre à vis leur imprimant des déplacements conjugués qui, tout en étant assez faibles, suffiraient pour obtenir la rotation de la voiture suivant un rayon aussi faible qu'on le désirerait.

La suspension des roues assurée, nous avons à passer en revue les diverses suspensions employées pour combattre les oscillations longitudinales et verticales du châssis.

Un grand nombre de constructeurs emploient pour l'avant de la voiture automobile les ressorts à pincettes comme sur la voiture à traction animale où on lui trouve l'avantage de mettre, par la facilité de sa déformation longitudinale, le moteur animé à l'abri des réactions de l'avant-train sur le sol ; mais justement à cause de sa déformabilité longitudinale trop aisée, le ressort à pincettes a paru au plus grand

nombre des constructeurs automobilistes devoir être exclu de l'avant, car il donne alors à la direction un flottement très appréciable, presque égal à celui constaté sur la direction par avant-train.

Aussi le ressort le plus employé à l'avant est-il le ressort simple à lames, fixé à son extrémité antérieure par un boulon et à son extrémité postérieure par une jumelle.

Cependant M. Jeantaud préfère les ressorts transversaux qui permettent à chaque roue de mieux obéir aux déplacements verticaux exigés par les aspérités du sol.

Pour l'arrière des voitures à roues motrices entraînées par des chaînes, on ne saurait adopter le ressort à pincettes, car si la déformabilité suffit pour faire flotter la direction, elle ne permet pas à l'essieu arrière le déplacement qu'exige le maintien, par une bielle d'écartement, d'une distance invariable, malgré la flexion des chaînes, entre l'essieu et l'arbre portant les pignons de commande. Là aussi le ressort doit être à simples lames, mais fixé par des jumelles à ses deux extrémités.

Cependant certains constructeurs, et non des moindres, ont adopté pour l'arrière de véhicules relativement lourds des suspensions à quatre ressorts dont deux transversaux liés ensemble par menottes ou doubles jumelles comme dans les voitures ordinaires.

On pourrait peut-être préféablement arriver au même résultat en interposant la suspension entre la caisse et le châssis, dispositif si employé par les constructeurs américains.

La fabrication de tous ces ressorts constitue une industrie annexe qui est réunie à celle des essieux et boîtes de moyeu.

Les maisons qui travaillent pour l'automobilisme sont évidemment les mêmes que celles qui fournissent les carrossiers ordinaires et les compagnies de chemins de fer.

#### CHANGEMENTS DE VITESSE.

Le châssis de toute voiture automobile comporte un certain nombre d'organes qu'il importe d'étudier.

Quel que soit le moteur adopté, comme il doit être léger et peu volumineux, il devra forcément compenser par le nombre des tours l'insuffisance du couple moteur de chacun.

A moins de réduire les roues à des simples roulettes comme celles dont la *Jamais-Contente* de M. Jenatzy était pourvue, leur vitesse de rota-

tion ne pourra jamais être qu'une fraction restreinte de celle de l'arbre moteur. Entre les deux il faudra donc interposer un réducteur de vitesse.

De plus, selon les déclivités de la route ou les sujétions de la circulation dans les centres habités, il faut pouvoir donner à la voiture des vitesses différentes ; la réduction de la vitesse de l'arbre moteur devra donc être variable si la puissance du moteur n'est pas assez souple pour suivre ces changements de vitesse.

Le réducteur variable de la vitesse s'appelle le changement de vitesse. Nul dans les voitures à moteur électrique, nul ou réduit à deux vitesses dans les voitures à moteur à vapeur, il comporte le plus souvent quatre vitesses différentes dans la voiture à moteur à mélange tonnant.

Comme celui-ci est tellement répandu qu'on peut dire que la locomotion automobile est la locomotion par moteur à mélange tonnant, le changement de vitesse a une importance exceptionnelle dans l'établissement du châssis de la voiture automobile.

Le changement de vitesse en apparence le plus simple est celui qui permet la transmission par courroie. Il n'y a qu'à faire glisser la courroie sur deux cônes symétriques de manière à avoir une tension constante (fig. 34).

Malheureusement la courroie inclinée en sens inverse sur les deux cônes fatigue beaucoup et a une tendance à glisser.

On peut remplacer les cônes par des poulies accolées réunies par des

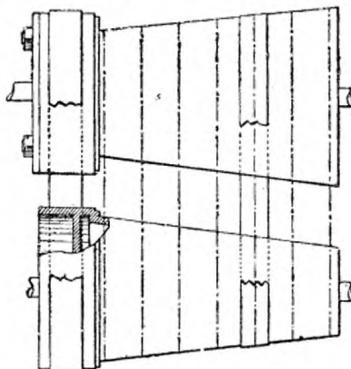


Fig. 34.— Dispositif de transmission par poulies-cônes.

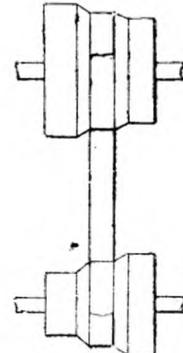


Fig. 35.— Dispositif de transmission par poulies étagées.

plans inclinés ; la seule difficulté que présente le transfert d'une poulie à l'autre peut être facilement résolue à l'aide d'une fourchette trapézoïdale spéciale (Léon Bollée) (fig. 35).

Au lieu de faire glisser la courroie sur des poulies successives de diamètres différents, pourquoi ne ferait-on pas varier les diamètres conjugués des deux poulies extensibles sur lesquelles la courroie resterait constamment. Jusqu'ici la poulie extensible, système Fouillaron, a été seule adaptée à une voiture automobile pratique.

D'ailleurs la pratique n'est pas favorable à l'emploi de la courroie dont le moindre défaut est de s'allonger peu à peu. Cependant la courroie offre certains avantages, entre autres celui de pouvoir utiliser comme mode de freinage énergique le moteur à mélange tonnant mis à la marche arrière ; aussi un certain intérêt s'attache-t-il aux solutions de la poulie extensible qui ont été exposées dans la classe 30.

Après la transmission par courroie, la plus simple à concevoir est celle d'une roulette calée sur l'arbre de transmission, entraînée par un plateau solidaire du moteur. Cette transmission a été appliquée à la voiture automobile, entre autres, par Benting et Lepape. Le plateau est vertical chez la première, horizontal chez le second. En faisant varier la distance au centre du plateau animé de la vitesse du moteur, du point de contact de la roulette calée sur l'arbre de transmission, on réduira dans la proportion voulue la vitesse de ce dernier (fig. 36).

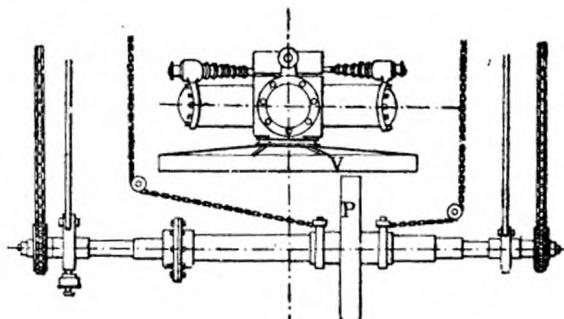


Fig. 36. — Mécanisme de démultiplication et de variation mécanique de la vitesse.

Ce dispositif si simple de réduction de vitesse variable n'a pas pu jusqu'ici entrer dans la pratique par suite de l'obstacle qu'apporte au déplacement de la roulette la pression énergique qu'elle doit exercer sur le plateau pour être entraînée par lui.

Peut-être qu'en constituant la roulette avec deux disques réunis à leur pourtour par un cuir de manière à former une enceinte étanche où on injectera de l'air ou des gaz brûlés sous pression, comme dans

l'embrayage Crouan, on pourra réaliser un jour ce mode de transmission.

En attendant, le plus grand nombre de constructeurs qui dès l'origine ont appliqué la transmission par engrenages, ont adopté le changement de vitesse par train balladeur dans lequel un certain nombre (4 d'ordinaire) de roues dentées de diamètres différents sont fixées à un manchon, pouvant coulisser sur l'arbre de transmission en face d'un même nombre de roues dentées, de diamètres conjugués avec les premières, qui sont calées sur l'arbre moteur. On ne met ainsi en prise que les deux roues qui correspondent à la vitesse désirée.

Cet appareil très simple a l'inconvénient d'exposer par le côté les dents à des chocs successifs destructeurs, si on essaye de mettre en prise deux roues qui correspondent à une vitesse par trop différente de celle que la voiture possède. Ces chocs occasionnent de plus un bruit désagréable.

Pour y obvier on a préféré laisser toutes les roues dentées calées sur l'arbre moteur avec leurs homologues folles sur l'arbre de transmission. On cale sur ce dernier la roue qui correspond à la vitesse désirée. Les chocs que ce calage peut entraîner se produisent alors sur des surfaces étudiées et travaillées *ad hoc*.

Nombreux sont les divers modèles basés sur ce système qui ont été imaginés et employés. On a fini par abandonner tous ceux où le calage n'était pas obtenu par des organes robustes et extérieurs c'est-à-dire faciles à voir et à réparer au besoin.

A noter le dispositif d'embrayage Crouan où chaque roue folle est placée presque au contact d'un plateau fixe muni d'une chambre en cuir dont on peut augmenter le volume en y comprimant du gaz sortant des cylindres de manière à coincer la roue qu'on désire caler.

En lieu d'avoir les roues en prise montées sur des arbres parallèles, on peut les disposer autour de la circonférence de l'arbre de transmission (système exploité par Rochet-Petit).

Dans d'autres changements de vitesse, comme par exemple, dans celui de la voiturette des frères Renault, on peut, au lieu d'engrenier les roues par le côté, les présenter en face l'une de l'autre.

Dans ce cas l'arbre moteur et l'arbre de transmission sont placés dans le prolongement l'un de l'autre et chacun porte calées des roues dentées de diamètre convenable.

Ces deux arbres peuvent être reliés l'un à l'autre, l'arbre de transmission tourne alors à la même vitesse que l'arbre moteur. On peut

rompre la liaison et présenter un équipage de deux roues dentées qui engrènent avec deux des roues calées respectivement sur l'arbre moteur et l'arbre de transmission dont la vitesse alors déterminée par le rapport du nombre des dents des roues en prise.

Généralement il y a trois vitesses.

Avec la grande longueur que l'on donne maintenant aux châssis les voitures automobiles ne peuvent plus tourner dans les rues que par une série de mouvements analogues à celui des tramways sur un terminus en triangle américain, c'est-à-dire que la voiture, pendant un certain temps, doit faire marche en arrière. D'ailleurs les règlements imposent cette marche à toute voiture pesant plus de 350 kg.

A l'origine, la maison Peugeot a obtenu la marche arrière en interposant un pignon supplémentaire entre les roues dentées de l'arbre moteur et de l'arbre de transmission correspondantes à la petite vitesse.

Les anciens établissements Panhard et Levassor ont, au contraire longtemps adopté le dispositif suivant, déjà employé en 1878 par M. A. Bollée dans sa voiture *la Mancelle*. L'arbre de transmission se termine par une roue d'angle qu'on peut engrener d'un côté ou de l'autre avec un des deux pignons dentés portés par un train coulissant sur le différentiel. Aujourd'hui ils semblent y renoncer et adopter le pignon auxiliaire interposé qui est devenu d'un usage général.

Notre exposé des divers systèmes de changement de vitesse serait incomplet si nous n'indiquions pas les désiderata qu'il y a encore à réaliser.

Jusqu'à présent, dans le changement de vitesse, on semble être parti de cette idée que la puissance du moteur à mélange tonnant étant constante, il fallait que la vitesse du véhicule variât en sens inverse de l'effort résistant de manière à maintenir à peu près constante la vitesse normale du moteur.

Une étude plus approfondie de ce moteur a montré au contraire que le couple moteur restait constant dans certaines limites du nombre des coups de piston par minute et que la puissance du moteur croissait avec ce nombre de coups ; qu'entre d'autres limites la diminution du couple moteur était plus que compensée par l'augmentation du nombre des coups et que la puissance allait encore en croissant ; qu'au delà la diminution du couple moteur était telle que la puissance diminuait elle-même malgré l'augmentation du nombre des coups de piston.

Dans ces conditions, on peut imaginer que la démultiplication soit telle qu'en palier la vitesse désirée soit obtenue avec un nombre de coups de piston inférieur à celui qui correspond à la puissance maximum du moteur. En abordant alors une certaine déclivité, on devrait pouvoir, en faisant varier la multiplication, maintenir la même vitesse des roues, en augmentant le nombre des coups de piston.

La réduction variable de la vitesse de l'arbre moteur a donc pour l'automobile la même importance que la multiplication variable pour la bicyclette. La solution du problème semble plus simple pour l'automobile où on ne craint pas la multiplicité des organes comme sur la bicyclette. Cependant la question ne semble pas encore avoir préoccupé les constructeurs d'automobiles. Seuls, les inventeurs de système de poulies extensibles pourraient en ce moment présenter une solution du problème.

Jusqu'en 1900 le changement de vitesse obtenu par les dispositifs que nous venons de passer en revue avait paru un organe trop pesant, trop volumineux pour les motocycles, quadricycles et voiturettes légères.

Sur les rampes, dans les motocycles, le cavalier agissant sur les pédales fournissait le supplément de puissance nécessaire, et ce dans des proportions telles que dans la course à l'alcool de Paris-Roubaix, Cormier, montant un motocycle, n'a consommé que 0 litre 079 d'alcool carburé à la tonne-kilomètre.

A cette époque est apparue l'application aux quadricycles d'un changement de vitesse des moins volumineux essayé jadis sur le cycle *Crypto*, par différentiel et friction. D'un fonctionnement assez difficile sur le cycle où il était réduit à des dimensions trop faibles, il a été si facile à manœuvrer sur les automobiles que presque instantanément tous les constructeurs de motocycles, quadricycles, voiturettes, etc., se sont empressés de l'appliquer à ces véhicules légers en en modifiant chacun quelque peu certains détails :

Cet appareil se compose :

- 1<sup>o</sup> D'une roue dentée calée sur l'arbre moteur ;
- 2<sup>o</sup> D'une couronne dentée folle sur l'arbre moteur et solidaire du pignon de commande des roues motrices ;
- 3<sup>o</sup> D'un pignon engrenant avec cette roue et cette couronne. L'axe de ce pignon est porté par un plateau fou sur l'arbre du moteur, mais pouvant en être rendu solidaire ; de plus, un frein agissant, par exemple, sur la circonférence extérieure du plateau peut le rendre immobile dans l'espace

Voici comment fonctionne ce changement de vitesse :

Si le plateau est calé sur l'arbre moteur, le pignon solidaire de la roue dentée entraîne la couronne et, par suite, le pignon de commande avec la même vitesse.

En décalant le plateau, on permet à l'axe du pignon de suivre le mouvement de la roue calée sur l'arbre moteur et le pignon tourne autour de lui-même sans pouvoir vaincre la résistance de la couronne dentée. On obtient ainsi le débrayage.

Si après avoir décalé le plateau, on le rend immobile dans l'espace, l'axe du pignon ne peut plus se déplacer et le pignon, entraîné par la roue de l'arbre moteur, tourne en entraînant la couronne solidaire du pignon de commande dont la vitesse dépend alors du rapport du nombre de dents de la roue et de la couronne. On obtient ainsi la petite vitesse.

On peut évidemment n'avoir qu'un pignon (V<sup>e</sup> Levassor et de Boisse) ou trois pignons (Rocher-Petit). Au lieu de roues et couronnes planes (Gladiator) on peut avoir des roues et couronnes d'angles, comme dans les cycles, etc.

#### DIFFÉRENTIEL

Quelle que soit la nature du moteur employé, on peut : soit n'employer qu'un moteur unique à un ou plusieurs cylindres, soit actionner chaque roue par un moteur distinct suivant le desideratum qui, exprimé dès 1866 par le baron Séguier, a été réalisé avec le moteur à vapeur : par Michaux, en 1870, et par Turgan en 1900 ; avec le moteur électrique : par Kriéger, en 1898, et par Jenatzy en 1899.

Avec les deux moteurs distincts le problème exige que l'énergie leur soit fournie de manière à leur imprimer des mouvements convenablement conjugués. La vapeur et l'électricité s'y prêtent à merveille.

Avec un moteur unique, la répartition entre les deux roues doit se faire par un appareil mécanique faute duquel, pendant de longues années, les inventeurs ont dû recourir à la roue motrice et directrice d'un tricycle.

Cet appareil semble avoir été appliqué pour la première fois aux locomotives routières Aveling et Porter qui ont figuré à l'Exposition Universelle de 1867 et aux tricycles vélocipédiques en 1883. C'est en principe l'engrenage satellite imaginé en 1828 par Onésiphore Pecqueur pour relier les deux tronçons de l'essieu arrière de son chariot sur lesquels les roues motrices étaient calées.

Chacun des tronçons portait une roue d'angle entre lesquelles pouvait tourner une couronne dentée reliée par chaîne à l'arbre moteur. Des pignons d'angle fous sur les rayons de cette couronne engrenaient avec les dentures des deux couronnes. Lorsque rien n'empêche une des deux roues de prendre la même vitesse que l'autre, les deux couronnes dentées réunies par les pignons tournent ensemble. Si une cause quelconque entraîne le ralentissement d'une des roues motrices, les pignons tournant autour de leurs pivots de la quantité nécessaire à la vitesse relative des deux roues d'angle.

Si le principe a été conservé, les détails ont été modifiés par les constructeurs ; les roues et les pignons d'angle peuvent être remplacés par des roues et des pignons droits. La position relative de ces divers organes peut être modifiée, etc.

La fabrication des différentiels est une de celles qui font la réputation de maisons construisant des pièces détachées pour bicyclettes, voitures, etc. Entre autres, la maison Malicet et Blin (médaille d'argent) ; Chavanet, Gros, Pichard et C<sup>e</sup> (médaille d'argent).

La position adoptée par Pecqueur n'a été conservée que sur les véhicules assez légers pour que l'effort fléchissant supporté par l'essieu puisse être combattu par le boulonnage des deux plateaux du carter. Dans ce cas, lorsque le moteur est placé à l'avant la transmission a lieu par un arbre brisé ou cardan.

Dans la plupart des voitures lourdes, les constructeurs placent le différentiel sur un arbre intermédiaire parallèle à l'essieu dont chaque extrémité porte le pignon de commande d'une couronne, soit fixée aux rais de la roue motrice correspondante s'ils sont en bois, soit calée sur le moyeu si la roue est à tendeurs métalliques. Ces deux pièces étant séparées par des ressorts, leur liaison ne peut se faire que par un organe déformable, au moins en direction. Généralement, c'est une chaîne qui relie ces deux organes dentés. Il faut alors assurer la constance de la longueur en reliant par une bielle d'écartement l'arbre intermédiaire et l'essieu. Ce dernier doit donc pouvoir se déplacer par rapport aux châssis, comme nous l'avons dit à propos de la suspension.

D'autres constructeurs, comme la maison de Dietrich, préfèrent la transmission acatène par un arbre portant à ses deux extrémités des roues d'angle ; mais alors, pour compenser les déplacements relatifs des deux axes, l'arbre de transmission porte un joint à la Cardan.

La maison de Dion et Bouton a adopté un autre dispositif (Voir fig. 31, p. 160). Les fusées de l'essieu autour desquelles tournent les roues mo-

trices, au lieu d'être pleines comme à l'ordinaire, sont creuses de manière à donner passage aux extrémités des arbres intermédiaires reliés au différentiel qui est fixé au châssis au-dessus de l'essieu fortement coudé.

Comme dans la transmission de Dietrich, les extrémités de ces arbres intermédiaires portent un joint à la Cardan.

Pour relier la roue motrice à l'extrémité de l'arbre intermédiaire, la maison de Dion et Bouton emploie deux systèmes suivant qu'il s'agit de roues à tendeurs métalliques de motocycles et de voitures ou de roues à jante de bois de voitures lourdes.

Dans les premières, le bout extérieur du moyeu est calé sur l'extrémité de l'arbre intermédiaire. Dans les secondes, cette extrémité porte des bras ou entraîneurs reliés à la jante ou plutôt à un rai dans le voisinage de la jante.

Dans d'autres voitures (Hurtu, Chenard et Walker) l'arbre intermédiaire placé au-dessus ou latéralement à l'essieu porte à chaque extrémité un pignon denté qui engrène avec la denture intérieure d'une couronne calée sur le moyeu de la roue motrice.

Après avoir, à défaut du différentiel, cherché en vain pendant longtemps toute une série de dispositifs pour le remplacer, aujourd'hui qu'on le possède, on pourrait croire que les inventeurs se bornent à en modifier les détails. Il n'en est rien.

Ainsi la maison Brouhot supprime le différentiel et place dans chaque moyeu des roues calées sur l'essieu, un encliquetage qui permet à chacune de conserver une vitesse plus grande que l'autre si celle-ci est retardée. C'est simplement du reste l'application à l'automobile d'une solution du problème de la roue libre qui passionne en ce moment le monde des cyclistes.

#### FREINAGE

Il est enfin un dernier organe du châssis indépendant du choix du moteur, c'est celui qui a pour but d'assurer le freinage des véhicules indispensable, aussi bien pour la sécurité des voyageurs sur les déclivités que pour celle des tiers même en palier.

L'action du frein peut être exercée sur une couronne montée en un point quelconque de la transmission solidaire du châssis. Généralement, on préfère la placer sur la couronne du différentiel.

Le plus souvent, il est disposé de telle sorte qu'il entre en action lorsqu'on pousse à fond la manœuvre du débrayage effectué par pédale.

Ce frein est généralement à lame ou à mâchoire ; il peut alors agir facilement dans les deux sens, c'est-à-dire empêcher aussi bien le véhicule de reculer dans une rampe que d'avancer dans une pente.

Comme l'organe déformable de la transmission aux roues motrices peut, ou se briser ou se détacher, il est essentiel d'avoir un mode de freinage agissant directement sur les roues motrices.

Avec les bandages élastiques que nous avons vus être indispensables à la voiture automobile rapide, il ne saurait être question du patin frottant sur le bandage.

Quelques-uns le placent cependant sur leurs voitures ; mais ils le considèrent comme un frein de fortune pour les cas désespérés.

Le mode de freinage habituel sur les roues est manœuvré avec un levier et dérive du frein à corde du commandant Lemoine employé sur les omnibus. Il agit le plus souvent sur des couronnes placées latéralement aux couronnes dentées de commande de roues motrices.

La seule sujexion que présente ce freinage, c'est la parfaite simultanéité d'action des freins sur les couronnes de chaque roue. Il doit aussi évidemment pouvoir agir dans les deux sens. Cette seconde condition, facile à réaliser avec les freins à lame et à mâchoire, l'est beaucoup moins avec les freins à corde.

Il ne faut pas perdre de vue que le bandage élastique ne pouvant pas être serré en même temps que le moyeu, comme dans les omnibus, l'emploi du frein n'agissant que sur le moyeu, expose les rais à des flexions dangereuses. Il faut donc être très réservé dans l'emploi de ce frein.

La maison Lehut (médaille de bronze) se livre spécialement à la fabrication des freins.

#### GRAISSAGE

La plupart des organes que nous venons de passer en revue comportent des articulations ou des axes de rotation qui ont besoin d'un graissage parfait dont la continuité ne peut qu'augmenter l'heureuse influence. De là, une des industries annexes les plus importantes et les mieux représentées à l'Exposition de 1900 ; graisseurs automatiques, coups de poing, etc.

Ce jury a particulièrement distingué les maisons Henry (médaille d'argent), Lefebvre (médaille de bronze).

De même la fabrication des huiles et graisses spéciales pour les automobiles constitue une annexe fort intéressante.

### ÉCLAIRAGE

La vitesse à laquelle marchent normalement les voitures automobiles rend encore plus nécessaire que pour les voitures à traction animale l'emploi des lanternes à lumière intense. Cette industrie annexe de la carrosserie a dû prendre un nouvel essor pour satisfaire aux besoins spéciaux de l'automobilisme en tirant partie de la lumière électrique, du gaz acétylène, etc. Le Jury a particulièrement distingué dans cette industrie la maison Ducellier et C<sup>e</sup> (hors concours), Blériot (médaille de bronze).

### MOTEURS

Pour compléter le châssis, il ne reste plus qu'à y placer un moteur léger et peu volumineux utilisant une source d'énergie facile à se procurer en cours de route.

Jusqu'à présent, pour l'automobilisme, les seuls moteurs qui réalisent les désiderata du touriste sont le moteur à vapeur à chaudière chauffée avec des combustibles liquides et le moteur à mélange tonnant à essence ou à alcool carburé.

Sur les voitures destinées aux courses des hommes d'affaires dans un périmètre restreint, on peut adopter avec avantage le moteur électrique alimenté par des accumulateurs.

Enfin, les véhicules employés dans les services réguliers de l'automobilisme industriel, utilisent, en outre, soit le moteur à vapeur avec chaudière chauffée aux combustibles solides soit les moteurs à air ou à gaz acide carbonique comprimés.

Cependant dans l'étude des voitures automobiles exposées dans la Classe 30, nous nous bornerons à l'étude des moteurs à vapeur, à mélange tonnant et électrique.

### MOTEURS À VAPEUR

Nous commencerons par le moteur à vapeur, le premier en date, comme nous l'avons vu dans l'historique des inventions successives.

L'étude de ce moteur comprend trois parties distinctes : la production de l'énergie calorifique, sa transformation en vapeur d'eau, l'utilisation de celle-ci dans le moteur.

La production de l'énergie calorifique s'obtient dans une enceinte spéciale — le fourneau — où le combustible adopté est mis en présence de l'air à une température convenable.

La concentration de l'énergie calorifique dans un fluide élastique s'obtient dans une enceinte spéciale — la chaudière — où l'eau est transformée en vapeur à la pression voulue.

La pression du fluide élastique ainsi obtenu est employée dans une autre enceinte — le cylindre — à imprimer un mouvement alternatif à un piston relié par une bielle à un coude ou une manivelle de l'arbre moteur.

Pour obtenir un moteur aussi léger et aussi peu volumineux que possible, il faut que la vapeur à haute pression imprime à un piston de faible diamètre un grand nombre de coups de piston par minute.

La limite de la pression dépendra non seulement de la résistance des parois des diverses enceintes, mais aussi de la nécessité de ne pas dépasser pour la vapeur une température destructive du graissage des tiroirs de distribution et des stuffing-box.

Pour porter cette température au maximum, M. Serpollet a renoncé aux cylindres à double effet des machines à vapeur ordinaires et a adopté des cylindres à simple effet où la vapeur est introduite et expulsée par des soupapes.

En général, les constructeurs s'arrêtent en ce moment à 18 et 20 atmosphères, comme la maison de Dion et Bouton.

Avec cette pression initiale, pour obtenir une bonne détente, sans une longueur exagérée de la course, il faut recourir au moteur Compound, comme les maisons de Dion et Bouton, Turgan, Leblant, etc.

Avec ce moteur, on peut, en certaines circonstances, envoyer la vapeur à haute pression dans le grand cylindre et donner ainsi des coups de collier dont la durée dépend du pouvoir vaporisateur de la chaudière.

Cependant les maisons Scotte, Chaboche ont conservé le moteur à plusieurs cylindres accouplés sans compoundage.

Les cylindres sont horizontaux dans les voitures des constructeurs cités en premier. Ils sont verticaux dans les voitures des seconds.

Le nombre de coups, par seconde, atteint trois cents et dépasse même six cents par minute.

Le générateur Serpollet est trop connu pour que nous ayons à insister sur sa constitution. Nous nous bornerons à faire observer que dans cette chaudière le volant thermique est constitué par le métal des tubes dont le poids est relativement plus élevé que celui d'un volant thermique constitué par de l'eau, vu la différence des coefficients de chaleur spécifique.

La plupart des chaudières à vapeur pour voitures automobiles sont à

tubes d'eau (fig. 37 et 38) qui, en facilitant la circulation de l'eau, en

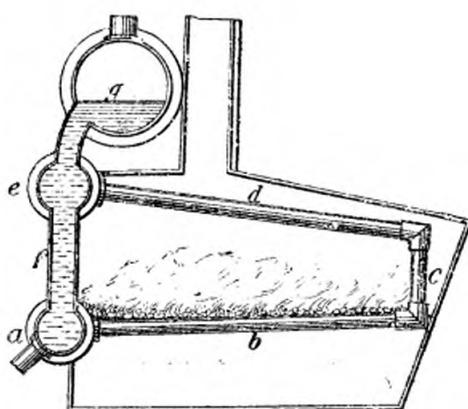


Fig. 37. — Chaudière multitubulaire horizontale de Gurney (1835).

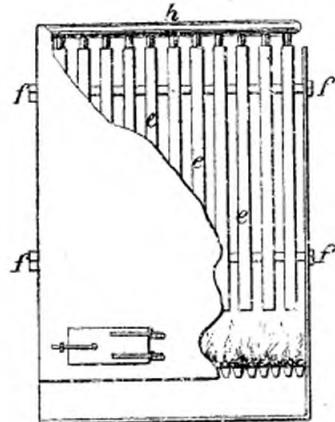


Fig. 38. — Chaudière multitubulaire verticale de Hancock (1835).

favorisent assez la vaporisation rapide pour permettre de réduire le poids de l'eau portée à haute température.

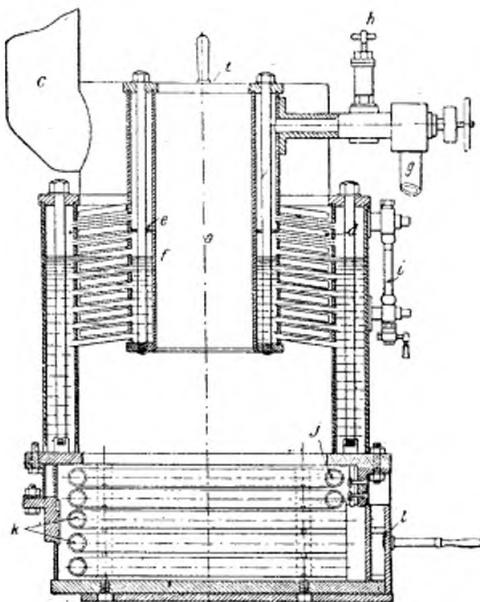


Fig. 39. — Chaudière de l'omnibus De Dion et Bouton.

*Légende.* — *a*, trémie centrale; *t*, couvercle du foyer; *c*, cheminée; *d*, tubes bouilleurs; *e*, Diaphragme; *f*, Niveau d'eau; *g*, Prise de vapeur; *h*, soupape; *i*, niveau d'eau; *j*, porte de décrasseur; *k*, surchauffeur d'admission; *l*, surchauffeur d'échappement.

La chaudière verticale circulaire de Dion et Bouton (fig. 39) à tubes

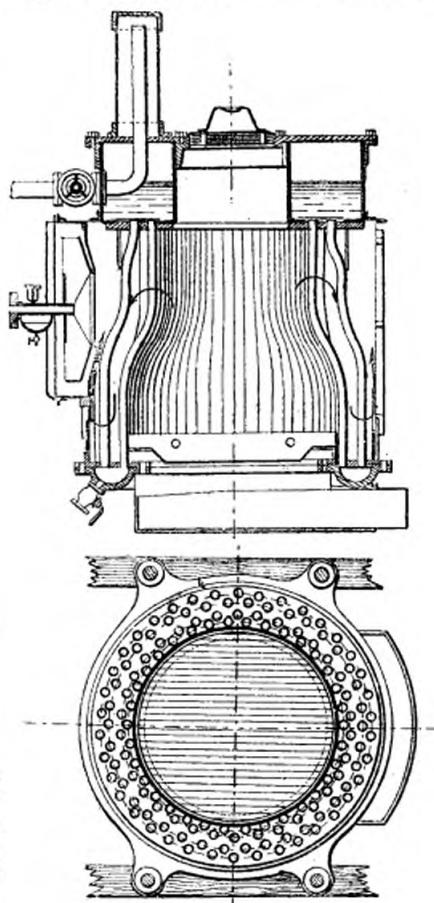


Fig. 40. — Chaudière Thornycroft employée sur les voitures de la « Steam Carriage and Wagon Co. ».

presque horizontaux reliant deux enceintes concentriques remplies d'eau, est un des types les meilleurs, ainsi que la chaudière Niclausse, améliorée par Turgan, où les tubes sont verticaux.

Il en est de même à peu près dans la chaudière Thornycroft (fig. 40).

La chaudière Field (fig. 41 et 42) à tubes plongeant dans la flamme est employée avec quelques améliorations sur les voitures Scotte.

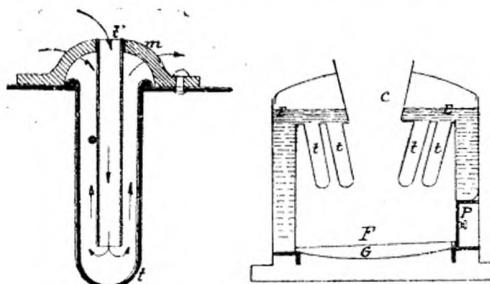


Fig. 41. — Tube Field.

Fig. 42. — Chaudière Field.

*Légende.* — EE, niveau de l'eau dans la chaudière; F, foyer; G, grille; P, porte du foyer; c, cheminée traversant la chaudière; tt, tubes pleins d'eau plongeant dans le foyer m, armature maintenant le tube t dans l'intérieur du tube t.

Les flèches indiquent le trajet de l'eau de la chaudière circulant dans les tubes t et t'.

La chaudière à groupes de tubes d'eau enroulés en solénoïde est utilisée par M. Chaboche.

La plupart des Américains (Stanley) et des Anglais (Leyland) sont restés fidèles à la chaudière verticale à tubes de flammes.

La constitution du fourneau est différente suivant qu'il s'agit de combustible solide répandu sur une grille ou de combustible liquide amené à l'extrémité d'un brûleur. Le mode d'alimentation du combustible et d'introduction de l'air, diffèrent encore bien plus suivant ces deux cas.

La sujexion de l'introduction graduelle du combustible solide peut être diminuée par l'adoption d'une trémie où on emmagasine à la fois une certaine quantité de combustible lorsque celui-ci, comme le coke, n'est pas volatilisable.

Cette trémie peut être centrale (de Dion et Bouton), ou latérale (Valentin-Purey), etc.

L'alimentation des brûleurs de combustible liquide peut se faire sous pression à peu près constante, le volant thermique étant alors constitué par la partie métallique des diverses parties de la chaudière et l'eau qu'elles renferment.

Elle peut aussi, en vue de diminuer le poids de cette dernière partie

du volant thermique, être en rapport avec la quantité de vapeur à produire (Serpollet). L'alimentation de la chaudière et des brûleurs se fait alors par des pompes conjuguées envoyant respectivement le combustible et l'eau dans des conduits aboutissant aux brûleurs ou au générateur et à des réservoirs clos.

Suivant que la machine consomme plus ou moins de vapeur, l'eau et la quantité correspondante de combustible qui sont refoulées d'une manière constante par leurs pompes respectives arrivent en entier au générateur et aux brûleurs, sont refoulées en partie dans les réservoirs ou, au contraire, ceux-ci fournissent le supplément nécessaire.

Ce dispositif existe dans la voiture à vapeur Serpollet. On le retrouve à peu près dans la voiture Chabache.

Pendant la marche, la manœuvre des pompes se fait par la machine elle-même.

Pour la mise en pression ou pendant les arrêts, ou lorsque les pompes automatiques sont dérangées, l'alimentation se fait par des pompes mues à la main.

La fabrication des brûleurs constitue une des industries annexes de la Classe 30. La maison Longuemare (médaille d'argent) se distingue dans cette spécialité.

Pour rendre le moteur à vapeur utilisable sur les voitures automobiles dagrément, il ne suffit pas de dispenser le touriste de l'obligation de brûler un combustible sale et encombrant, il faut aussi le mettre à l'abri de tous les ennuis qui résulteraient souvent pour lui de la difficulté de se procurer une eau d'une pureté suffisante.

La possibilité de récupérer l'eau dont la vapeur a agi sur le piston est un des avantages de l'emploi du combustible liquide. On a mis à profit les radiateurs ou condensateurs de surface en usage pour l'eau de refroidissement des moteurs à essence pour condenser la vapeur sortant des cylindres au lieu de l'envoyer dans la cheminée où, avec le combustible liquide brûlé sous pression, elle n'était plus utile pour obtenir le tirage forcé.

Bien que l'emploi des huiles minérales pour la lubrification des cylindres et soupapes de distribution mit à l'abri des corrosions des parois des chaudières causées par les acides organiques des huiles entraînées par la vapeur condensée, il fallait se prémunir contre les coups de feu que pouvait causer la trop grande abondance d'huile minérale s'étalant sur les parois de la chaudière.

M. Serpollet, outre la décantation de l'eau condensée à la surface de

laquelle l'huile minérale tend à remonter, la fait filtrer sur de la limaille de fer qui retient par adhérence les quelques gouttelettes d'huile minérale qui resteraient en suspension.

#### MOTEUR A MÉLANGE TONNANT

Dans le moteur à mélange tonnant la production d'énergie calorifique et sa transformation en énergie motrice se fait dans une seule et même enceinte, ou du moins dans deux enceintes en large communication puisque le piston qui forme paroi mobile de l'enceinte où a lieu l'explosion, se déplace dans un cylindre accolé à cette enceinte.

Le moteur à mélange tonnant, employé à peu près exclusivement aujourd'hui sur les voitures automobiles est du type dit à *quatre temps*, dont le mode de fonctionnement est le suivant :

Dans une chambre close appelée culasse, on comprime le mélange tonnant qu'on enflamme un peu avant que la pression soit maximum. Sous l'action de l'explosion, le piston qui forme la paroi mobile de l'enceinte, se meut dans un cylindre en poussant une bielle, reliée à un coude d'un arbre moteur pourvu d'un volant. Sous l'influence du mouvement acquis, le piston revient en arrière, expulsant les gaz de la combustion qui sortent par une soupape dite d'échappement s'ouvrant mécaniquement. Arrivé au bout de sa course arrière, le piston reprend sa marche en avant et aspire le mélange tonnant que, dans sa seconde course en arrière il comprime. Au terme de ce quatrième temps, tout est prêt pour qu'une nouvelle inflammation produise un nouveau cycle.

L'étude du moteur à mélange tonnant comprend : la formation du mélange tonnant, son mode d'inflammation, l'utilisation de la pression des gaz produits, leur évacuation après cette utilisation.

Le mélange tonnant employé dans les moteurs des voitures automobiles ne pourrait être, comme celui des moteurs fixes, obtenu avec le gaz d'éclairage qu'on comprimerait alors dans des récipients, car on aurait un approvisionnement trop lourd.

Ce système n'a été utilisé en Allemagne et tenté en France que pour les voitures de tramways<sup>(1)</sup>.

L'emploi du pétrole, lampant qui rendrait le ravitaillement peut-être plus commode, et dont, en tout cas, l'approvisionnement ferait courir

1. Cependant en 1883, un ingénieur français, M. Delamarre-Debouteville, a fait circuler sur les routes un tricycle muni d'un moteur à gaz alimenté par deux réservoirs où le gaz était comprimé à 10 atmosphères.

moins de danger d'incendie, a été tenté entre autres sur les voitures Koch. Il ne s'est pas répandu, bien que le chauffage préalable nécessaire pour lui donner la volatilité, parut pouvoir se combiner facilement avec l'inflammation par tubes incandescents.

Aujourd'hui què ce mode d'inflammation, jadis si prôné tend à disparaître, nous craignons fort que l'emploi du pétrole lampant ne réussisse pas à s'implanter, sauf cependant sur les voitures utilisées pour les transports militaires où il sera peut-être indispensable pendant la guerre, vu la difficulté et le danger d'un approvisionnement considérable d'essence.

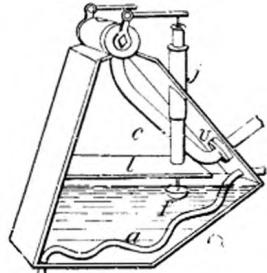
Dès l'origine, le moteur à mélange tonnant a si exclusivement utilisé l'essence de pétrole, qu'on l'appelle couramment moteur à essence.

Depuis quelque temps un grand mouvement d'opinion s'est dessiné en faveur de la substitution de l'alcool pur ou mélangé avec divers hypocarbures. A l'Exposition n'ont figuré que de rares moteur (Martha, Lepape) marchant avec ce nouveau produit. Depuis, de nombreux concours ont été organisés et on s'est aperçu que tous les moteurs pouvaient l'utiliser sans inconvénient sensible pour leur rendement.

Quel que soit le combustible employé, il faut en mélanger les vapeurs avec un volume déterminé d'air. Ce mélange plus ou moins parfait est produit par un appareil appelé *carburateur*.

A l'origine, l'air était aspiré par la dépression du moteur à travers l'essence dont il sortait saturé de parties volatiles. C'était la carburation par barbotage, léchage, etc.

Ce système rudimentaire est encore conservé comme le plus simple, non seulement sur les motocycles (fig. 43), mais aussi sur les voitures



#### Légende.

- a*, Serpentin pour le passage des gaz chauds destinés à réchauffer l'essence;
- j*, Cheminée d'admission d'air ou carburateur;
- l*, Plaque métallique formant toit au-dessus de l'essence;
- f*, Flotteur;
- c*, Carburateur où se produit le mélange d'air carburé explosif.

Fig. 43. — Carburateur du motocycle De Dion et Bouton.

(Delahaye, Ader). Il fallait introduire dans ce mélange comme dans le gaz d'éclairage des moteurs fixes une quantité déterminée d'air pur.

Ensuite, on a adopté des appareils où l'essence arrivait dans le cou-

rant d'air produit par l'appel du moteur en quantité variable d'après la dépression. L'essence et l'air étaient ensuite brassés par des chicanes. C'est la carburation par pulvérisation (fig. 44).

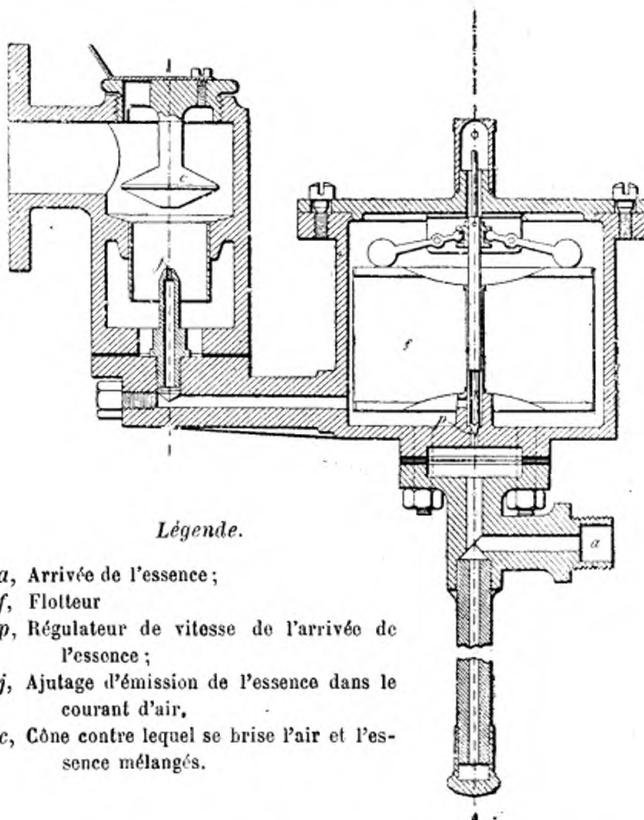


Fig. 44. — Carburateur à pulvérisation Daimler-Phénix.

Enfin, depuis quelque temps, la quantité d'essence introduite dans le courant d'air est constante par suite de l'emploi d'un distributeur à alvéoles.

Pour distinguer ces deux carburateurs à pulvérisation, nous appellerons le premier carburateur à gicle; le second, carburateur à distribution.

Ce dernier est employé sur la voiture Gobron-Brillée.

La fabrication des carburateurs constitue une industrie annexe des plus importantes où la maison veuve Longuemare et fils s'est acquis une juste renommée qui lui a fait attribuer par le jury une médaille de bronze.

Le mélange tonnant obtenu et comprimé, il s'agit d'en porter une

partie à une température suffisante pour en entraîner l'explosion. Le système le plus usité autrefois était le tube en platine, dont un brûleur spécial portait un point au rouge blanc. Ce point était déterminé par l'avance normale que l'on désirait donner à l'allumage, sa position était fixée par le degré de compression qu'il fallait exercer sur les gaz brûlés restant dans le tube pour les refouler à l'extrémité postérieure du tube et faire arriver le mélange tonnant en contact avec la partie blanche du tube.

La conductibilité du platine ne permettait pas de donner au point incandescent une position bien nette, et dès lors de faire varier l'avance à l'allumage en déplaçant le brûleur.

Pour obtenir par ce procédé l'avance variable, quelques constructeurs (Koch, médaille d'argent) par exemple, ont tenté de remplacer le tube en platine par le tube en porcelaine; mais la porcelaine est une substance qui casse par un refroidissement ou un échauffement trop brusque, et la pratique n'a pas, jusqu'ici, sanctionné ce procédé.

D'ailleurs, l'allumage électrique est aujourd'hui généralement employé justement à cause de la facilité avec laquelle il procure l'avance à l'allumage variable.

L'allumage électrique comprend plusieurs parties intéressantes: 1<sup>o</sup> la bougie qui permet aux fils conducteurs du courant de traverser la paroi de la culasse; 2<sup>o</sup> les points entre lesquels on fait éclater l'étincelle; 3<sup>o</sup> la chaleur de cette étincelle; 4<sup>o</sup> la source de l'énergie électrique employée.

La bougie doit être en matière isolante, susceptible de se dilater et de se contracter sans risque de se briser. La porcelaine, le mica, etc., sont employés à cet effet.

Le plus souvent on fait éclater l'étincelle entre la paroi métallique de la culasse et une pointe du fil de platine logé dans la bougie. La moindre saleté suffit pour empêcher l'étincelle. On a songé à remplacer la pointe par une petite boule logée dans un tube, l'étincelle pouvant éclater entre un point quelconque de cette boule et la paroi du tube. On a complété ce dispositif en le plaçant à l'extrémité d'un conduit aboutissant à une cavité assez grande pour que le courant alternatif des gaz inertes comprimés et décomprimés suffise pour enlever les saletés qui tendraient à se déposer entre le tube et la boule.

L'étincelle d'induction est le plus souvent employée, le courant est alors produit par une bobine alimentée soit par une pile sèche, soit par un petit accumulateur.

L'étincelle de rupture est préférée comme plus chaude par quelques constructeurs (Mors).

La fabrication de toutes ces parties de l'inflammation constitue une industrie annexe qu'exploitent un certain nombre de maisons dont les plus connues sont: Société Le Carbone (hors concours), Bassé-Michel (médaille d'argent), Gianoli et Lacoste (mention honorable), Guené (médaille de bronze).

La maison Dinin fabrique spécialement des accumulateurs pour allumage.

Certains constructeurs remplacent les accumulateurs par une magnéto (Mors en France, Daimler en Allemagne) ou par une dynamo (Panhard et Levassor, Decauville, etc.), mues l'une et l'autre par connexion avec un des organes de la transmission du moteur aux roues motrices.

L'explosion ne dépendant plus que du moment où jaillit l'étincelle, on peut faire varier l'avance à l'allumage soit à la main, comme dans les motocycles et quadricycles, en déplaçant la came, soit automatiquement, comme dans les grosses voitures en conjuguant la position de la came avec les déplacements du régulateur de vitesse.

La compression préalable de mélange tonnant qui a une importance dans le rendement du moteur doit être telle qu'elle ne puisse, combinée avec la température de l'intérieur de la culasse, produire l'explosion spontanée.

Cette compression varie forcément avec la nature des éléments combustibles contenus dans le mélange. Comme elle dépend des volumes relatifs, de la culasse et du cylindre, on conçoit aisément qu'un moteur établi de manière à obtenir un rendement maximum avec un mélange déterminé, ne donnera plus des résultats aussi favorables avec un autre mélange.

C'est ce qui enlève un peu d'intérêt aux essais comparatifs de marche à l'alcool ou à l'essence pratiqués jusqu'ici avec les moteurs établis pour l'essence. C'est peut-être l'étude méthodique de la compression et de la détente favorables à chaque mélange qui fournira la solution du différend existant entre les partisans de l'alcool et les techniciens ne se basant que sur les différences du nombre des calories produites par la combustion d'un même poids de l'essence et de l'alcool.

Le mélange est admis dans la chambre d'explosion par une soupape qui pendant longtemps s'ouvrail et se fermait automatiquement. Ce mécanisme des plus simples ne fonctionne pas toujours avec la rapidité né-

cessaire et notamment lorsque le piston revient en arrière, la soupape ne se referme pas assez vite pour empêcher le refoulement dans la conduite d'amenée d'une certaine quantité de mélange tonnant entraînant un peu de la vapeur d'eau produite dans l'explosion précédente. Si bien que pendant l'hiver, sous l'influence de l'évaporation, de l'essence produite par l'aspiration ultérieure cette humidité s'y congèle et finit par obstruer cette conduite d'amenée.

De nombreuses pannes attribuées à cette cause ainsi que la difficulté de régler exactement le ressort maintenant la soupape sur son siège ont conduit certains constructeurs à supprimer l'automaticité de la soupape d'aspiration et à la manœuvrer mécaniquement comme la soupape d'échappement à l'aide d'une tige mue par la tige du piston.

Ces deux soupapes doivent être disposées de manière à être facilement accessibles au regard et à la main pour offrir la plus grande facilité d'obvier aux inconvénients résultant de leur coinçage sur leur siège ou de saletés s'opposant à leur fermeture complète.

Les parois de la chambre d'explosion, qui ont à supporter les efforts de l'explosion, doivent être construites avec des épaisseurs convenables, mais leur surface intérieure n'a pas besoin d'être polie, d'ailleurs l'action des gaz chauds aurait bien vite fait de détruire cette préparation. Au contraire, le cylindre dans lequel se meut le piston doit être alésé le mieux possible.

Pour éviter que les gaz chauds de l'explosion n'en détériorent le poli, certains inventeurs ont exposé des moteurs où le piston était prolongé au delà de la partie alésée du cylindre en forme de demi-sphère, de manière à former avec la culasse une chambre close pour l'explosion.

La réunion du cylindre et de la culasse doit être aussi étanche que possible. On préfère même les couler d'une seule pièce.

Cependant il existe des moteurs d'une puissance restreinte où la culasse et le cylindre sont reliés par tiges et boulons, surtout dans ceux où le refroidissement par eau est limité à la culasse.

La construction du piston du moteur à essence pour voiture automobile ne diffère pas de celle du piston du moteur fixe. Il en est de même de la bielle, du volant et du coude de l'arbre moteur.

Toutefois, dans la voiture automobile, ce que l'on doit se préoccuper d'obtenir, c'est la légèreté et le peu d'encombrement. D'un autre côté, on doit non moins éviter que la poussière ou la boue ne puissent atteindre les organes essentiels du mécanisme.

Dès lors, on doit les enfermer dans un carter où la tête de la bielle frappera contre l'huile et la fera rejaillir contre la paroi.

Ce carter doit servir de châssis au moteur qui y sera boulonné. Pour l'avoir plus léger, on emploie l'aluminium ou un alliage de ce métal pour lui donner plus de résistance.

M. Partin s'est acquis une certaine réputation pour ses recherches sur ces alliages, mais depuis quelque temps on reproche à ce métal divers mécomptes qui tiennent peut-être à ce qu'on a par trop élégi le carter surtout aux bords des paliers des portées de l'arbre moteur.

*Refroidissement.* — Du moment que l'énergie calorifique est produite et transformée en énergie motrice dans la même enceinte, la température de celle-ci doit s'élever considérablement.

Pour maintenir les parois du cylindre où se meut le piston à une température ne décomposant pas le lubrifiant, on a dû rechercher les moyens d'enlever l'excès de calorique que chaque explosion produisait.

Dans les moteurs de faible puissance, placés sur des véhicules rapides, le renouvellement de l'air en contact avec les parois extérieures a paru suffisant, surtout en augmentant la surface de ces parois par des ailettes venues de fonte. Ce procédé de refroidissement, notamment dans les moteurs Gaillardet, a été appliqué à des moteurs de six chevaux-vapeur.

Dans certaines voiturettes (Georges Richard) et motocyclettes (Jochum) on a augmenté l'action refroidissante des ailettes en y envoyant un courant d'air créé par un ventilateur monté sur le volant du moteur. Ce dispositif tend à se propager même pour les grosses voitures (Mercedès).

Pour les moteurs plus puissants, il a fallu, quelle que fut la vitesse, renoncer au simple refroidissement par ailettes, et on a eu recours au refroidissement par l'eau, soit en la vaporisant au contact des parois chaudes (A. Bollée, de Dietrich), ce qui maintenait le moteur à la température constante de 100 degrés, soit en l'échauffant simplement et en la faisant circuler ou par différence de densité, principe du thermosiphon appliqué par les maisons Renault Frères, Créanche, Hurtu, etc., ou par l'action d'une pompe soit rotative (Peugeot, Panhard et Levassor, etc.) soit à engrenages Mors, de Dion et Bouton).

Dans le premier cas, l'eau vaporisée était condensée puis retournait au moteur, ou était remplacée par l'eau froide.

Dans le second cas, l'eau échauffée se renouvelait par la gravité étant remplacée par l'eau qui s'écoulait d'un réservoir placé au-dessus.

Dans le troisième cas, l'eau était constamment maintenue en circulation autour du moteur par un pompe centrifuge actionnée directement par le volant du moteur (Panhard et Levassor, Peugeot).

Avec tous ces systèmes, il fallait renouveler l'approvisionnement d'eau froide tous les 40 km., si on ne voulait pas voir par trop baisser le rendement du moteur.

La maison Peugeot eut l'idée de refroidir l'eau au sortir du moteur en la faisant passer dans les tubes formant le châssis.

Dès 1896, dans la course Paris-Marseille, la maison Delahaye préféra obtenir ce refroidissement par des radiateurs ou tubes spéciaux bien exposés au courant d'air produit par le déplacement rapide du véhicule. Le succès de cette tentative fut tel qu'aujourd'hui on peut dire que toutes les voitures automobiles sont pourvues de radiateurs. Chose singulière, de toutes les voitures engagées dans le concours des voitures de tourisme en 1900, seule la voiture Delahaye (1<sup>re</sup> catégorie) manquait de radiateurs.

La meilleure preuve qu'on puisse donner de l'heureuse influence des radiateurs, c'est que dans la course Paris-Toulouse, la voiture Mors, classée la première, a fait 700 km. sans renouveler son approvisionnement d'eau de refroidissement qui n'était cependant que de 26 lit., tandis que dans la course Paris-Bordeaux-Paris, Levassor fut obligé de s'arrêter tous les 100 km. pour changer son eau de refroidissement.

Depuis quelque temps certains constructeurs ont mis à la mode les radiateurs en nid d'abeilles.

La fabrication des radiateurs constitue une industrie annexe spéciale où la maison Grouvelle et Arquembourg a obtenu une médaille d'argent; le refroidisseur Loyal, une médaille d'argent, etc.

Il en est de même de la fabrication des pompes destinées à assurer la circulation d'eau. Elles ne sont pas toutes exclusivement centrifuges. Quelques constructeurs (de Dion et Bouton, Mors) préfèrent la roue à engrenages à débit constant par tour quelle que soit la vitesse.

La position de la pompe sur la voiture a quelque peu varié. A l'origine, placée en dessous du volant, elle supportait toutes les ruades des animaux renversés par la voiture. Aujourd'hui, on préfère la placer plus haut, mais en dessous du réservoir placé au-dessus du moteur.

En étudiant l'heureuse influence du refroidissement, on s'est aperçu

que le bon rendement du moteur dépendait encore plus de la basse température de la culasse que de celle du cylindre.

Dès avant 1900, la maison Mors avait des moteurs de dix chevaux dont la culasse seule était refroidie par un courant d'eau alors que, pour rafraîchir le cylindre, on se contentait des ailettes.

Ce système mixte a surtout été appliqué depuis 1900 pour augmenter le rendement des moteurs de motocycles qui, refroidis par ailettes, faisaient deux chevaux et qui, avec le refroidissement par eau de la culasse, ont pu être adaptés à des quadricycles ou voitures légères comme faisant 2 chevaux 1/2.

Actuellement, tous les petits véhicules sont pourvus de ce refroidissement restreint rendant la construction du cylindre moins coûteuse. Il a en outre permis de leur appliquer un changement de vitesse d'autant plus facilement que le dispositif par différentiel et friction décrit plus haut était moins lourd et surtout moins volumineux que le moindre train balladeur.

*Refroidissement par un courant d'air axial.* — Pour augmenter l'action refroidissante de l'air sur un mélange tonnant et les gaz brûlés, on a eu l'idée de le faire agir non plus sur les parois de la culasse et du cylindre, mais bien sur la paroi du piston et de sa tige qui sont creuses.

L'inventeur de ce système a rendu hermétiquement étanche le carter de l'arbre moteur et des bielles. Dans ces conditions lorsque le piston est chassé par l'explosion, l'air renfermé dans le carter est comprimé et s'échappe au dehors par la tige du piston qui traverse la paroi de la culasse par un stuffing-box.

Lorsque, au contraire, le piston revient en arrière, il crée dans le carter une dépression qui appelle l'air extérieur par la même tige de piston.

Il paraît que le refroidissement ainsi obtenu est très énergique et même si énergique que les adversaires de ce système prétendent que l'explosion du mélange tonnant est compromise.

D'ailleurs, on ne saurait recommander un dispositif qui transforme en un réceptacle de toutes les saletés de la route le carter destiné à mettre à l'abri de la poussière les têtes de bielles. L'inventeur du reste a fini par s'en convaincre lui-même car à la dernière exposition du grand palais, son fameux moteur était simplement refroidi par circulation d'eau.

Cet exemple est la preuve que l'on ne doit pas chercher à trop abaisser la température de la culasse. C'est plutôt dans l'emploi de mélanges explosifs donnant des produits à chaleur spécifique élevée, qu'on doit chercher la solution du problème.

*Régulation.* — Dans les moteurs de faible puissance employés pour les motocycles et les quadricycles, voire même les voitures les plus légères, la régulation de la vitesse s'obtient à la main, soit en agissant seulement sur l'avance à l'allumage, soit en étranglant simultanément l'aspiration.

Pour les moteurs plus puissants des voitures plus lourdes, on préfère la régulation de la vitesse automatique obtenue en conjuguant avec les déplacements d'un régulateur à force centrifuge les déplacements de la came déterminant l'allumage ainsi que la manœuvre de la soupape d'évacuation ou l'étranglement de la conduite d'aspiration.

Quand le régulateur à force centrifuge agit sur un papillon étranglant la conduite d'amenée du mélange tonnant, la régulation est dite *progressive*. Elle est dite *par tout ou rien* lorsque le régulateur à force centrifuge est utilisé pour empêcher la soupape d'évacuation de s'ouvrir et les résidus de l'explosion de sortir lors du retour en arrière du piston.

Dans les moteurs où la soupape d'aspiration n'est pas automatique et est manœuvrée mécaniquement, on peut avoir la régulation par tout ou rien sur l'aspiration. Il en est de même dans les moteurs où l'essence passe par un distributeur à alvéoles ; il suffit en effet de l'empêcher d'y arriver.

Les deux systèmes de régulation progressive et par tout ou rien ont leurs partisans et leurs adversaires. Leur opinion différente tient peut-être au moteur qu'ils envisagent. La régulation par tout ou rien semble, en effet, devoir être évitée sur les moteurs monocylindriques comme trop brutale, et devoir être adoptée sur les moteurs quadricylindriques où les inconvénients des secousses brutales imprimées au moment où l'explosion reprend sont moindres que ceux résultant de l'aspiration du lubrifiant dans la chambre d'explosion.

On a proposé un autre mode de régulation progressive basé sur l'ouverture de la soupape d'évacuation pendant une fraction plus ou moins prolongée du retour du piston.

La quantité de mélange explosif qui est aspirée dans la marche en avant du piston est alors une fraction du volume normal, et comme les

résidus de l'explosion précédente restent presque en totalité au voisinage du piston, le mélange tonnant comprimé comme d'ordinaire conserve presque sa teneur normale au voisinage de l'étincelle. L'effort moteur varie donc à peu près proportionnellement à la durée de l'évacuation.

Ce mode de régulation automatique sur les voitures Tourand, Gillet-Forest, de Dion et Bouton ; manœuvré à la main sur les voitures Decauville, nous paraît le plus parfait en théorie. Cependant nous devons reconnaître que les grands constructeurs adoptent aujourd'hui presque exclusivement la régulation sur l'admission pour leurs voitures de course.

*Equilibrage du moteur à mélange tonnant.* — La mise en marche du moteur à mélange tonnant à un ou deux cylindres est toujours une opération dont on préfère se dispenser fût-ce même au prix de la consommation de quelques centilitres d'essence pendant les arrêts. Les trépidations de la voiture, supportables pendant la marche, deviennent alors très gênantes pour les voyageurs restés assis.

Les Américains y obviennent avec la suspension interposée entre le châssis et la caisse, ayant apporté un certain remède à cet inconvenient du moteur à mélange tonnant. En France où cette suspension n'est pas

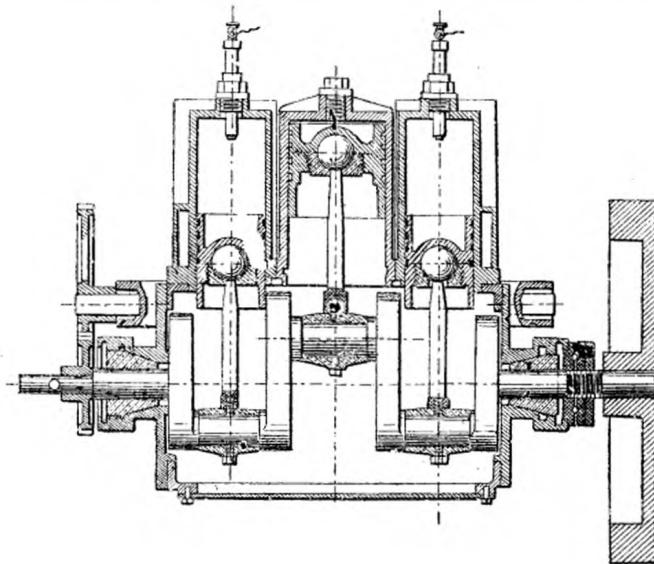


Fig. 45. — Moteur à essence de Omnibus Rozer-Mazurier.

sis et la caisse, ayant apporté un certain remède à cet inconvenient du moteur à mélange tonnant. En France où cette suspension n'est pas

admise, on a préféré chercher à équilibrer le moteur, c'est-à-dire à maintenir le centre de gravité du système oscillant à peu près fixe.

Quelques constructeurs, comme les anciens établissements Panhard et Levassor, dans leurs voitures de 12 chevaux, de 1900, à quatre cylindres, se sont bornés à ajouter à l'arbre moteur des pièces additionnelles faisant contrepoids aux pièces oscillantes.

Dans leur moteur à mélange tonnant Compound MM. Rozer-Mazurier (fig. 45) avaient obtenu facilement un équilibrage assez parfait, en donnant au piston du cylindre central à grand diamètre, où agissent les gaz évacués, un mouvement inverse de celui des pistons des deux cylindres où se produisent les explosions.

D'autres constructeurs ont placé la chambre d'explosion entre deux pistons moteurs se déplaçant dans un même cylindre horizontal ou vertical.

Dans le moteur Gobron-Brillée (fig. 46 et 47) où il y a deux cylindres

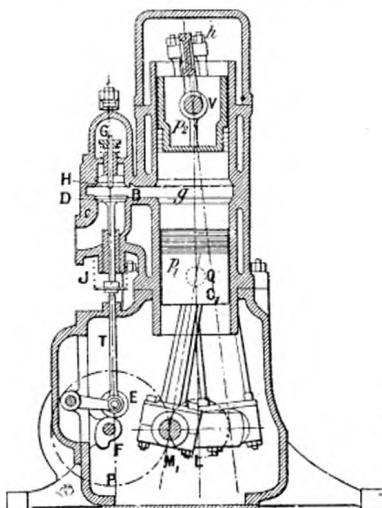


Fig. 46. — Coupe transversale.

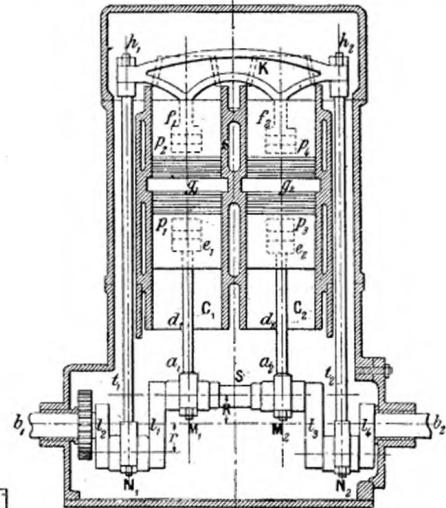


Fig. 46 et 47. — Moteur équilibré Gobron et Brillée.

verticaux accolés, les deux pistons inférieurs ont leurs bielles directement reliées à deux coudes de l'arbre moteur. Les deux pistons supérieurs ont leurs tiges fixées à une traverse qui, par des bielles latérales est reliée à deux autres coudes du même arbre moteur diamétralement opposés aux premiers. Pour compenser la masse supplémentaire de la traverse et des bielles latérales, les pistons supérieurs ont une course un peu moindre que les pistons inférieurs.

Dans les moteurs Koch (fig. 48), de Riancey, Bardon, les cylindres sont horizontaux.

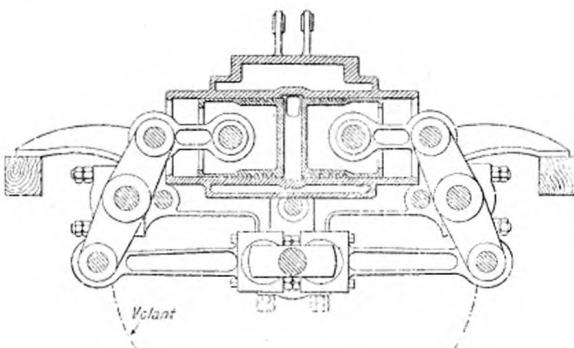


Fig. 48. — Coupe longitudinale du moteur équilibré, système Koch.

Dans les deux premiers, les bielles des pistons agissent par l'intermédiaire de balanciers oscillant dans un plan vertical sur les coudes d'un seul arbre moteur normal au sens du mouvement des pistons.

Dans le dernier, chaque piston agit sur un arbre moteur différent, mais chacun d'eux porte une roue dentée qui engrène de chaque côté d'une troisième roue dentée calée sur l'arbre de transmission parallèle aux arbres moteurs.

Dans le moteur Touraud et C<sup>o</sup>, système Crozet, l'explosion a lieu entre les deux pistons, mais le cylindre unique est courbé en Ω et les pistons ont une marche parallèle dans les branches verticales. La compensation s'opère par des pièces additionnelles opposées aux têtes de bielles. Chaque bielle attaque un volant distinct auquel elle imprime un mouvement inverse de celui de l'autre volant.

A propos d'équilibrage, nous devons dire un mot du dispositif des voitures Turgan et Foy où le volant placé horizontalement à l'extrême inférieure de l'arbre moteur vertical a une inertie considérable grâce au grand diamètre que cette position permet de lui donner.

Tout ce qui précède a principalement trait au moteur à quatre temps.

Quelques constructeurs préfèrent le moteur où l'évacuation se fait à la fin de la course du piston qui démasque des ouvertures *ad hoc*.

On reproche à ce moteur (Soncin) de consommer une énorme quantité de lubrifiant qui est entraîné par les résidus gazeux de l'explosion. Si ce moteur offrait réellement des avantages de rendement, peut-être ce défaut pourrait-il être corrigé en faisant évacuer les gaz dans une enceinte où le lubrifiant se déposerait.

Plusieurs inventeurs ont proposé aussi le moteur à deux temps où le mélange tonnant serait introduit dans la chambre d'explosion à la pression voulue. Les uns recourent à un réservoir intermédiaire où le mélange tonnant serait comprimé, ce qui pourrait présenter des dangers. Quelques autres (Lepape) emploient un deuxième cylindre dont le piston comprime le mélange au fur et à mesure des besoins dans la chambre d'explosion.

Pour en finir avec le moteur à essence appliqué à la locomotion automobile, nous devons dire quelques mots des différentes solutions proposées pour donner à la puissance de ce moteur la souplesse dont il manque par suite de l'absence d'un volant ou accumulateur d'énergie.

Plusieurs inventeurs (M. Marmonnier, ingénieur à Lyon, entre autres) ont étudié un système permettant, sans modifier la compression définitive du mélange tonnant d'en faire varier le volume en plaçant la chambre d'explosion entre le piston moteur et un piston auxiliaire dont les déplacements, commandés par un système de leviers articulés, augmentent ou diminuent le volume de l'enceinte où le mélange tonnant est aspiré et par suite le poids du mélange qui fera explosion et l'effort moteur de cette explosion.

D'autres (comme MM. Boyer et Cornu) ont cherché à faire varier la course du piston moteur, mais il en résulte alors des compressions différentes du mélange explosif.

*Industrie des moteurs à mélange tonnant.* — A l'origine, la maison Panhard et Levassor fabriquait seule les moteurs Daimler qu'elle livrait à la maison Peugeot, par exemple, qui les utilisait dans la construction de ses voitures automobiles.

Peu à peu, chaque maison un peu importante a construit elle-même les moteurs spéciaux dont elle avait besoin et s'est bornée à cette fabrication. Cependant on trouve dans le commerce des voitures pourvues de moteurs achetés soit à la maison de Dion et Bouton, ou Aster principalement pour les motocycles ou voitures légères. La maison Gaillardet fournit de même des moteurs.

On peut donc à la rigueur considérer cette fabrication comme constituant une industrie annexe; une médaille d'argent a été attribuée à la maison Aster.

#### MOTEUR ÉLECTRIQUE

Si le moteur à mélange tonnant actuel n'est pas souple, par contre le moteur électrique est par excellence le moteur dont on peut à

volonté faire varier la vitesse, le couple moteur et la puissance.

De plus il est rotatif, son montage sur une voiture est donc des plus simples.

Il serait le moteur par excellence de la voiture automobile si, dans l'état actuel de la science, l'approvisionnement d'énergie électrique n'était pas forcément lourd et encombrant et si dans l'état actuel de l'industrie électrique le ravitaillement n'en était encore possible que dans quelques centres spéciaux.

Cependant, dans ces localités, la voiture à moteur électrique offre de tels avantages de propreté et de confort que son usage se répand chaque jour davantage pour les hommes d'affaires et les gens du monde, malgré toutes les sujétions du ravitaillement de l'énergie nécessaire.

Le moteur électrique pour voitures automobiles sur routes ne diffère que par ses dimensions du moteur électrique pour tramways ou installations fixes exposés dans une autre classe.

Seuls, les accumulateurs et les combinateurs spécialement construits pour l'application qui nous occupent nécessiteront quelques détails.

Comme pour le moteur à vapeur nous supposons connus le principe et les dispositions principales du moteur électrique. Nous n'examinerons que les conditions à remplir pour ce moteur à raison des sujétions spéciales de son emploi sur les voitures automobiles sur chaussées ordinaires qui exigent impérieusement légèreté et faible encombrement.

Alors que l'étude complète du moteur électrique devrait comprendre huit parties concernant :

- 1<sup>o</sup> La source d'énergie électrique,
  - 2<sup>o</sup> Le champ magnétique,
  - 3<sup>o</sup> Les spires conductrices mobiles,
  - 4<sup>o</sup> Le renversement du courant dans ces spires au moment opportun,
  - 5<sup>o</sup> L'excitation de l'inducteur,
  - 6<sup>o</sup> La régulation de la vitesse,
  - 7<sup>o</sup> Le combinateur ou contrôleur.
  - 8<sup>o</sup> Les accessoires : ampèremètres, wattmètres, etc.,
- nous ne nous occuperons principalement que de la source d'énergie, du mode d'excitation de l'inducteur, de la régulation de la vitesse et du combinateur dont les dispositifs varient plus particulièrement dans l'application à la traction automobile sur chaussées ordinaires.

*Source d'électricité.* — Du moment que la voiture automobile doit pouvoir varier sa piste au gré des exigences de la circulation des autres

véhicules qu'elle croise ou dépasse, on ne peut songer à lui fournir l'énergie à l'aide d'un courant électrique amené par un fil conducteur parallèle à la route et un trolley ordinaire.

Pour les voitures affectées à un service régulier, M. Lombart-Gérin a fait breveter un système de trolley automoteur qui lui a permis de faire fonctionner pendant l'Exposition de 1900, sur la piste du lac Daumesnil un omnibus à traction électrique dont les évolutions au milieu des autres voitures ont frappé les visiteurs de l'annexe de Vincennes.

Mais si dans un service régulier convenablement organisé, on peut installer en des endroits précis des aiguillages pour le croisement des trolleys des voitures venant en sens inverse, ou, ce qui est préférable, assujettir ces voitures à permuter leurs prises de courant, il est impossible de faire de même pour les voitures particulières exposées à se croiser en un point quelconque aussi bien en marchant dans le même sens qu'en sens inverse.

Pour celles-ci, il faut donc qu'elles portent elles-mêmes leur approvisionnement d'énergie électrique.

Lors des premiers essais du moteur électrique, qui datent du moment (1867) où la réversibilité de la dynamo a été constatée, cet approvisionnement était constitué par une pile.

La consommation du métal formant l'électrode positive rendait le cheval-heure si coûteux, les manipulations étaient si assujettissantes, que ces essais n'aboutirent jamais à des tentatives sérieuses de locomotion électrique.

Celle-ci ne fut réellement possible qu'à partir de 1880, où Faure eut l'heureuse idée de substituer à la formation électrolytique des électrodes en plomb de l'accumulateur inventé par Planté (1860), la formation des oxydes de plomb appliqués à la surface de ces électrodes ce qui lui permit d'obtenir des accumulateurs de capacités spécifiques en énergie et en quantité suffisamment grandes.

Nous ne saurions passer en revue tous les types d'accumulateurs dérivés de ce principe proposés par les divers inventeurs, nous nous bornerons à indiquer les desiderata à réaliser.

La matière active doit être poreuse pour faciliter l'action complète de l'électrolyte et rendre rapide sa diffusion après atténuation de ses propriétés ; elle doit adhérer parfaitement au métal-support pour diminuer les résistances intérieures et empêcher les détachements qui entraîneraient des courts-circuits. Le métal-support doit-être inattaquable par l'électrolyte sans différer assez du métal de la matière active pour créer

des circuits locaux qui diminueraient la force électromotrice de l'accumulateur. L'épaisseur de la matière active doit être assez grande pour obtenir des capacités spécifiques en quantité et en énergie suffisamment élevées sans cependant occasionner des contractions et dilatations totales qui entraîneraient son détachement lors des réactions chimiques un peu trop vives qu'exigent les variations de puissance du moteur.

Pour réaliser ces desiderata, dont quelques-uns semblent contradictoires, une plaque d'accumulateur à oxyde rapporté se compose essentiellement d'une pâte d'oxyde de plomb appropriée et d'un support métallique.

Celui-ci sert en même temps de collecteur et de conducteur de l'énergie électrique produite dans les réactions chimiques dont la matière active est le siège.

Un élément d'accumulateur comprend un certain nombre de plaques verticales, les unes positives, les autres négatives, séparées les unes des autres par des corps poreux ou perforés s'opposant à la chute de la matière active. Elles sont placées dans un bac à une certaine hauteur au-dessus du fond, de manière à ménager un vide où les parcelles de matière active qui se détacheraient malgré les séparations coincant les plaques puissent se loger sans risquer de créer des courts-circuits.

NOMBREUSES SONT LES FORMULES POUR LA COMPOSITION DES PÂTES D'OXYDE RAPPORTÉ; ENCORE PLUS NOMBREUSES SONT LES DISPOSITIONS DU QUADRILLAGE DE LA PLAQUE DANS LES MAILLES DUQUEL ON ENCHÂSSE LA PÂTE, LES MODES D'Y COMPRIMER ET PERFORER CELLE-CI.

Enfin, chaque constructeur d'accumulateur a une formule du bain électrolytique dans lequel il forme ses plaques suivant qu'elles sont positives ou négatives. Certains font un mystère de ces particularités de leur type d'accumulateur; d'autres les proclament soi-disant.

Nous en parlerons d'autant moins que si différents types figuraient dans les caissons des voitures électriques exposées, seule la Compagnie des accumulateurs Fulmen les a exposés spécialement comme industrie annexe de la Classe 30 et a reçu une médaille d'or pour ces accumulateurs très appréciés de tous les membres du Jury qui ont suivi les concours organisés par l'Automobile Club de France.

Dans les accumulateurs employés sur les voitures, le potentiel moyen d'un élément est de 1.9 par élément. Il y a généralement 44 éléments groupés par batterie de 11 éléments, dont on peut faire varier le groupement en série et en quantité, suivant les besoins de la traction.

Mis en série, ces 44 éléments peuvent être chargés au potentiel de 110 volts.

En moyenne, avec les éléments Fulmen, pour obtenir un cheval-vapeur-heure, il faut :

25<sup>k</sup>,5 au régime de 1/2 ampère par décimètre carré;  
28 kil. au régime normal de 1 ampère par décimètre carré;  
36 kil. au régime exceptionnel de 2 ampères par décimètre carré.

Ces chiffres montrent l'influence que les à-coups de la circulation dans une ville aussi accidentée que Paris ont sur le rendement des accumulateurs.

Si, dans les voitures particulières de ville, on considère avant tout la légèreté de l'accumulateur, dans les voitures de tourisme ou affectées à un service public, on doit aussi se préoccuper de la rapidité de la charge et de la possibilité de faire face à des coups de collier un peu prolongés.

Pour ces dernières voitures, on tient moins à avoir une capacité spécifique élevée. Quelquefois, on adopte la formation Planté, soit seulement pour les plaques positives, soit même pour toutes les plaques.

En moyenne, à Paris, sur une voiture légère offrant deux places utiles, on peut admettre que pour assurer un service quotidien de 50 kilomètres, il faut :

528 kilos accumulateur, formation Faure;			
600	—	—	Faure-Planté;
800	—	—	Planté.

Les accumulateurs constituent la source d'énergie électrique de la voiture; le combinateur distribue au moteur rationnellement et suivant les besoins, l'énergie des accumulateurs et le moteur transforme en énergie mécanique cette énergie électrique inutilisable en elle-même.

Cette transformation de deux énergies l'une dans l'autre s'opère grâce à la propriété que possède une spire conductrice parcourue par un courant, de prendre un certain déplacement dans un champ magnétique; au moyen d'un artifice de construction, ce déplacement est rendu continu. Suivant le nombre de spires, suivant le voltage à leurs extrémités, suivant l'intensité du courant, la vitesse du moteur et sa puissance sont plus ou moins grandes. Chaque constructeur disposant à sa façon les variations relatives de ces divers éléments, détermine ainsi son type de moteur et son combinateur.

On ne peut s'adresser à un aimant permanent pour créer le champ magnétique, le poids du moteur serait beaucoup trop considérable et, de plus, le champ serait invariable; on se sert donc d'électro-aimants, la carcasse métallique qui forme le champ magnétique sert de carter au moteur pour le protéger de la boue et des poussières de la route. Le courant inducteur vient toujours de la batterie d'accumulateurs qui fournit l'énergie propre au déplacement du véhicule.

Le moteur est tantôt à deux pôles; tantôt à quatre pôles. Comme dans les voitures Jeantaud, sur chacun des deux pôles se trouvent les deux enroulements série et shunt. Comme le fait M. Kriéger, Société française pour l'industrie et les mines, les quatre pôles peuvent être bobinés, deux portants l'excitation série, les deux autres l'excitation shunt; on trouve encore les quatre pôles bobinés mais en série seulement, dans le moteur Lundell, de la Compagnie des voitures électromobiles. M. Jenatzy (Compagnie internationale des transports automobiles), enroule seulement deux pôles sur quatre. Chacun portant les deux excitations série et shunt.

Certains constructeurs, tels que M. Kriéger et M. Jenatzy ont actuellement, un moteur pour chaque roue; d'autres, comme M. Mildé, ont deux induits différents dans un même champ magnétique. La Compagnie des voitures électromobiles n'a qu'un seul moteur proprement dit, mais sur la même carcasse d'induit se trouvent deux enroulements et deux collecteurs; la maison B. G. S. (Bouquet, Garcin, Schivre) n'a qu'un seul moteur, mais le nombre des spires dans lesquelles passe le courant peut varier; enfin, M. Jeantaud n'a qu'un seul moteur, aussi doit-il employer un différentiel dont les voitures des types Kriéger, Jenatzy, Mildé peuvent se passer.

En France, presque tous les moteurs, des voitures électriques, sont construits par la maison Postel-Vinay, et l'enroulement, que chaque constructeur modifie à sa fantaisie, est généralement fait sur un tambour.

*Combinateur.* — Le nombre de tours d'un moteur étant proportionnel à la différence de potentiel aux bornes et inversement proportionnel à l'intensité du champ magnétique ainsi qu'au nombre de spires de l'induit, les constructeurs de voitures électriques, mettant complètement de côté les changements de vitesse mécaniques, peuvent faire varier la vitesse de la voiture, en agissant :

1<sup>e</sup> Sur la différence de potentiel, soit en divisant les éléments de la

batterie en groupe qui pourront être réunis en quantité ou série, soit quand il y a deux moteurs, en les mettant en série ou en parallèle;

2<sup>o</sup> En faisant varier l'intensité du champ magnétique, soit en supprimant une des excitations quand elle est compound, soit une partie d'une même excitation en supprimant entièrement l'excitation autour d'une paire de pôles;

3<sup>o</sup> Enfin en divisant par groupes les spires induites et en faisant passer le courant tantôt dans un seul, tantôt dans les deux.

Pour arriver au résultat cherché, le combinateur est formé d'un ou plusieurs cylindres en matière isolante, sur la surface desquels se trouvent incrustés de petits blocs de cuivre convenablement taillés et isolés les uns des autres ou reliés entre eux, suivant les combinaisons à obtenir. Sur ces touches viennent frotter des doigts maintenus par des ressorts ; à chaque doigt aboutit un fil ; ces fils vont à un pôle de la batterie, qui à une borne du moteur, qui à une résistance, etc. Tout cet ensemble, groupé sur un cylindre généralement de très petites dimensions, manœuvré à l'aide d'une seule manette, rend les différentes combinaisons très faciles à exécuter.

M. Kriéger a à sa disposition deux moteurs de quatre pôles, deux excitations des inducteurs, et il divise sa batterie en deux groupes. Il obtient sa vitesse en plaçant aux bornes de ses moteurs la plus faible différence de potentiel dont il dispose, et en rendant maximum le flux des inducteurs ; le troisième moyen, variation du nombre de spires, n'est pas utilisé. Nous avons donc dans la première position du combinateur les deux groupes de batteries en parallèle, les moteurs en séries et double excitation, série et shunt. Les six vitesses marchent en quelque sorte deux par deux, 1 et 2, 3 et 4, 5 et 6, chacune des deuxièmes positions étant identique à la précédente, à laquelle on a supprimé l'excitation shunt. La position 3 est la même que 1, mais les deux groupes d'accumulateurs sont mis en parallèle. Donc, toutes les deux touches, on agit sur le flux inducteur et toutes les deux touches sur la différence de potentiel.

La marche arrière n'est autre que la première position dans laquelle le sens du courant a été renversé dans les induits ; pour faire frein, les induits sont mis en court-circuit et l'excitation shunt seule agit. M. Kriéger est un chaud partisan de la récupération dans les descentes et il prétend, et cela peut-être pas sans raison, que quand même la quantité d'énergie récupérée serait très faible, le passage du courant en sens inverse dans les accumulateurs donne à ceux-ci un coup de fouet

qui les réveille en quelque sorte. La récupération se fait dans les positions 1 et 3 du combinateur, l'excitation série étant naturellement supprimée.

Le combinateur Kriéger est placé verticalement dans l'axe même du guidon de direction : toutes les combinaisons sont établies sur un seul cylindre déplacé par une petite manette toujours sous la main du conducteur.

M. Jeantaud n'a qu'un seul moteur à deux pôles, portant chacun les deux enroulements série et shunt ; sa batterie est divisée en deux groupes, le nombre des spires induites est invariable. De toutes les variations de vitesse une seule s'obtient en diminuant le voltage aux bornes du moteur, à savoir en agissant sur le groupement de la batterie, les autres s'obtiennent en diminuant l'excitation série en shuntant plus ou moins le courant de cette excitation au moyen de résistances. Ce mode de régulation de la vitesse a un inconvénient, c'est de manger dans les résistances du shunt de l'excitation série une partie du courant qui, évidemment, pourrait être employée d'une façon plus utile. Pour obtenir des vitesses intermédiaires à celles données par les combinaisons relatives de batterie et excitation des inducteurs, on interpose un certain nombre de résistances en série sur le courant principal. Ce dispositif rend excessivement doux les démarriages et les changements de vitesse, mais tant qu'il est en circuit mange encore l'énergie inutilement ; le premier mode de régulation est actionné par une manette, le second par une pédale.

M. Jenatzy, dans ses voitures électriques, dispose de deux moteurs et divise sa batterie en deux groupes ; le nombre des spires des induits est toujours le même. Il peut donc faire varier la différence de potentiel en couplant en quantité ou en série, soit ses deux groupes de batterie, soit ses induits, et faire varier le champ magnétique en couplant ses inducteurs série en quantité ou en série ; l'excitation shunt reste toujours la même. Au lieu de grouper sur un seul cylindre ces combinaisons successives, M. Jenatzy forme son combinateur par quatre cylindres superposés placés sur l'axe vertical du volant de direction ; celui du bas seul est calé sur un arbre vertical que l'on manœuvre au moyen du levier placé sous le volant de direction ; les trois autres tambours fous sur cet arbre sont mis par des manettes placées latéralement ; ces trois tambours couplent en série ou en parallèle : celui du haut les batteries, le second les induits, le troisième les inducteurs. Toutes ces combinaisons, indépendantes les unes des autres, peuvent être avanta-

geuses pour une personne bien initiée aux secrets de l'électricité, mais compliquent inutilement les manœuvres. Quelques résistances peuvent être intercalées en série sur le circuit principal pour les démarrages et les changements de vitesse, comme dans la voiture Jeantaud, une pédale commande une tige de cuivre verticale qui court devant un certain nombre de plots placés les uns au-dessus des autres et aboutissant aux résistances.

Le combinateur de la Compagnie des voitures électromobiles est placé sous le siège du conducteur et est commandé par un levier placé à la droite de celui-ci. Dans cette voiture le moteur, portant deux induits, fonctionnera au point de vue des variations de voltage, comme s'il y avait deux moteurs ; ces deux induits pourront donc être mis en tension ou en quantité ; les quatre pôles, tous excités en série, pourront également être mis en quantité et en série ; enfin, pour la première vitesse, une résistance est intercalée dans le circuit. Les éléments restent toujours tous en tension, ce qui est un avantage, car lorsque la batterie est divisée en deux groupes, si dans l'un des deux se trouve un élément en mauvais état, les éléments de l'autre pourront se décharger dans celui-ci. La première vitesse s'obtient donc en mettant les deux induits en tension, en faisant passer tout le courant d'excitation autour de chacun de ses pôles et en mettant la résistance dans le circuit. Les vitesses suivantes s'obtiennent : la deuxième en supprimant la résistance, la troisième en mettant les induits en parallèle, la quatrième en mettant les inducteurs en parallèle. Un des grands avantages de ce dispositif est que la dynamo fonctionne toujours dans les mêmes conditions de rendement puisque chacun de ces deux induits se trouve toujours dans la même différence de potentiel, sauf en première vitesse, qui ne devrait jamais servir que d'intermédiaire.

Dans la voiture Mildé, nous retrouvons, comme dans la Compagnie des voitures électromobiles, l'avantage d'avoir toujours les éléments de la batterie en tension, mais par contre, nous trouvons une résistance dans le circuit principal en première et quatrième vitesse et comme dans la voiture Jeantaud un shunt de l'excitation série en troisième et sixième vitesse.

Dans la voiture de la Société B. G. S. (Bouquet, Garcin et Schivre), nous avons encore tous les éléments en tension, les spires du même induit sont divisées en deux groupes dans le rapport de 3 à 5, mais contrairement à ce qui se passe dans le moteur Lundell de la Compagnie des voitures électromobiles, le courant ne passe pas toujours dans les

deux groupes de spires; ainsi, en quatrième vitesse, il ne passe que dans les cinq huitièmes des spires; en cinquième vitesse, dans les trois huitièmes des spires. En première et en deuxième vitesse, nous avons également des résistances en circuit.

Dans la voiture Riker, le moteur est bipolaire ou tétrapolaire; les 44 éléments de la batterie sont divisés en 4 groupes de 11 éléments chacun. Trois vitesses s'obtiennent en mettant d'abord les 4 groupes de 11 éléments en parallèle, puis en parallèle 2 groupes de 22 éléments en tension et enfin les 44 éléments en tension. Dans le moteur à 4 pôles on obtient une quatrième vitesse en mettant les inducteurs en parallèle. Si nous avons ici l'avantage de ne jamais nous trouver en présence de résistances dans le circuit, nous avons par contre un fonctionnement défectueux de la dynamo sous le très faible voltage de la première vitesse. Le combinateur est placé sous le siège du conducteur et est manœuvré par un levier qui passe dans une fente pratiquée au milieu du siège du conducteur.

Les voitures électriques ont l'inconvénient de ne pouvoir parcourir que des distances limitées sans recharger les accumulateurs; d'autre part, le moteur électrique étant un peu plus doux et plus simple que le moteur à pétrole, on a essayé de combiner les deux systèmes sur une même voiture. On a donc moteur à pétrole, dynamo et accumulateurs, le moteur à pétrole rechargeant les accumulateurs.

La voiture mixte Pieper se compose d'un moteur à pétrole situé à l'avant; sur l'arbre du moteur est calée une dynamo qui est reliée à la batterie d'accumulateurs. Quand en palier ou en descente, la vitesse du moteur à pétrole, et par suite de la dynamo, est telle que la différence de potentiel aux bornes de celle-ci est supérieure à celle de la batterie, la dynamo fonctionnera comme génératrice; si, par suite de l'état de la route (boue, mauvais empierrement) ou d'une rampe, la puissance nécessaire devient plus grande, la puissance de la dynamo diminue, le voltage peut être le même aux bornes de la dynamo et aux bornes de la batterie; dans ce cas, le moteur à pétrole seul agit et toute sa puissance est utilisée pour la locomotion, ou bien le voltage aux bornes de la dynamo peut même devenir inférieur à celui de la batterie; dans ce cas, la batterie se décharge dans la dynamo qui fonctionne comme réceptrice et vient en aide au moteur à pétrole.

M. Jenatzy construit également des voitures mixtes. En faisant varier les excitations des inducteurs, M. Jenatzy peut faire varier le voltage de sa dynamo et par suite faire varier la vitesse du moteur au-dessous de

laquelle la dynamo devient motrice et au-dessus de laquelle elle est génératrice.

On peut se demander si les avantages des voitures mixtes compensent bien les inconvénients d'avoir deux moteurs; si un moteur à pétrole d'un poids égal au poids du moteur mixte, plus le poids des accumulateurs et une partie du poids de la dynamo, puisque celle-ci sert de volant, ne serait pas plus puissant, moins encombrant et d'une manœuvre plus facile que l'ensemble du moteur à pétrole et de la dynamo.

M. Mildé construit des voitures mixtes où les accumulateurs ne sont utiles que pour la mise en marche.

M. Kriéger et M. Lohmer sont allés plus loin. Leurs voitures mixtes ne comportent plus d'accumulateurs. L'électricité développée par l'électrogène n'est utilisée que comme un mode de transmission à rendement plus élevé.

#### VOITURES AUTOMOBILES

Après avoir passé en revue toutes les parties constitutives d'une voiture automobile afin de pouvoir énumérer méthodiquement les diverses industries annexes et les maisons dont la fabrication spéciale a motivé les récompenses accordées par le Jury de la Classe 30, il nous reste à considérer les divers types de véhicules automobiles livrés au public par les constructeurs que le Jury de la Classe 30 a jugés dignes d'une récompense.

Ce qui a caractérisé l'Exposition universelle de 1900, en ce qui concerne les voitures automobiles, c'est la facilité donnée aux constructeurs non seulement d'exposer dans l'enceinte générale du Champ-de-Mars des voitures ou des pièces détachées, dont on ne pouvait qu'admirer le fini d'exécution sans avoir le moyen de se rendre compte de leur fonctionnement, mais aussi d'exposer les mêmes voitures, moteurs et dispositifs divers à l'annexe de Vincennes où ceux qui avaient intérêt à juger de leur marche pouvaient les voir fonctionner. Bien plus, les voitures étaient autorisées à circuler sur la piste du lac Daumesnil, à toutes allures.

Le Jury a profité de cette latitude pour son examen des voitures des divers constructeurs.

En outre, il a été amplement renseigné par les divers résultats constatés dans les concours internationaux de la Section VII, organisés par les soins de l'Automobile Club de France, sous la haute direction de l'Administration de l'Exploitation.

Les appréciations du Jury, on le voit, n'ont pas été simplement théoriques; elles ont été en quelque sorte basées sur les résultats de la pratique.

C'est ce que nous essayerons de faire ressortir dans la suite de ce rapport où nous ne suivrons pas l'ordre chronologique des véhicules créés et mis en vente. Nous croyons préférable de les étudier dans l'ordre croissant de la complication de leurs divers mécanismes.

*Motocyclettes.* — Le véhicule automobile le plus simple est la motocyclette. Il y en a deux espèces, suivant que le cavalier est ou n'est pas obligé de pédaler pour fournir le supplément de puissance nécessaire dans les coups de collier.

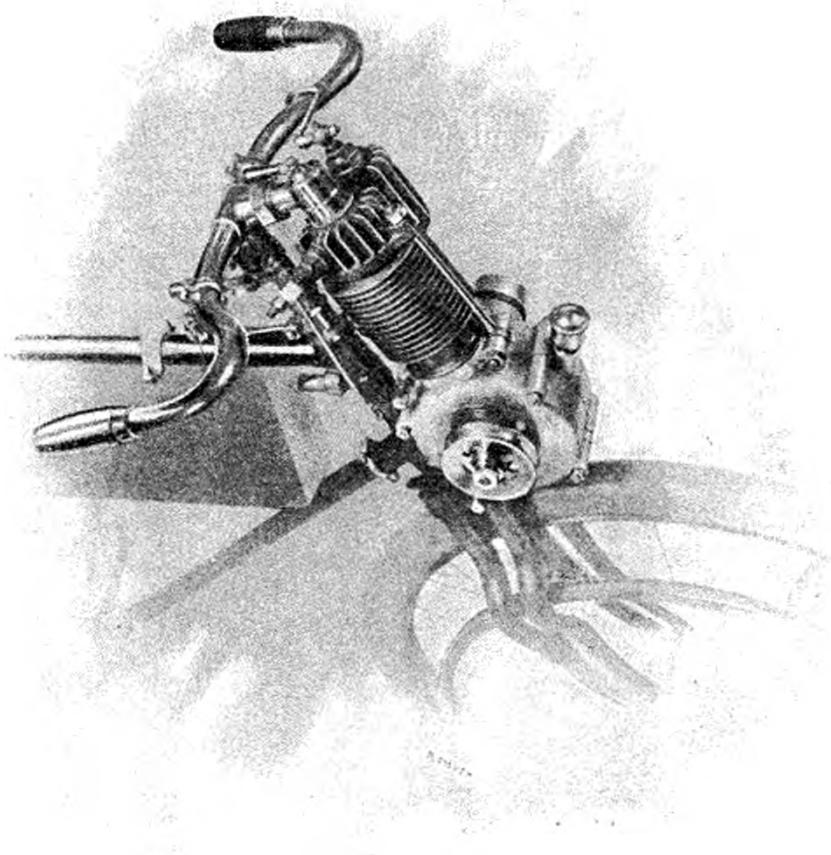


Fig. 49. — Motocyclette Werner.

Une courroie passée sur une gorge pratiquée sur la circonference du volant et sur une gorge pratiquée dans une couronne fixée aux rais de

la roue motrice ou calée sur son moyeu, constitue toute la transmission.

Les diverses motocyclettes diffèrent surtout par la position donnée au moteur.

A l'origine, dans les deux motocyclettes américaines Battey et Pennington, le moteur était placé à l'arrière en porte-à-faux et actionnait directement par bielle la roue motrice.

Dans la motocyclette Werner (médaille d'argent) (fig. 49), le moteur est fixé à la tige de direction; il est alors solidaire de la roue avant qui est à la fois motrice et directrice.

Le pédalier doit être relié à une roue libre.

Le moteur d'une puissance de 1 ch. 1/4, pèse de 9 à 10 kg.

Le refroidissement a lieu par ailettes.

L'allumage est électrique et la régulation s'obtient à la main.

Tout l'appareil pèse 40 à 50 kg.

Cet appareil monté par un cavalier habile a donné de bons résultats, même dans des courses assez longues sur des itinéraires des plus durs (!).

Sur la piste du lac Daumesnil, la bicyclette Werner a effectué 815 km. à des vitesses moyennes de 43<sup>km</sup>,700 en consommant 0<sup>l</sup>,029 par kilomètre.

A l'annexe de Vincennes, dans la section allemande, une bicyclette analogue, presque semblable, a été exposée par la maison Duchemin.

D'autres constructeurs préfèrent adapter leur moteur à un des tubes du cadre, soit celui qui descend de la douille de direction sur le pédailler, soit celui qui descend de la selle vers le pédailler.

Parmi les motocyclettes ainsi montées, nous avons distingué :

La motocyclette Jochum (fig. 50) où le refroidissement est accru par un ventilateur monté sur l'axe du volant. La courroie est remplacée par une chaîne.

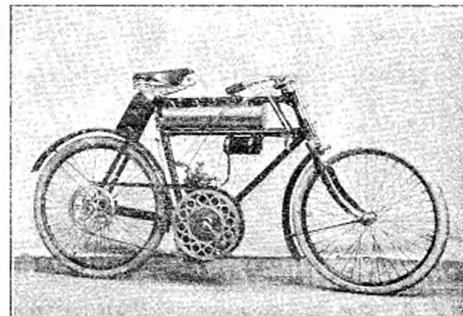


Fig. 50. — Motocyclette Jochum.

1. 1899, Paris-Bordeaux, 550 km. en 12 heures.  
1901, Paris-Berlin, 4.198 km.  
1901, Paris-Roubaix, tandem à l'alcool.

La motocyclette Lamaudière et Labre (fig. 51), du poids de 38 kg., qui, dans le critérium de 1900, sur la route d'Etampes à Chartres, a

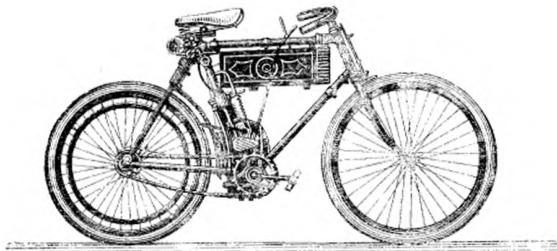


Fig. 51. — Motocyclette Lemaudière.

parcouru 100 km. en 2 h. 17, ce qui correspond à une vitesse moyenne de 43<sup>km</sup>,600 à l'heure.

Dans la motocyclette Lemaudière et Labre, le moteur est fixé au tube du cadre qui va de la selle au pédalier.

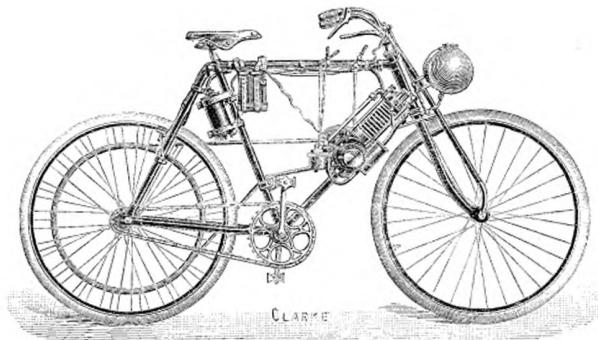


Fig. 52. — Bicyclette Gladiator.

Dans la motocyclette Gladiator (fig. 52), le moteur est fixé au tube du cadre qui va du pédalier à la douille de direction.

Dans la motocyclette Chapelle et Chevalier, le moteur est fixé verticalement au-dessus du pédalier entre les deux tubes qui vont du pédalier à la selle et à la douille de direction.

Cette disposition est adoptée aujourd'hui pour la bicyclette Werner qui a été complètement modifiée depuis la fin de 1901 (fig. 53).

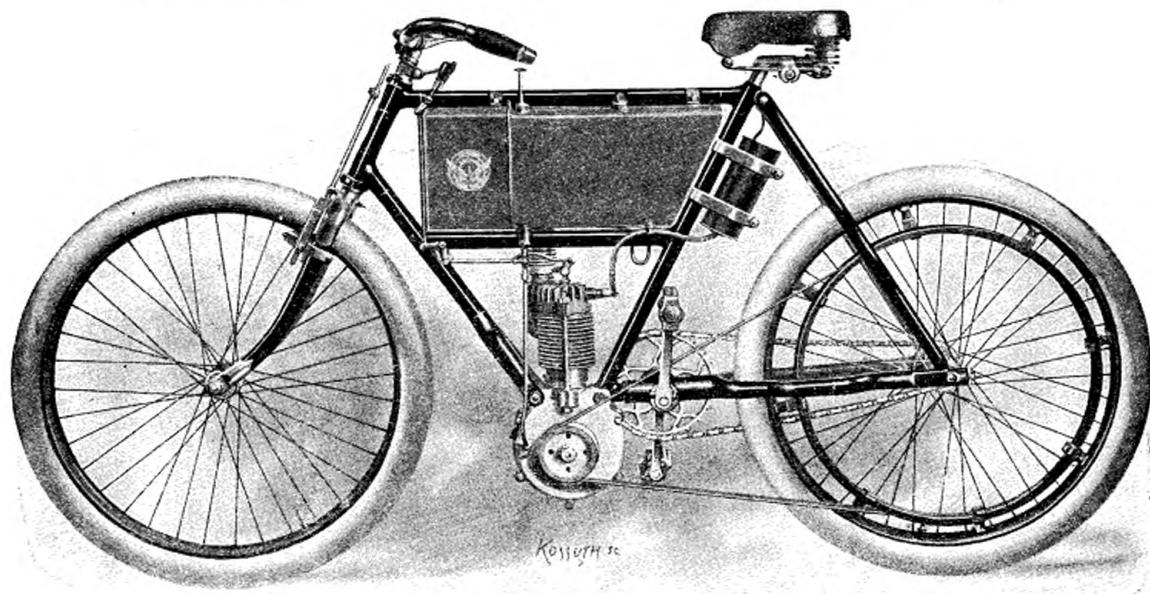


Fig. 53. — Motocyclette Werner.

*[Le] Motocycle.* — Le véhicule automobile qui vient ensuite est le motocycle ou tricycle automoteur.

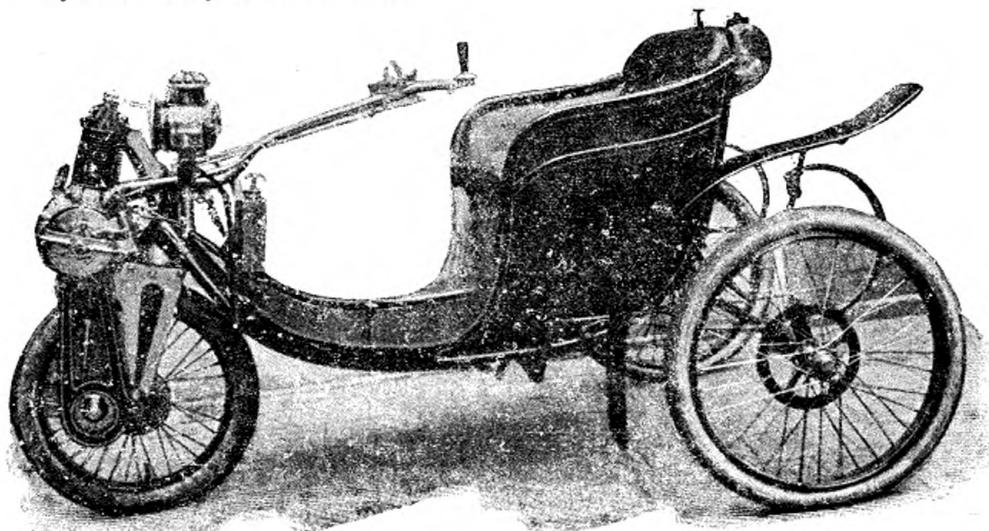


Fig. 54. — Voiturette Vve Levassor de Boissé.

On pourrait encore placer le moteur sur l'axe de direction. Ce dis-

positif se retrouve, en effet, sur la voiturette tricycle à vapeur Staffer (1866) et sur la voiturette V<sup>e</sup> Levassor de Boisse (1901) (fig. 54).

Dans ce cas, sauf la puissance plus forte vu le poids total plus élevé, le mécanisme du tricycle n'offrirait pas de complication plus grande que celui de la motocyclette.

Dans le motocycle Gladiator, la roue arrière était motrice et les roues avant étaient directrices par essieu brisé. Il en était de même dans le tricycle-tandem de M. Léon Bollée.

Au contraire, la maison de Dion et Bouton a placé le moteur sur un tricycle ordinaire muni d'un différentiel avec la couronne duquel on fait engrenier directement la roue dentée du réducteur de vitesse du moteur qui s'est alors trouvé fatallement placé contre l'essieu arrière.

Dans ce véhicule, l'obligation de pouvoir donner à chaque roue la vitesse correspondante à sa trajectoire dans une piste sinuuse a forcé à adopter le différentiel dont nous avons donné plus haut le principe.

Le tricycle a été longtemps une spécialité de la maison de Dion et Bouton, qui l'avait créé.

Le moteur avait à l'origine, en 1895, une puissance de 1/2 cheval-vapeur. Elle a été portée à 3/4 de cheval-vapeur en 1896.

Les poids correspondants du moteur seul étaient de 18 kg. en 1895 et de 21 kg. en 1896.

Depuis, comme le montre le tableau suivant, la puissance et les poids ont progressivement augmenté.

Dates	Puissance du moteur en Chevaux-vapeur	Mode de refroidissem- ent du moteur	Poids du moteur	Consomma- tion du moteur par cheval-heure	Vitesse moyenne en kilomètres à l'heure
			kilogrammes	litres	kilomètres
Décembre 1895 . . .	1/2	Ailettes	48	0 04	"
Avril 1896 . . . .	3/4	Idem.	21	0 033	"
Septembre 1896 . . .	1	Idem	21 5	0 031	27
Janvier 1897 . . .	1 1/4	Idem.	23	0 029	28 375
Janvier 1898 . . .	1 3/4	Idem.	23 5	0 024	34 7
Août 1898 . . . .	1 3/4	Idem.	24	0 022	37 5
Juin 1899 . . . .	2 1/4	Idem.	25	0 020	57 3
Tour de France (1899)	2 3/4	Idem.	"	"	43 3
Février 1900 . . . .	2 3/4	Idem.	26	0 015	"
Mai 1900 . . . .	2 3/4	culasse à eau	26 5	0 012	"

En dehors de ces motocycles de tourisme, il existe des motocycles de course qui ont atteint les vitesses suivantes :

		chev.-vapeur	kilomètres
1898 . . .	Critérium . . .	2 25	57 50
1899 . . .	Paris-Bordeaux. . .	2 25	57 50
1899 . . .	Tour de France. . .	2 75	43 30
1899 . . .	Paris-Trouville . . .	3 25	58 80
1900 . . .	Paris-Toulouse . . .	8 00	57 12

Bien que depuis mai 1900 le refroidissement par eau sur la culasse ait été appliqué au motocycle de tourisme, dans le motocycle de la course Paris-Toulouse, malgré que la puissance fût de 8 chevaux, il n'y avait pas de refroidissement par eau ni de changement de vitesse, ce qui n'a pas été sans présenter de nombreux inconvénients dans les centres neutralisés où la vitesse était réduite à 12 km. à l'heure.

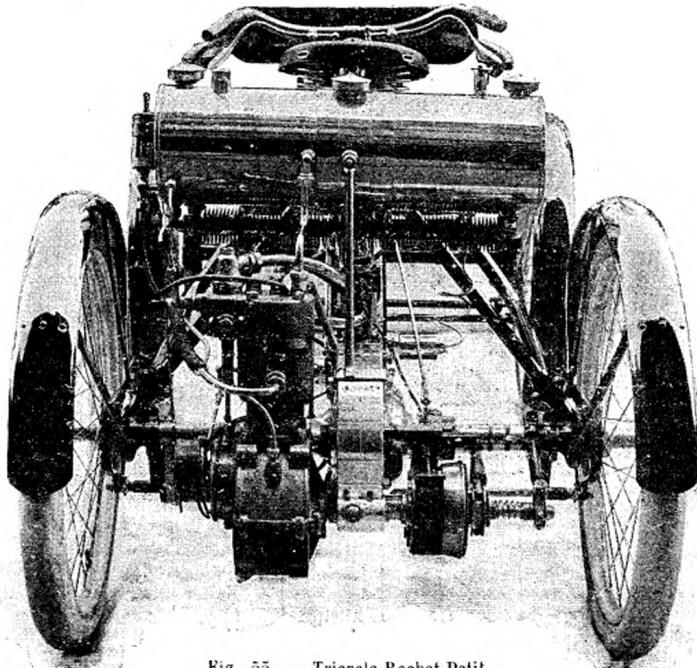


Fig. 55. — Tricycle Rochet-Petit.

Tricycle muni d'un changement de vitesse dont le moteur a sa culasse refroidie par l'eau.

Dans le motocycle, la seule sujexion de construction réside dans la rigidité à donner à l'essieu interrompu par le différentiel, pour lui per-

mettre de supporter le poids du moteur et de la transmission sans prendre une flexion sensible.

Le carter enfermant ces deux organes se compose de deux plateaux entourant chaque portion de l'essieu par deux douilles. Le boulonnage des plateaux suffirait à la rigueur pour réaliser le but cherché. Cependant, on y ajoute un haubannage, soit par tringles, soit en fixant en dessous de chaque douille une feuille de tôle triangulaire dont les grands côtés sont boulonnés (Créanche) (fig. 56). D'autres fois, on préfère placer

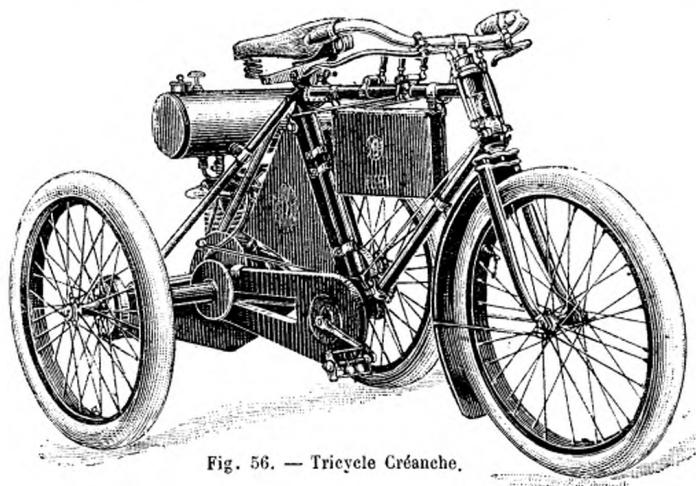


Fig. 56. — Tricycle Créanche.

le différentiel sur un arbre spécial supporté par l'essieu. Dans ce cas, les extrémités de cet arbre portent des pignons dentés qui engrènent avec les dentures de couronnes fixées aux rails ou aux moyeux des roues motrices (Renaux).

A la suite du succès du motocycle de Dion et Bouton, bien des constructeurs de bicyclettes et de tricycles ont monté sur des véhicules de leur fabrication des moteurs et mécanismes achetés par eux.

A l'Exposition et dans le concours international de motocycles ont ainsi figuré les motocycles (Rochet-Petit), pourvus de moteurs de Dion et Bouton ou de moteurs Aster.

Les vitesses sur la piste du lac Daumesnil des motocycles engagés dans le concours international de 1900 ont été, en kilomètres, à l'heure :

Rochet-Petit . . . . .	20	km, 6 à 38	km, 4
Créanche . . . . .	24	3 à 39	5
Luc . . . . .	37	3 à 43	2

en consommant, en litres, par kilomètre :

Rochet-Petit . . . . .	0,0257
Créanche . . . . .	0 0300
Luc . . . . .	0 0467

Le motocycle à une seule place a joui longtemps d'une grande vogue, mais le conducteur a fini par désirer pouvoir l'utiliser pour transporter un compagnon de route.

De là est née la fabrication des remorques, qui a constitué une industrie annexe dont s'occupent un certain nombre de constructeurs brevetés (Chenard et Walker, etc.).

*Quadricycles.* — On a fini par transformer le motocycle en quadricycle où le compagnon est assis en avant du cavalier.

Dans quelques véhicules de ce genre (Rochet-Petit), tout le cadre du tricycle est conservé sans modification, la roue avant seule est remplacée par un avant-train.

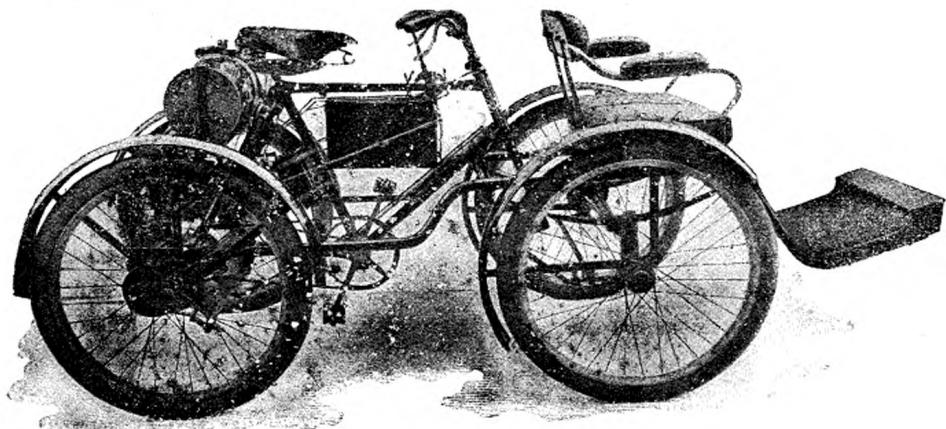


Fig. 57. — Quadricycle Rochet-Petit.

Celui-ci pourrait être mobile comme dans les tri-porteurs.

On a préféré adopter la direction par essieu brisé où les roues sont mobiles autour de pivots. D'où un nouvel organe mécanique pour la connexion des bras des pivots et la transmission du mouvement à l'un des bras des pivots.

Dans les quadricycles, le mode de connexion choisi est celui dit en V qui permet l'emploi très simple d'un volant à tige verticale relié par un ressort à pincette au centre de rotation du V de connexion.

Le poids plus considérable du véhicule et de la charge exige une puissance plus considérable, 2 ch. 1/2 ou 3 chevaux.

Plusieurs quadricycles ont figuré à l'Exposition et ont pris part au concours international.

Dans le quadricycle Rochet-Petit, bien que le poids à vide soit de 200 kg., le moteur était de 2,75 chevaux comme dans le tricycle. Au contraire, dans celui de Renaux, le moteur était de 3,5 chevaux.

Le refroidissement sur les deux était à ailettes.

La vitesse moyenne pendant les 815 km. effectués sur la piste du lac Daumesnil a varié de 29<sup>km</sup>,760 à 33<sup>km</sup>,600 (Rochet-Petit), 31<sup>km</sup>,770 à 41<sup>km</sup>,600 (Renaux).

Depuis 1900, les moteurs de quadricycles ne sont plus refroidis seulement par ailettes. Leur culasse est refroidie par un courant d'eau produit par thermo-siphon. On a pu alors, sans inconvénients, les doter d'un changement de vitesse dit *à différentiel et friction*, imité de ce qui avait été tenté dans le bicyclette multiplié « Crypto ».

Le quadricycle Renaux présente une particularité digne d'être signalée. Le moteur qui est horizontal et fixé aux tubes allant du pédalier à l'essieu arrière, est relié à une roue dentée calée sur un faux essieu par l'intermédiaire d'une bielle dont la tête porte intérieurement les engrenages satellites d'un différentiel.

Aux deux extrémités du faux essieu sont calés des pignons engrenant avec les couronnes dentées fixées au moyeu des roues motrices folles sur les fusées de l'essieu arrière.

Du moment qu'avec son moteur de la puissance de 2,5 chevaux le quadricycle, du poids à vide de 200 kg. et en charge de 270 kg. en comptant 70 kg. pour le cavalier, peut atteindre une vitesse moyenne de 30 km. à l'heure en transportant une personne de 50 à 60 kg., on peut évidemment, dans les villes où la vitesse est limitée au maximum de 10 à 12 km., utiliser le motocycle, sans rien changer à sa construction, pour porter des colis d'un poids total de plus de 100 kg.

On a alors un véhicule qui est au motocycle ce que le tri-porteur est au tricycle ordinaire.

On peut même voir souvent dans les rues des motocycles remorquer une petite caisse à deux roues portant les colis.

Il existe plusieurs maisons (de Dion et Bouton, Clément, etc.), qui fabriquent des quadricycles où la charge est placée dans un coffre à l'avant. Le châssis est alors celui d'un quadricycle.

On peut aussi adopter la forme du tri-porteur avec roues motrices sur l'avant-train mobile portant la charge (Albert-Jean).

Ces tri-porteurs automobiles, qui coûtent environ 2.000 francs, nous paraîtraient utiles aux petits commerçants pour leurs livraisons. Un coin dans l'arrière-boutique suffirait pour les loger et un gamin pourrait faire les courses.

*Voiturettes.* — Après avoir utilisé la place assez bien suspendue que le quadricycle offrait à l'avant, on a désiré que les deux compagnons de route fussent assis côté à côté sur un siège suspendu.

La voiturette pesant moins de 250 kg. à vide est née de ce désir. A l'origine, elle ressemblait comme montage du moteur et accessoires au quadricycle, mais avec un poids aussi restreint, on n'avait qu'une carrosserie assez rudimentaire et on est assez vite arrivé à la voiturette de 400 kg. à deux places et même à trois, bien plus confortables.

Un grand nombre de voiturettes de ces deux catégories figuraient à l'Exposition et plusieurs ont pris part au concours international.

Les voiturettes de 250 kg. à vide pèsent environ 300 kg. en ordre

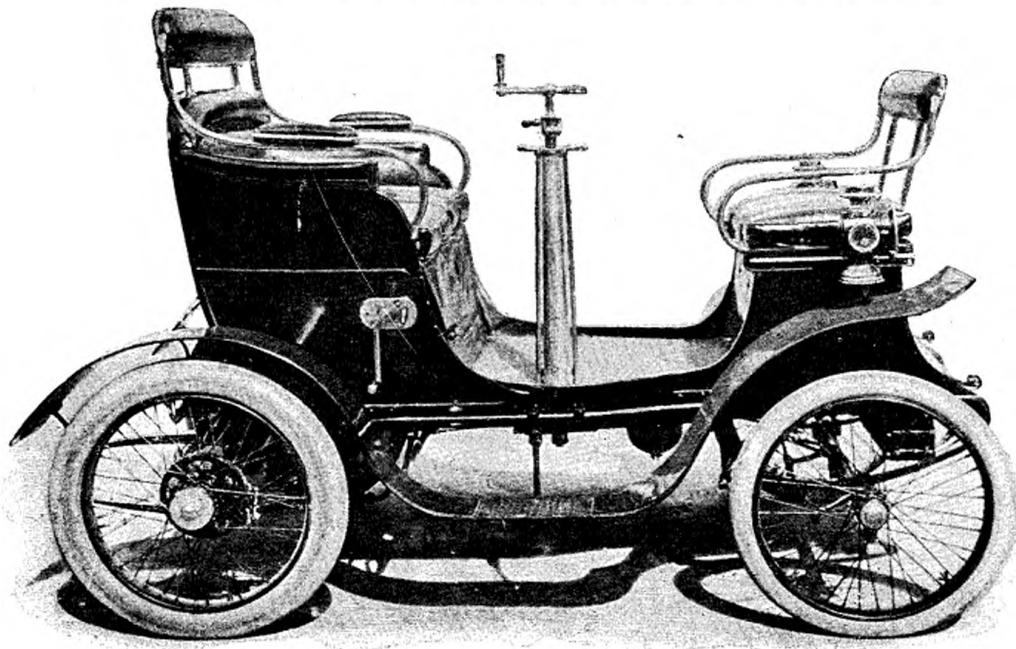


Fig. 58. — Voiturette de Dion et Bouton.

de marche, c'est-à-dire avec les approvisionnements, pièces de rechange et outils, et 440 kg. avec les deux voyageurs.

La puissance du moteur est de 3 chevaux-vapeur.

Le refroidissement peut être à ailettes (avec ventilateur G. Richard) ou par circulation d'eau basée sur le principe du thermo-siphon (Créanche, etc.), ou même produit par une pompe (Gladiator).

Plusieurs constructeurs ont dans l'enceinte générale exposé des voiturettes (Clément), où le montage du moteur par rapport au différentiel est identique à celui d'un quadricycle.

Pour nous, ce sont là les véritables voiturettes, celles dont le mécanisme est aussi peu compliqué que possible, par suite de ce que vu leur faible poids on peut accepter de faire porter le moteur par l'essieu en se contentant des pneus pour toute suspension du mécanisme.

Dans la voiturette de Dion et Bouton (fig. 58), le moteur est de 3 chevaux; le changement de vitesse se compose de deux groupes de roues toujours en prise qu'on peut embrayer ou débrayer à l'aide de segments extensibles symétriquement placés. La transmission spéciale aux roues motrices du différentiel fixé au châssis au-dessus de l'essieu, est celle décrite plus haut.

Dans la voiturette de 230 kg. de Gladiator (fig. 59), le moteur est aussi fixé au châssis et dès lors, séparé par des ressorts de l'essieu

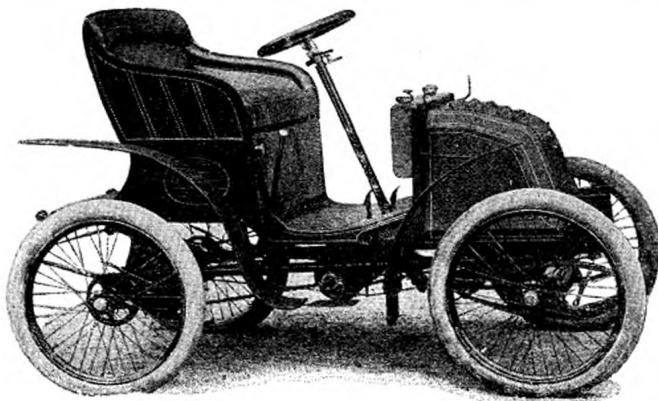


Fig. 59. — Voiturette Gladiator.

portant le différentiel. La transmission est obligée dès lors de satisfaire à une autre sujexion : celle d'être variable au moins en direction pour obéir aux flexions des ressorts.

Dans ces conditions, il doit y avoir entre le différentiel porté encore par l'essieu arrière et le changement de vitesse ou entre celui-ci et le

volant du moteur une distance suffisante pour la flexibilité de la transmission. Le moteur est alors placé à l'avant.

Dans la voiturette Gladiator, cette transmission est constituée par une chaîne reliant un pignon denté calé sur l'arbre moteur à une couronne dentée du changement de vitesse par différentiel et friction qui, lui, engrène directement avec le différentiel placé sur l'essieu arrière.

Dans les voiturettes G. Richard (fig. 60), Léon Bollée, etc., cette trans-

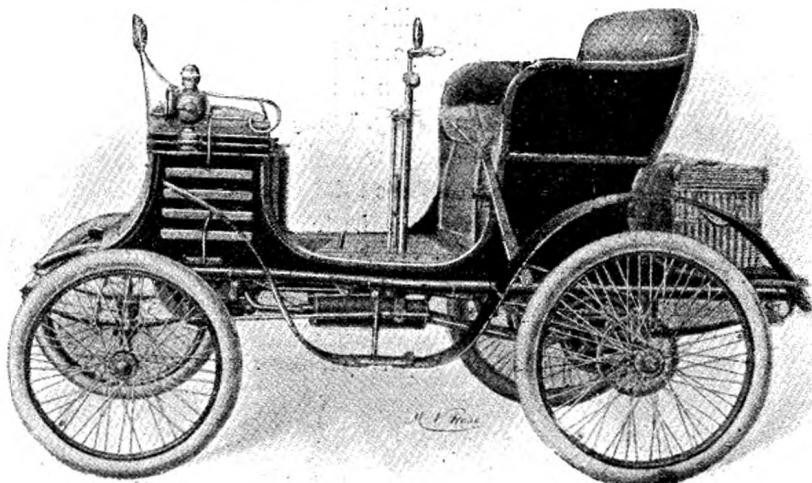


Fig. 60. — Voiturette Georges Richard.

mission entre le moteur et le changement de vitesse se fait par courroie toujours tendue.

Dans ces voiturettes, il n'y a pas de régulation automatique.

Les deux voiturettes Gladiator et G. Richard ont effectué 815 km. sur la piste du lac Daumesnil avec des vitesses moyennes variant de :

Gladiator . .	25 à 34 kilomètres en consommant	01.06 par kilomètre.
G. Richard . .	21 à 28	— 01.10 —

Au point de vue de la complication du mécanisme, ces voiturettes sont donc devenues de véritables petites voitures. Il en est de même à plus forte raison des voiturettes de 400 kg.

Ainsi, la voiturette Renault (fig. 61), du même type que celle arrivée première de la catégorie des voiturettes dans la course Paris-Toulouse (1.400 km.), avec une vitesse moyenne à peu près constante de 42 km. à l'heure, a son moteur 3 chevaux (Aster) refroidi par un courant d'eau

(thermo-siphon) placé à l'avant. La transmission du changement de vitesse au différentiel placé sur l'essieu arrière se fait par roue d'angle montée à l'extrémité d'un arbre portant un joint à la Cardan.

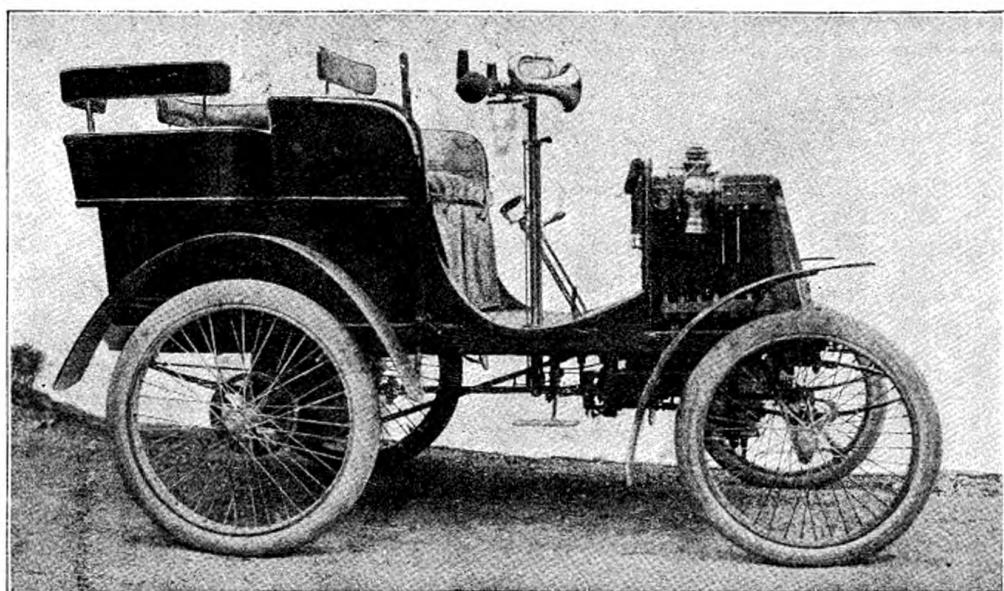


Fig. 61. — Voiturette Renault.

Dans la voiturette Hanzer (fig. 62), le changement de vitesse est à roues toujours en prise, leur calage ou décalage s'obtient par des griffes extérieures.

Dans la voiturette Fernandez il y a un embrayage par cylindre extensible ; le changement de vitesse est à train balladeur. La transmission du changement de vitesse au différentiel placé sur l'essieu arrière se fait par roue d'angle et arbre à la Cardan, comme dans la voiturette Renault frères. Dans les précédents véhicules, le refroidissement était à eau ; le moteur Fernandez de 3 ch. 5 est à ailettes.

Dans les voiturettes que nous venons de passer en revue, nous avons vu successivement le mécanisme se compliquer à raison de ce que le moteur était placé à l'avant tandis que le différentiel restait sur l'essieu arrière. Avec la voiturette Créanche (fig. 63) nous arriverons à une véritable petite voiture montée même comme les voitures de course.

Dans cette voiturette, en effet, bien qu'elle pèse seulement 350 kg. en ordre de marche, le différentiel n'est plus sur l'essieu arrière. Il

est placé sur un arbre intermédiaire dont les extrémités portent chacune un pignon denté relié par chaîne à une couronne dentée fixée au moyeu de la roue motrice correspondante.

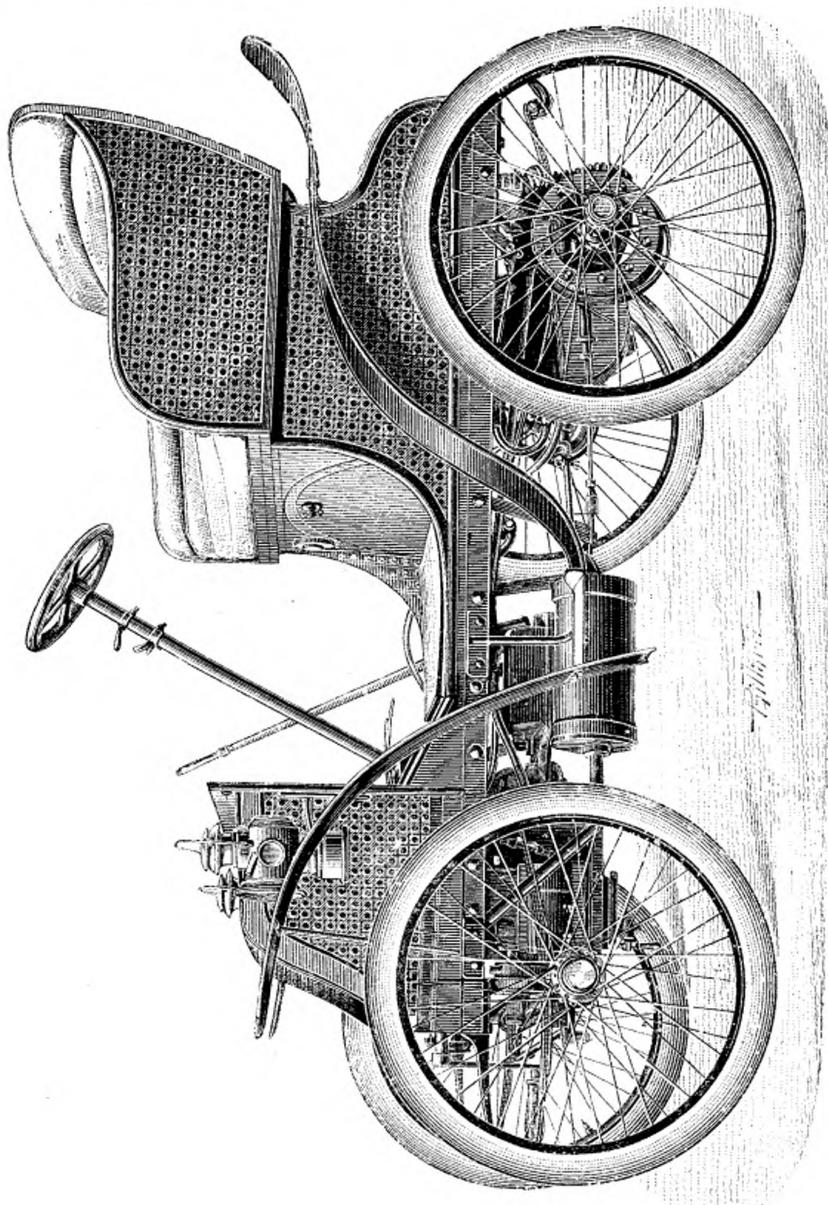


Fig. 62. — Voiturette Hänzer.

D'ailleurs, la transmission entre le moteur et le changement de vitesse se fait par une courroie.

Sur l'arbre moteur est calée une poulie tambour assez longue pour que la courroie puisse y prendre trois positions. Dans celle du milieu, elle passe sur une poulie calée sur un arbre intermédiaire qui sert à la mise en marche à l'aide d'une manivelle. Dans les positions extrêmes la courroie passe sur deux poulies folles sur cet arbre intermédiaire portant latéralement une roue dentée engrenant avec un pignon calé sur l'arbre du différentiel.

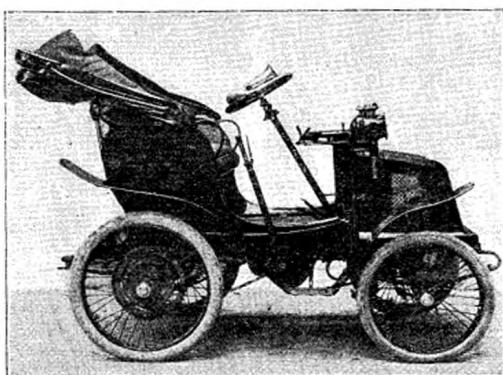


Fig. 63. — Voiturette Cranche.

L'arbre intermédiaire porte à une de ses extrémités un pignon denté qui peut, en se déplaçant, entraîner ou abandonner une roue dentée fixée à l'arbre du différentiel.

La poulie calée sur l'arbre du différentiel donne la grande vitesse ou le débrayage. Les poulies extrêmes donnent la deuxième et la troisième vitesse.

La marche arrière s'obtient en interposant un pignon auxiliaire entre les roues de la petite vitesse.

Pour remédier à l'allongement de la courroie, le moteur est porté par un châssis mobile par rapport à l'arbre intermédiaire du changement de vitesse.

Nouvelle ressemblance avec les grosses voitures, le châssis de cette voiturette au lieu d'être en tubes comme celui des motocycles est en bois avec consolidations métalliques.

Cependant, dans cette voiturette, la circulation de l'eau nécessaire au refroidissement du moteur est automatique comme dans le thermosiphon alors que dans certaines voiturettes (Hanzer), la circulation de

l'eau est obtenue par une pompe rotative comme dans les voitures plus pesantes.

Cette étude sommaire des voiturettes permet de comprendre pourquoi leur mécanisme se compliquant de plus en plus, leur prix va en croissant au point d'atteindre celui des anciennes voitures, alors que si le public avait eu le bon esprit de vouloir conserver à la voiturette le caractère de simplicité convenant à un moyen de transport rudimentaire, il eut pu, moyennant une dépense bien moindre (2.000 francs environ), goûter les joies de la circulation automobile.

Ces diverses voiturettes ont pris part au concours international des voiturettes qui comportait 815 km. sur routes avec des itinéraires très durs, et 34 km. 330 sur la piste du lac Daumesnil.

Elles ont effectué ces divers parcours avec des vitesses moyennes de :

CONSTRUCTEURS	VITESSES moyennes		CONSOMMATION par voiture-kilomètre	
	Itinéraire kilomètres	Piste kilomètres	Itinéraire litres	Piste litres
Renault frères. . . . .	27 4	32 33	0 080	0 075
De Dion et Bouton . . . . .	27 2	34	0 078	0 088
Hanzer. . . . .	22	29	0 089	0 090
Fernandez. . . . .	37	39	0 070	0 110
Créanche . . . . .	48	27 48	0 076	0 084

De même que les motocycles et quadricycles ont été adaptés au transport de quelques colis légers, de même les châssis des voiturettes précédentes ont été utilisés pour obtenir de petites voitures de livraison portant jusqu'à 300 kg. de charge totale.

Plusieurs voitures de livraison de ce genre (fig. 64, 65, 66, 67 et 68) ont figuré à l'Exposition et ont pris part au concours international des *petits poids*.

A ce concours a figuré avec succès une voiture à moteur électrique système Ricker, qui va permettre de faire ressortir les simplifications du mécanisme que permet l'emploi d'un moteur rotatif aussi souple.

Dans cette voiture, où les pivots des roues directrices sont placés dans les moyeux, la suspension est constituée par les bandages pneumatiques et les essieux, malgré le poids notable (1 513 kg. en charge), supportent directement le châssis en tubes qui est relié à la caisse par des ressorts transversaux en forme de chapeau de gendarme.

L'essieu arrière porte le différentiel avec lequel engrène directement une roue dentée fixée à l'arbre moteur d'une dynamo de 2 kilowatts. Celle-ci, mobile autour de l'essieu qu'embrassent deux oreilles, est supportée par un ressort fixé au châssis.

Les trois vitesses sont obtenues par les groupements différents des quatre groupes des 44 accumulateurs formant la batterie.

Le poids total de cette voiture était de 930 kg. à vide ; 1 350 kg. en

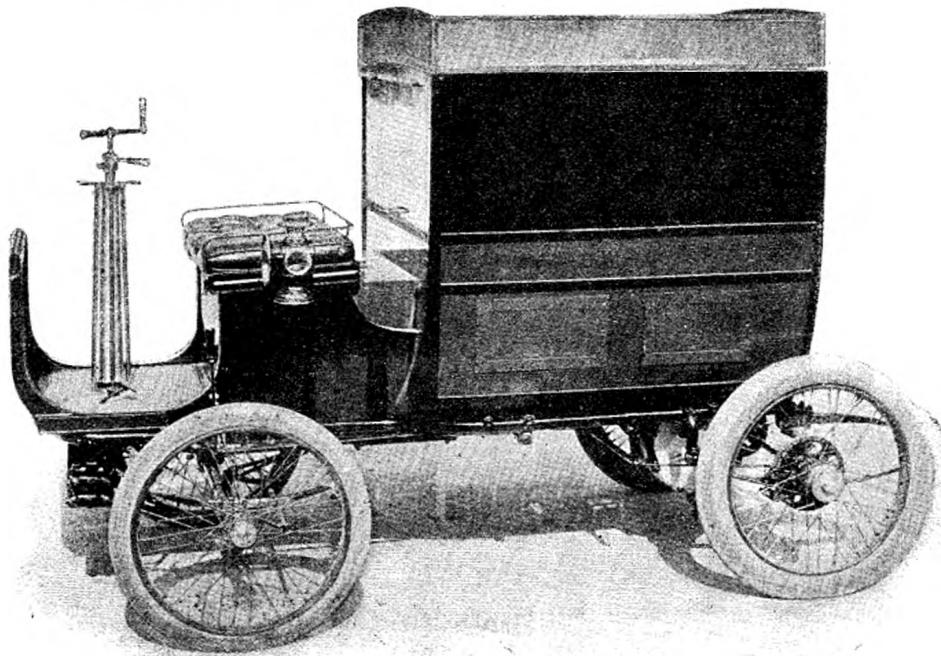


Fig. 64. — De Dion-Bouton.

ordre de marche avec les accumulateurs *Aigle*; 1 431 kg. 500 en charge moyenne en service de voiture de livraison; 1 513 kg. en charge maximum au départ.

*Voitures.* — La voiturette jouit en ce moment de la vogue, mais avec le goût de plus en plus grand du public pour le confort et la vitesse, peu à peu elle tend à devenir une véritable voiture. Cette tendance s'accentuera d'autant plus facilement que, sans rien changer à son mécanisme déjà très compliqué, il suffira d'augmenter simplement la force de son moteur et les dimensions de ses divers organes.

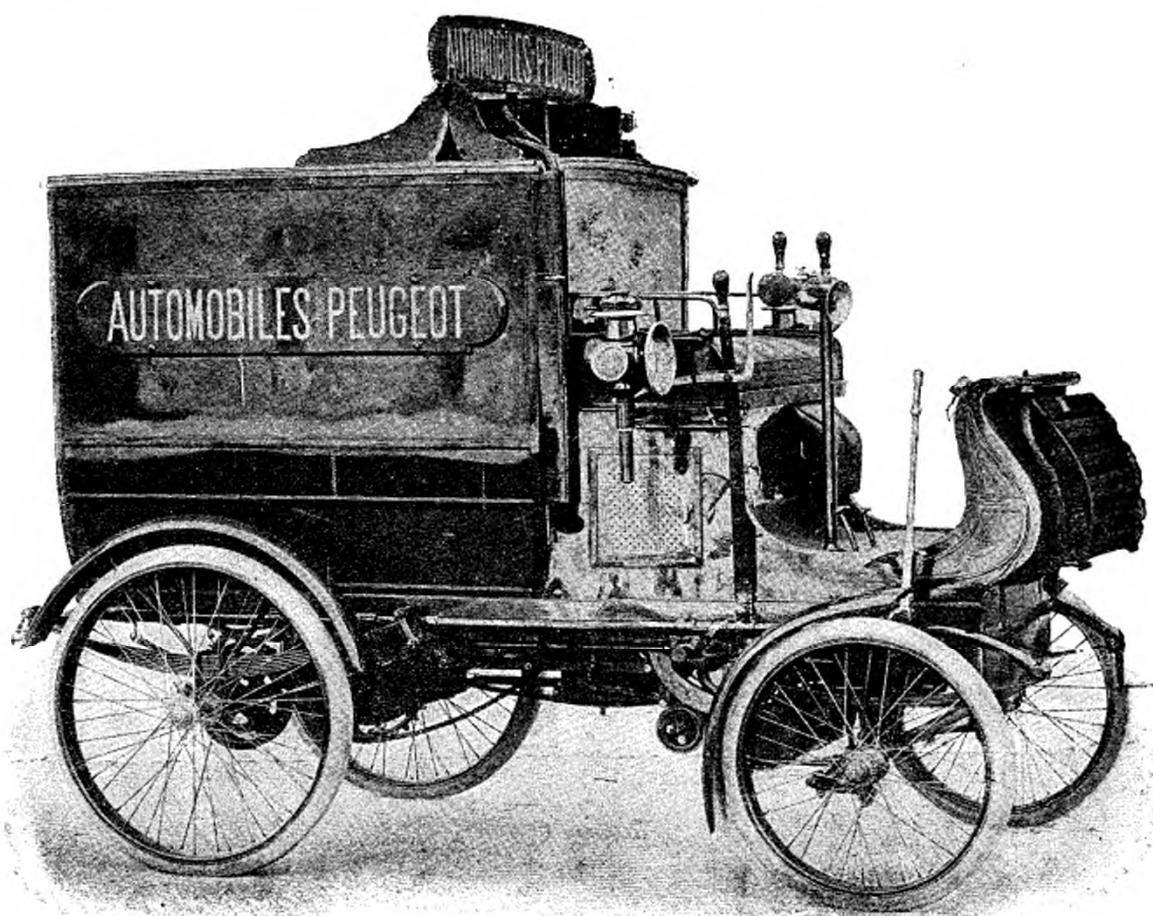


Fig. 65. — Peugeot.

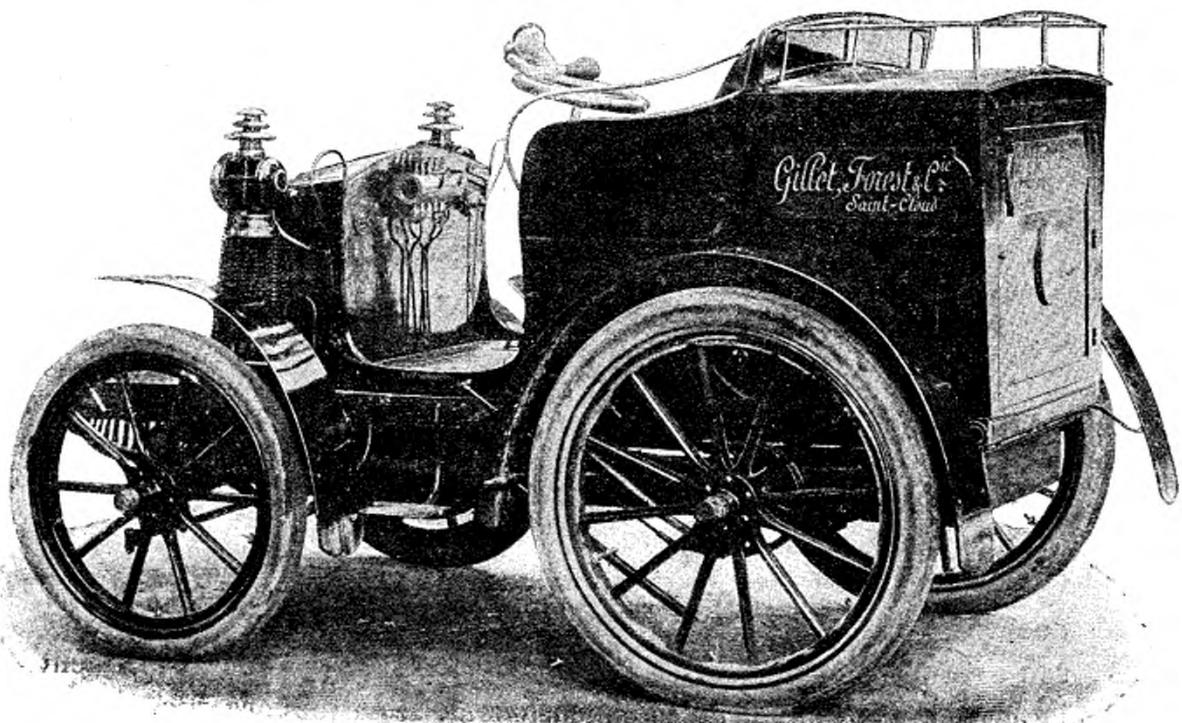


Fig. 66. — Gillet-Forest.

Ainsi, à l'Exposition ont figuré et au concours international de tourisme ont pris part des voitures à deux places dont le poids à vide a varié de 450 à 550 kg.

Nous ne saurions songer à donner une description même sommaire de toutes les voitures non seulement qui ont figuré à l'Exposition mais

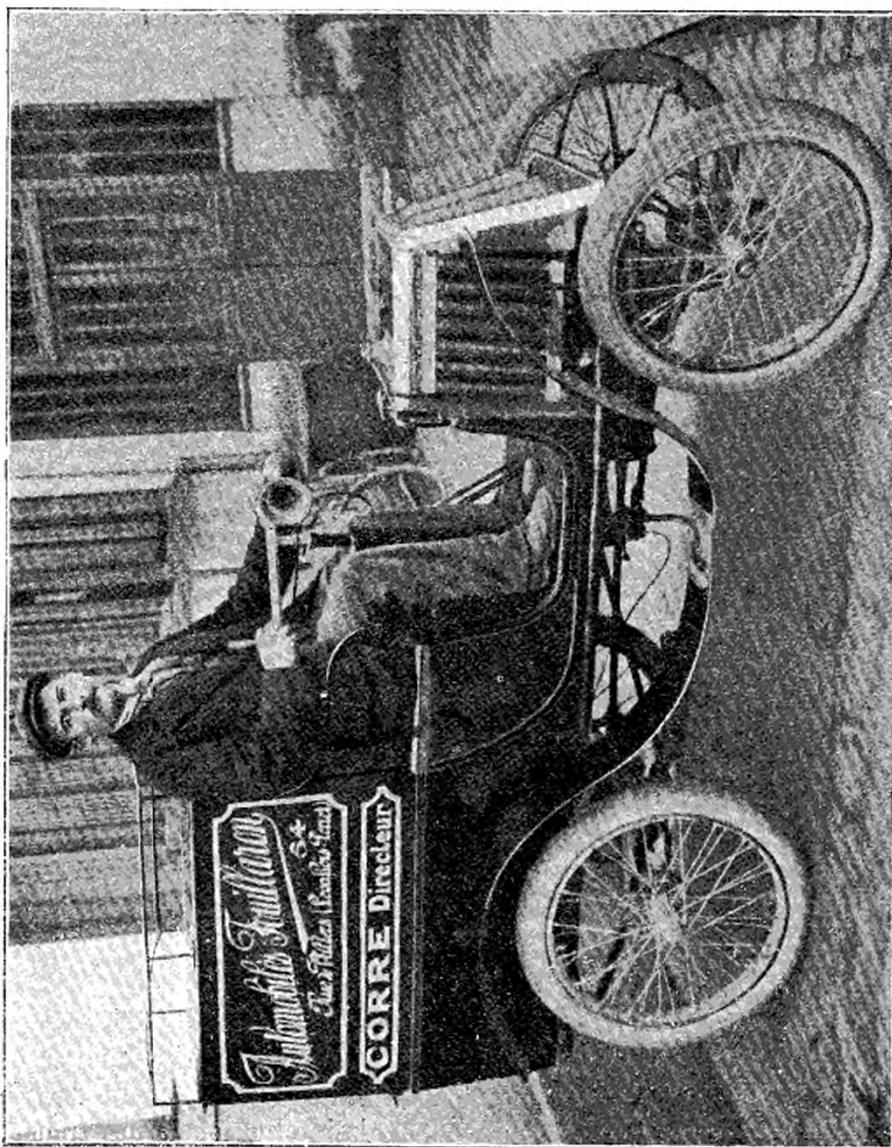


Fig. 67. — Corré.

même de celles qui ont obtenu des récompenses soit du Jury de la Classe 30, soit de la commission d'organisation de la Section VII des concours internationaux.

Nous nous bornerons à les grouper méthodiquement en voitures à moteur électrique, à moteur à vapeur et à moteur à mélange tonnant à raison de leur complication de plus en plus grande.

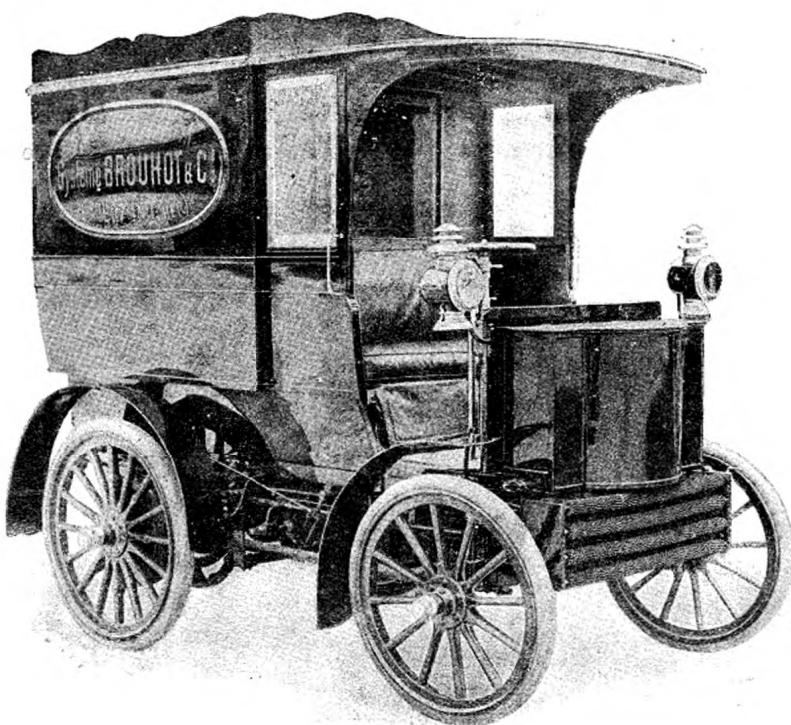


Fig. 68. — Brouhot.

### VOITURES A MOTEUR ÉLECTRIQUE

Ont figuré à l'Exposition ou ont pris part aux concours internationaux.

#### VOITURES ÉLECTRIQUES

De Columbia electric Vehicle C° : *hors concours*. — M. Jeantaud ; *grand prix* (fig. 69). — M. Scheele (Allemagne) ; Société française pour l'industrie et les mines (système Kriéger) (fig. 70) ; Compagnie internationale des transports automobiles (système Jenatzy) : *médailles d'or*. — Compagnie française des voitures électromobiles ; Société des voitures électriques et accumulateurs B.G.S. ; Milde fils et Cie. — Ricker electric vehicle C° E. U. : *médaille d'argent*.

Pour la plupart, les constructeurs admettent que l'emploi de bandages pneumatiques assure une suspension suffisante et n'hésitent pas à fixer le moteur soit aux essieux, soit au châssis qu'ils supportent directement.

Dans les voitures les plus simples, comme dans la voiture Jenatzy, il y a pour chaque roue motrice arrière un moteur demi-suspendu, c'est-à-dire fixé à l'essieu par deux oreilles qui lui permettent d'osciller tout en conservant une distance invariable à l'axe de l'essieu, et relié à

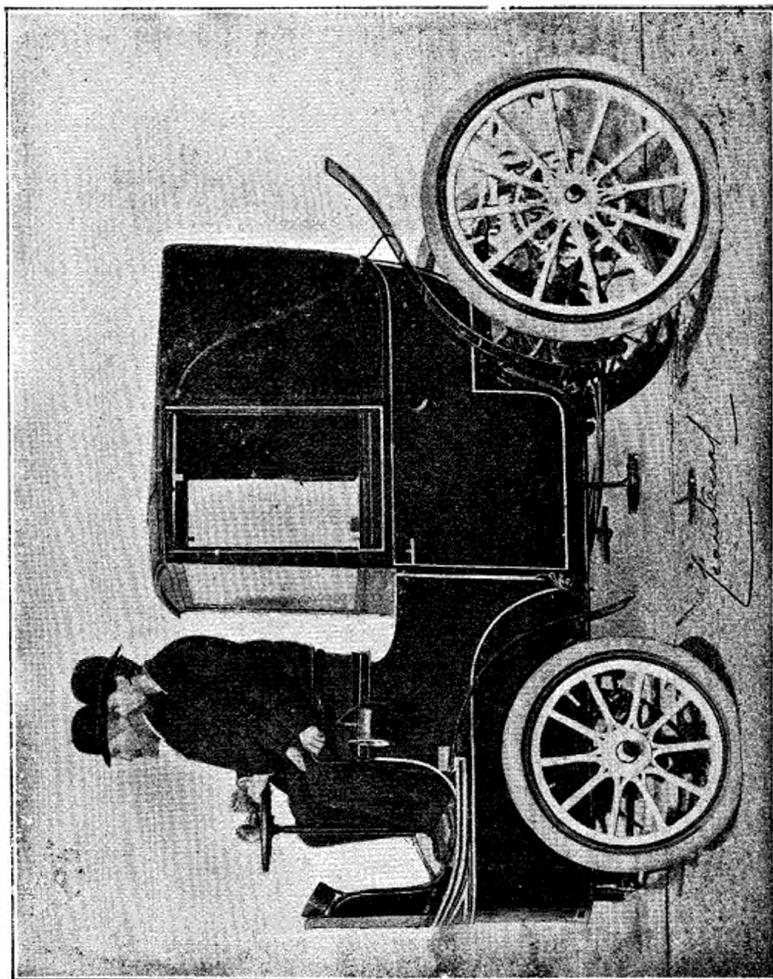


Fig. 69. — Jeantaud.

l'autre extrémité au châssis par une lame de ressort. Une roue dentée calée sur l'arbre de la dynamo engrène directement avec une couronne dentée fixée soit au moyeu de la roue si elle est à tendeurs métalliques, soit aux rais s'ils sont en bois.

Dans le camion électrique de 22 tonnes de la raffinerie Say, ce dispositif est quelque peu modifié par ce fait que les deux roues ne tour-

nent pas aux extrémités d'un même essieu mais chacune à l'extrémité d'un arbre incliné de manière à présenter le carrossage voulu.

Dans le système Kriéger, les roues avant sont motrices et directrices par essieu brisé.

Le moteur de chacune est donc placé au-dessus du pivot ; à l'origine, sans interposition de ressort, la roue dentée du moteur attaquait le sommet de la couronne dentée de la roue. Depuis 1899 le moteur est suspendu et attaque la couronne dentée par l'extrémité de son diamètre horizontal.



Fig. 70. — Victoria Kriéger.

D'autres constructeurs préfèrent mettre le plus possible le moteur électrique à l'abri des trépidations et le placent sur le châssis séparé des essieux par des ressorts.

Ils sont alors obligés de recourir à un organe de transmission déformable qui peut être un quelconque de ceux adoptés dans les voitures à moteur à vapeur ou à mélange tonnant.

M. Jeantaud, en particulier, qui considère qu'un seul moteur a un rendement meilleur que deux, a adopté le dispositif du différentiel sur un arbre intermédiaire dont les extrémités portent des pignons reliés par des chaînes aux couronnes des roues motrices.

Il étudie en ce moment une voiture électrique où l'axe de la dynamo sera placé perpendiculairement aux essieux. La transmission au différentiel se fera par un arbre brisé ou Cardan.

Nous avons vu plus haut que, dans un coupé électrique, il avait employé un avant-train moteur directeur par transmission intermédiaire à des roues dentées montées sur le prolongement des pivots de direction.

La Société des voitures électromobiles a adopté l'avant-train moteur directeur Doré où l'arbre moteur vertical attaque un différentiel monté sur l'essieu d'un avant-train mobile.

D'après les constatations faites dans les divers concours, on peut calculer qu'une voiture à moteur électrique bien montée consomme dans les environs de 84 hectowatts-heure par tonne kilométrique.

Nous ne pouvons omettre de signaler que l'omnibus à moteur électrique à trolley automoteur système Lombard Gerin qui a fonctionné à l'annexe de Vincennes a reçu une médaille d'or.

#### VOITURES À VAPEUR

Les établissements construisant des voitures à vapeur qui ont paru au Jury de la Classe 30 mériter une récompense sont :

Société des chaudières et voitures à vapeur Scotte : *hors concours*. — De Dion et Bouton : *grand prix*. — Gardner-Serpellet : *médaille d'or*. — Chabotche ; Turgan ; Locomobile C° of America (Stanley) ; Leblant : *médailles de bronze*. — Gandon : *mention honorable*.



Fig. 74. — Omnibus de Dion et Bouton.

Dans la plupart de ces voitures, la chaudière et le moteur sont placés à l'avant de la voiture ; le mécanicien et, au besoin, le chauffeur

sont assis entre les appareils qu'ils ont à surveiller et la caisse renfermant les voyageurs ou les marchandises qui n'ont pas à souffrir d'une température trop élevée.

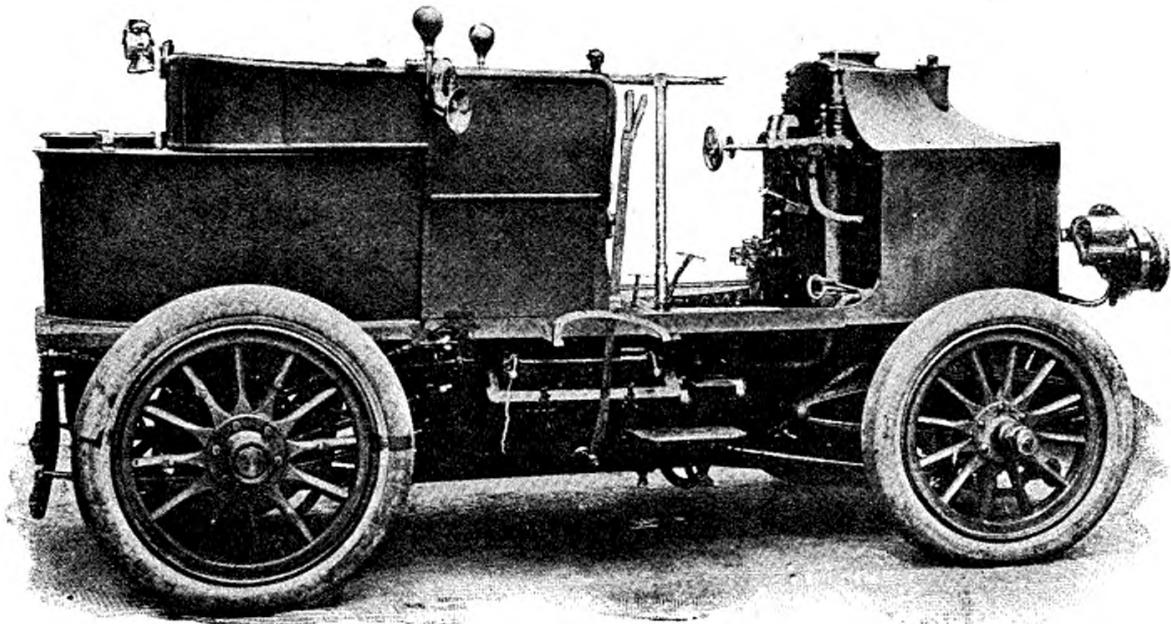


Fig. 72. — Voiture Chaboche.

Le chauffage se fait avec un combustible solide (coke) avec trémie

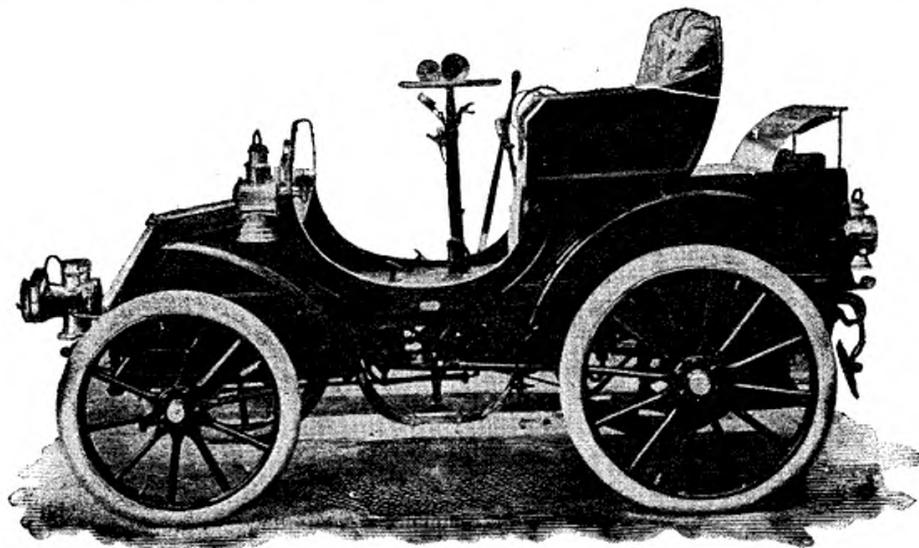


Fig. 73. — Voiture Serpollet.

dans les voitures de Dion et Bouton, Valentin Purey; sans trémie : Société Scotte ; Chaboche ; Turgan (houille).

Le combustible est liquide dans les voitures Stanley et Gardner-Serpellet. Depuis l'Exposition, pour leurs voitures de promenade ou de

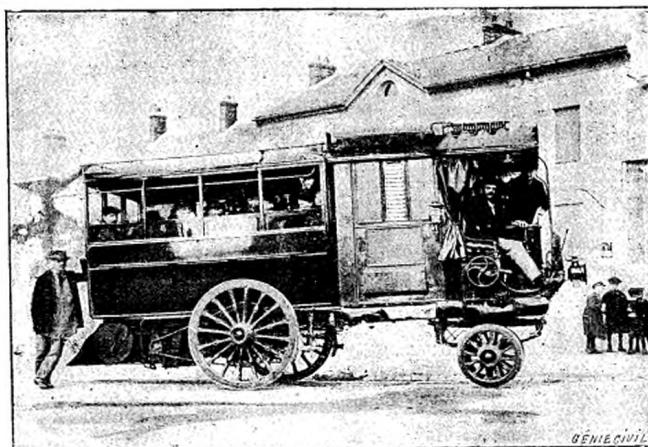


Fig. 74. — Omnibus Serpellet.

tourisme, MM. Chaboche et Turgan ont également adopté ce mode de chauffage.



Fig. 75. — Omnibus Turgan.

Dans la voiture Stanley, la chaudière est à tubes de flamme. Dans

les voitures Gardner-Serpellet, Chabotie et Turgan, elle est à tubes d'eau.

Dans la première, les tubes presque capillaires sont portés à la température de caléfaction.

Le grand avantage du combustible liquide, c'est que l'alimentation en combustible du fourneau peut être conjuguée avec celle de la chaudière en eau.

La voiture Serpellet-Gardner est remarquable à ce point de vue. Elle y gagne une souplesse de puissance qui lui a assuré de grands succès dans les courses en pays accidenté qui ont suivi l'Exposition universelle.

Une particularité de cette voiture qui mérite d'être signalée c'est le moteur à quatre cylindres à simple effet où la distribution se fait par soupapes comme dans le moteur à mélange tonnant et, pour le même motif : la température élevée du fluide élastique.

Dans la voiture de Dion et Bouton, le moteur Compound est unique. Dans la voiture Turgan, chaque roue motrice a un moteur Compound.

La voiture Gandon a été récompensée d'une mention honorable pour tenir compte à ce constructeur de sa tentative de rendre motrices les quatre roues de son tracteur.

#### VOITURES A MOTEUR A MÉLANGE TONNANT

Les voitures à moteur à mélange tonnant que le Jury de la classe 30 a jugées dignes des récompenses sont celles des :

Société des anciens établissements Panhard et Levassor ; Bollée (Léon) ; Brulé ; Darracq et Cie ; Société des moteurs Crouan : *hors concours*. — De Dietrich et Cie (Allemagne) ; Société d'automobiles Peugeot ; de Dion et Bouton : *grands prix*. — Société des moteurs Gobron et Brillée ; Société anonyme d'automobiles Mors ; Benz et Cie ; Delahaye et Cie ; Société des voitures automobiles des établissements Deauville aîné ; Société anonyme des établissements Germain (Belgique) : *médailles d'or*. — Société d'automobiles et de traction (système Bardon) ; Motorfahrzene (Allemagne) ; Brouhot et Cie ; Société lyonnaise de construction d'automobiles Rochet-Schneider-Renault frères ; Société des automobiles Koch ; Société des voitures Créanche ; Teste-Moret et Cie ; Société de mécanique industrielle d'Anzin ; Société des anciens établissements Audibert-Lavirotte ; Société française d'automobiles ; Vulkan automobile Gesellschaft (Allemagne) ; Cambier et Cie ; Henriod : *médailles d'argent*. — Société de Riancey ; Ripert ; Ouzou et Cie ; Fernandez et Cie ; Usine industrielle Lux (Allemagne) ; Turgan et Foy ; Société anonyme des voitures automobiles « La

Parisienne » ; Penelle ; Dalifol et Thomas ; Rossel ; Gillet-Forest ; Legros ; Luberg ; Vermorel ; Compagnie des automobiles et moteurs Coke ; Roch-Brault ; Begot et Cail ; Hidien ; Keller auto Helvetia (Suisse) ; Vallée : *médailles de Bronze*.

A l'origine, la maison Peugeot a placé le moteur à l'arrière, Seule, à peu près, elle a conservé ce dispositif. Aujourd'hui tous les moteurs sont placés à l'avant, presque toujours dans un coffret par imitation de

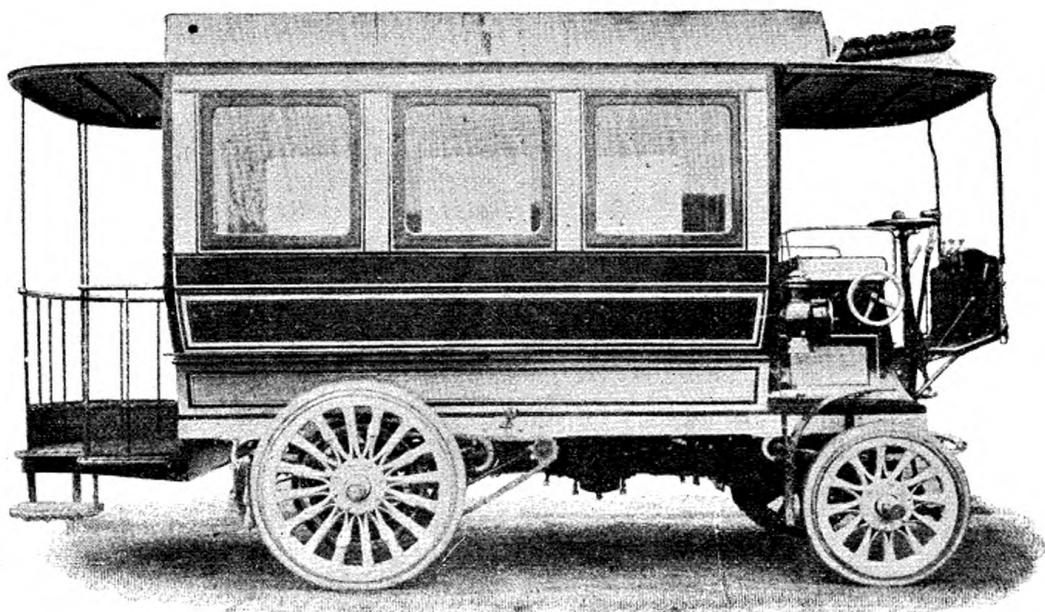


Fig. 76. — Omnibus de Panhard et Levassor.

la voiture Panhard et Levassor. Ce coffret même s'est énormément allongé dans les voitures de course.

Dans les unes, la transmission se fait par une courroie (de Dietrich ; Delahaye, etc.). A l'origine, où les moteurs étaient peu puissants et où pour diminuer le poids on avait des volants insuffisants, la crainte que la brutalité du moteur à quatre temps ne fût désastreuse pour les engrenages expliquait à un certain point ce mode de transmission.

Aujourd'hui, la transmission par engrenage entre le moteur et le changement de vitesse a fait ses preuves et on ne voit plus que les inconvénients de toute sorte de la courroie. Elle n'offrirait quelque avantage comme mode de freinage énergique que si elle était interposée entre les roues et le changement de vitesse mis à la marche arrière.

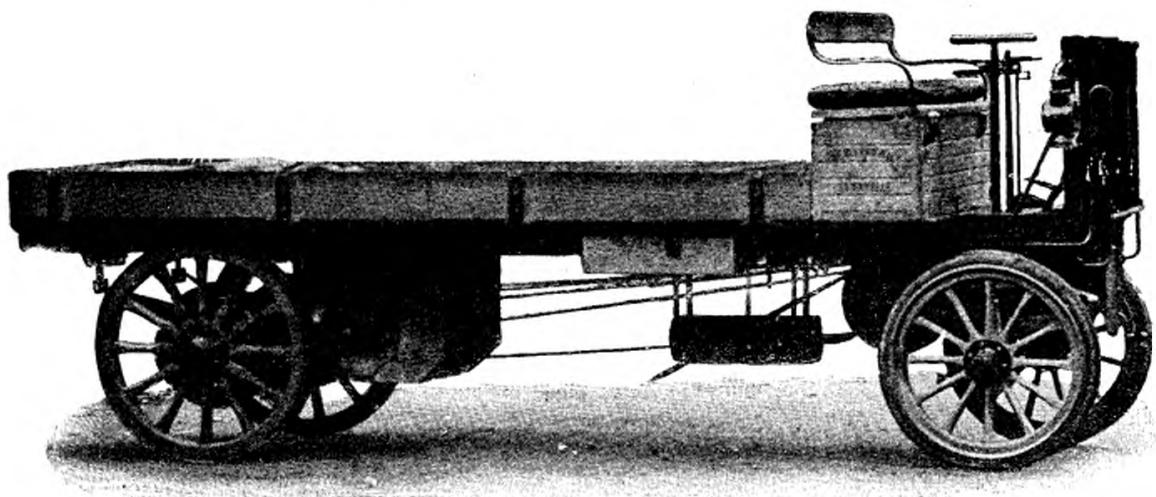


Fig. 77. — De Diétrich.

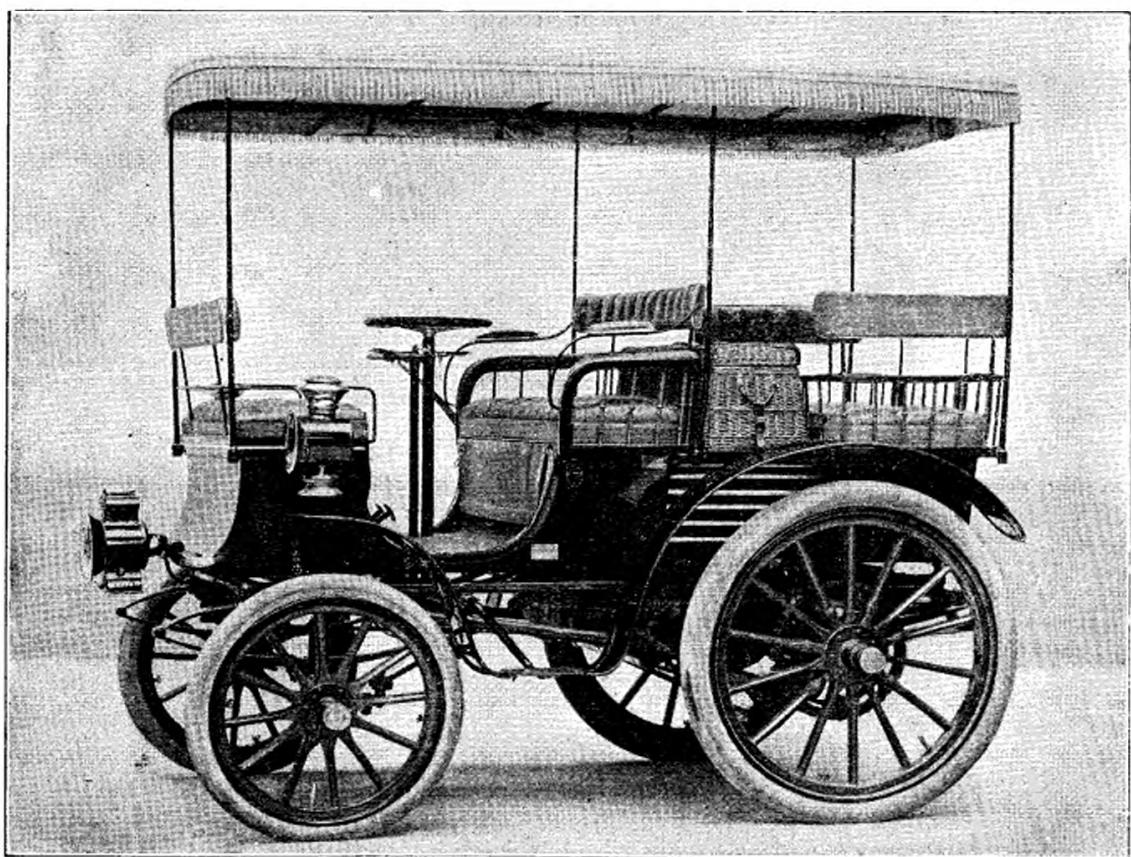


Fig. 78. — Voiture Gobron-Brilliée.

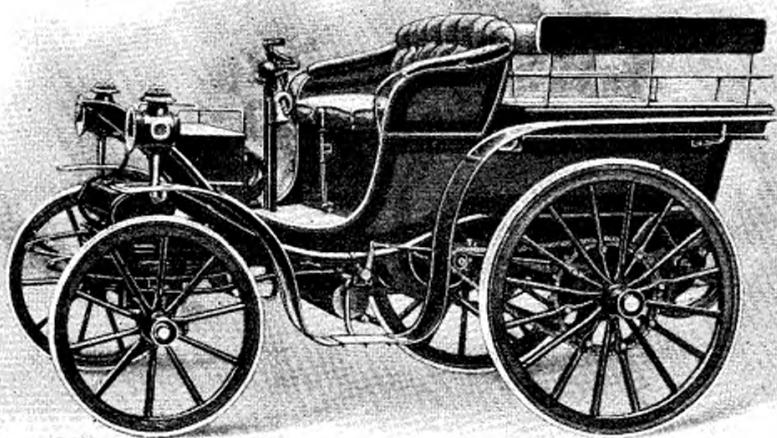


Fig. 79. — Voiture Delahaye.

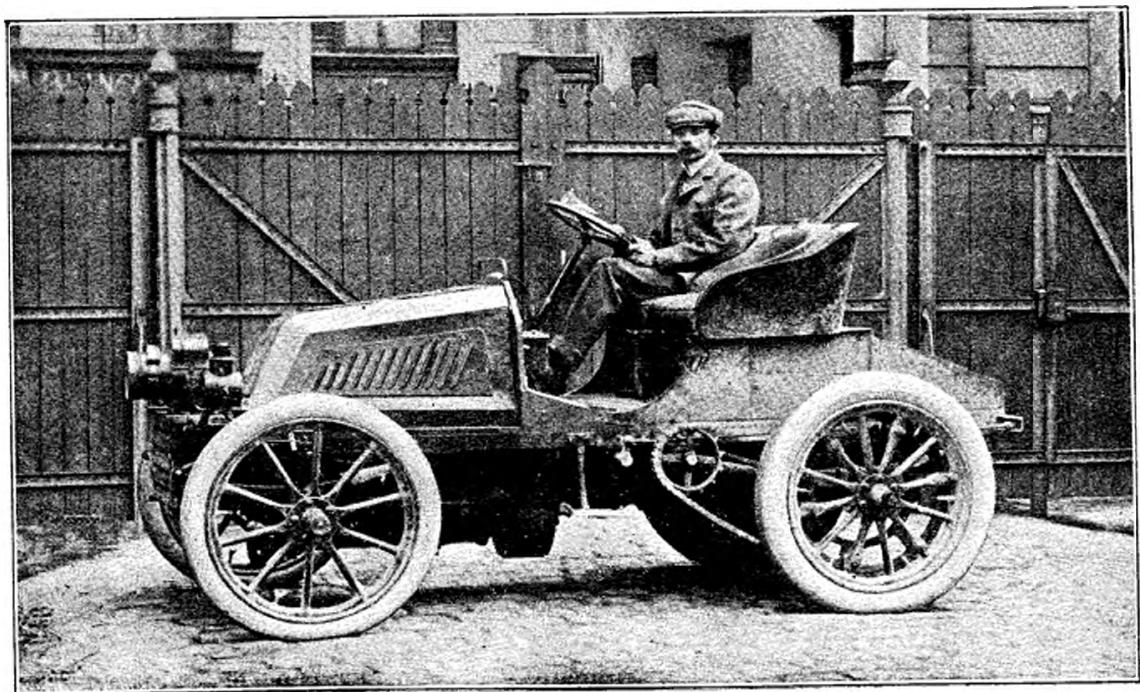


Fig. 80. — Voiture de M. Levegh (Mors).

Si la courroie continue cependant à être employée par ses premiers adeptes, c'est uniquement parce qu'elle est en quelque sorte leur marque de fabrique.

La courroie est appelée à disparaître, sinon pour les voitures où il est facile de corriger son allongement progressif par le déplacement de la partie portant le moteur, au moins pour les voitures pesantes où ce dispositif n'est pas de mise.

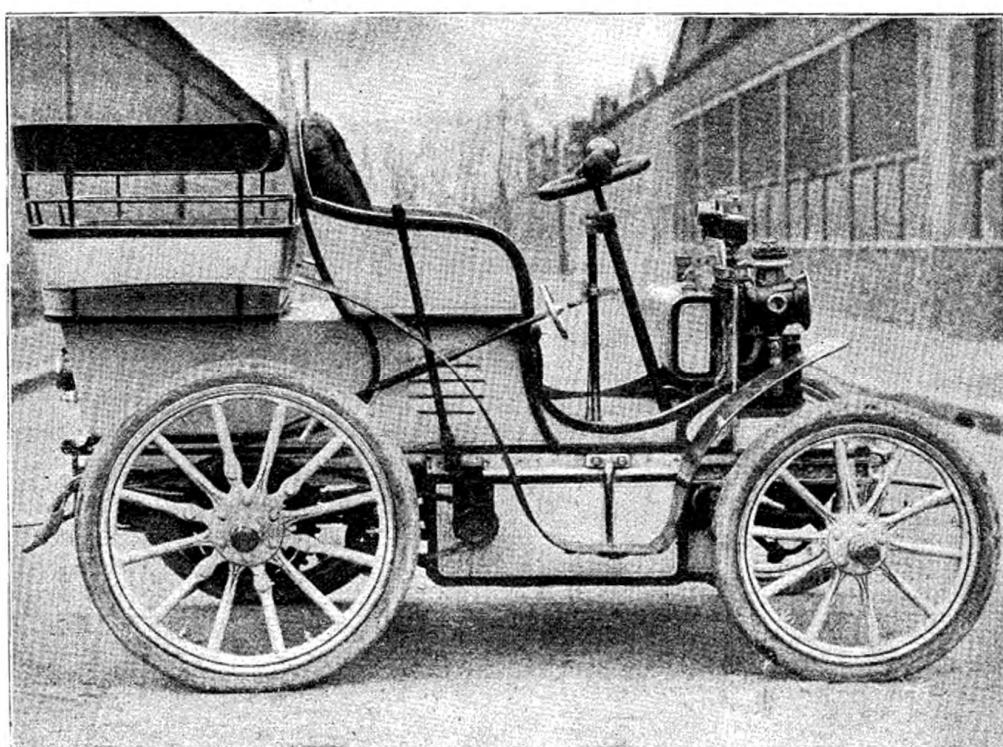


Fig. 81. — Voiture Bardot.

La transmission par engrenage tend donc à devenir la seule employée.

Le train balladeur, très combattu, triomphe également. En tout cas, ceux qui emploient encore les changements de vitesse à roues toujours en prise, donnent la préférence à ceux où le calage des roues se fait par des griffes extérieures faciles à vérifier et à réparer.

La prise directe, pour la vitesse normale, est à la mode.

Pour la marche arrière, on a renoncé aux roues d'angle symétriques

engrenant à droite ou à gauche avec la couronne du différentiel, et on emploie presque exclusivement le pignon intermédiaire intercalé entre les roues et le pignon de la petite vitesse.

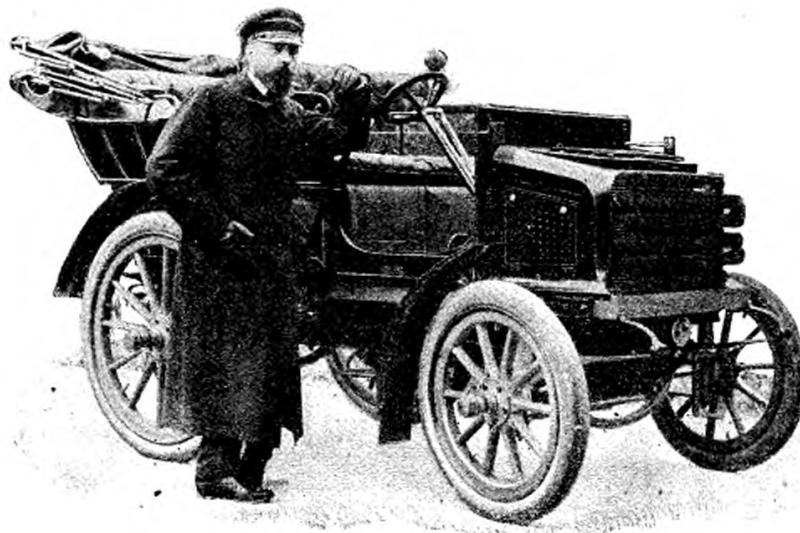


Fig. 82. — Voiture Anzin.

La direction par essieux brisés est la seule en usage. Les pivots supérieurs et la connexion trapézoïdale en avant de l'essieu figurent sur

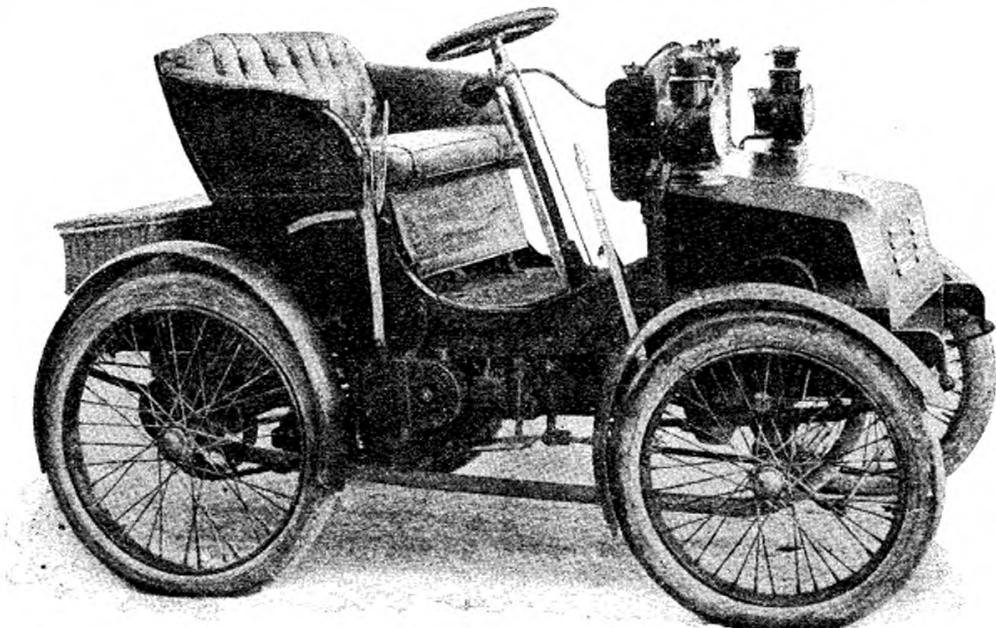


Fig. 83. — Voiture Rianey.

presque toutes les voitures. De même on trouve sur presque toutes le volant sur tige inclinée : celle-ci porte une vis sans fin engrenant avec

ou sans interposition d'une crémaillère-fourrure avec un secteur denté dont la queue est reliée à un des bras de pivot par une bielle à peu près horizontale pour la voiture en charge.

Le différentiel est placé sur un arbre intermédiaire dont les extrémités portent des pignons reliés par des chaînes aux couronnes des roues motrices.

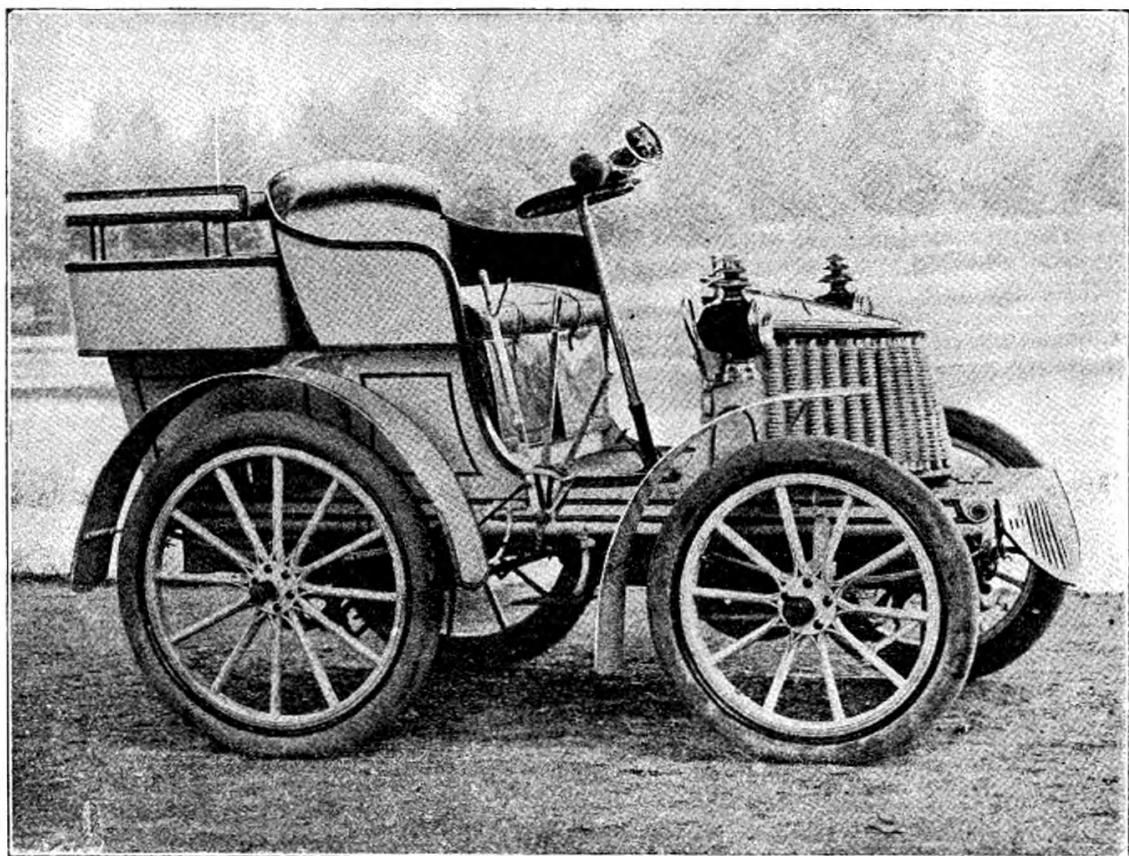


Fig. 84. — Voiture Gillet-Forest.

Une pédale met en œuvre le frein à mâchoire qui agit sur une colonne de l'arbre du différentiel et qui est enclenché avec le débrayage du moteur. Le frein à corde agissant sur les couronnes des roues est mis en œuvre par une pédale ou par un levier à main.

Le moteur est vertical ou horizontal. Il est monocylindrique ou polycylindrique (2 ou 4). Le moteur à trois cylindres calés à 120° semble devoir jouir d'une certaine faveur.

Sur les voitures de course, on emploie le moteur à quatre cylindres avec régulation automatique, autrefois sur l'échappement, actuellement

sur l'admission, dans les deux maisons de construction Mors, Panhard et Levassor.

Malgré cette préférence des gens les plus compétents, nous croyons, avec M. le comte de Chasseloup-Laubat, que pour ces moteurs à quatre cylindres, il vaudrait mieux conserver la régulation sur l'échappement, dût-on le rendre partiel pour en modérer la brutalité.

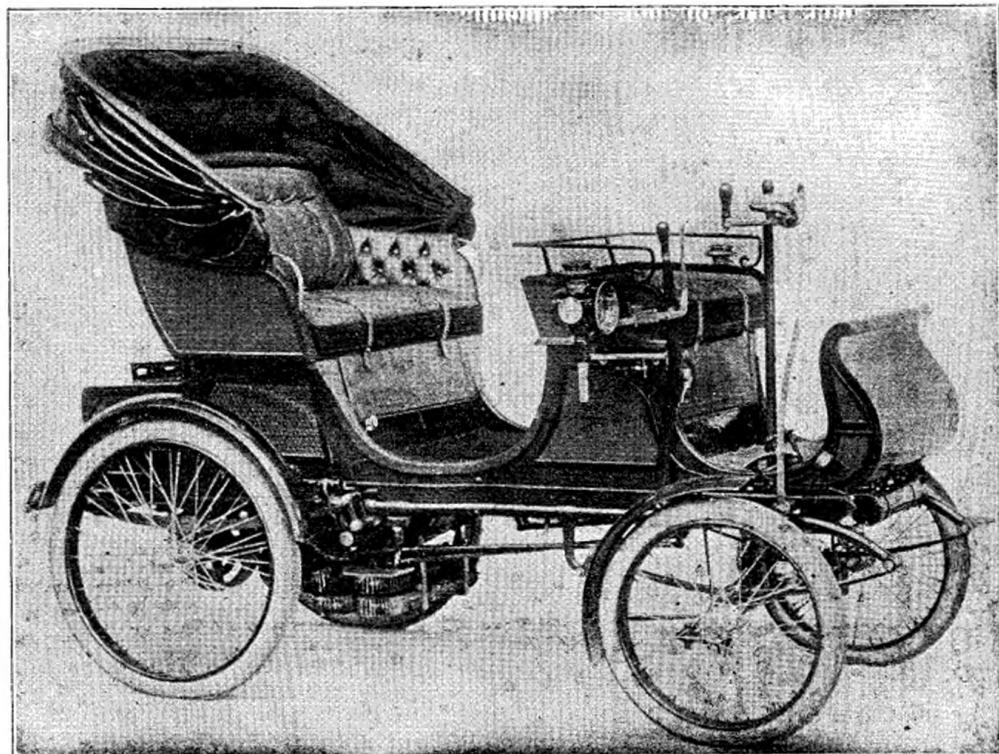


Fig. 85. — Voiture Peugeot.

Le châssis qui, à l'origine, était en tube, tend de plus en plus à se faire en bois avec consolidations en métal. Cependant quelques constructeurs adoptent aujourd'hui le châssis en tôle d'acier profilé.

Les coussinets des divers arbres et surtout ceux de l'arbre intermédiaire sont disposés de manière à permettre le jeu nécessaire aux flexions du châssis.

La longueur du châssis n'a jamais cessé de croître :

1895	Course de Paris-Bordeaux . . . . .	1 <sup>m</sup> ,30
1896	Course de Paris-Marseille . . . . .	1 70
1899	Tour de France . . . . .	2 00
1900	Course de Paris-Toulouse . . . . .	2 35

Il en est de même de la largeur de la voie et du diamètre des roues qui tend de plus en plus à devenir le même à l'avant et à l'arrière.

$$1895. \quad , \quad \left\{ \begin{array}{l} A. \quad . \quad 0^m,80 \\ A.R. \quad . \quad 1^m,00 \end{array} \right. \quad | \quad 1896. \quad , \quad \left\{ \begin{array}{l} A. \quad . \quad 1^m,06 \\ A.R. \quad . \quad 1^m,06 \end{array} \right.$$

La largeur de la voie est de  $1^m,35$ ; cependant pour les voitures circulant dans Paris, on adopte fréquemment  $1^m,44$ , espacement des rails de tramways.

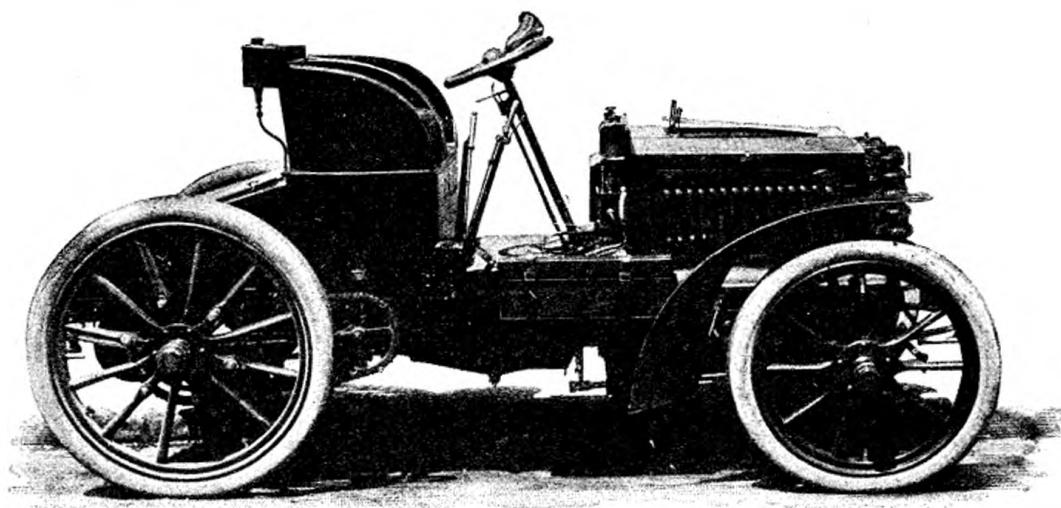


Fig. 86. — Voiture Pinson (Panhard et Levassor).

Quant à la puissance des moteurs le tableau suivant fait ressortir les puissances successives et les vitesses moyennes obtenues sur de longs parcours ou dans des essais du kilomètre.

	courses	vitesse moyenne en kilomètres à l'heure.	puissance en chevaux- vapeur.
1894	Paris-Rouen . . . . .	21 00	3 75
1895	Paris-Bordeaux et retour . . . .	24 20	3 00
1896	Paris-Marseille et retour . . . .	25 20	6 00
1898	Paris-Amsterdam. . . . .	44 70	12 00
1899	Paris-Bordeaux . . . . .	48 26	16 00
1900	Paris-Toulouse et retour. . . . .	64 00	30 00
1901	Paris-Berlin. . . . .	71 10	40 00

Le tableau suivant qui donne les poids successifs de la voiture en charge par rapport à la puissance du moteur, c'est-à-dire le nombre des kilogrammes de poids total correspondant à un cheval-vapeur nominal, donnera peut-être une idée plus saisissante de la progression croissante de la puissance du moteur.

1894	Paris-Rouen . . . . .	250	kilogr.
1895	Paris-Bordeaux-Paris . . . . .	185	—
1896	Paris-Marseille-Paris . . . . .	616	—
1898	Paris-Amsterdam . . . . .	100	—
1899	Paris-Bordeaux. . . . .	65	—
1900	Paris-Toulouse. . . . .	33	—
1901	Paris-Berlin . . . . .	30	—

On nous objectera probablement que la description sommaire que nous donnons du type rationnel vers lequel tend le châssis de la voiture à moteur à mélange tonnant est celle du type adopté pour les voitures arrivées premières dans les courses sensationnelles (<sup>1</sup>).

Nous ne ferons aucune difficulté de le reconnaître.

C'est sur la voiture de course que l'on essaie tous les dispositifs qui paraissent de nature à favoriser la marche en diminuant et les chances d'avaries et la durée de leurs réparations, car seule la course impose à ce type des conditions de travail continu suffisantes pour renseigner sur l'endurance des divers organes et sur la facilité de leur réparation en cours de route.

C'est la liberté des courses qui a permis à l'industrie automobile née en 1895, de prendre, en France, un développement qui fait l'étonnement et l'admiration des pays étrangers, tout en procurant du travail à des milliers d'ouvriers comptant parmi les plus intelligents.

Mais si le monde sportif ne considère que la vitesse atteinte dans les courses, le monde industriel et commercial se préoccupe surtout de l'économie de l'instrument de transport.

1. Ceci a été écrit au lendemain de l'Exposition Universelle de 1900 et après la clôture de l'Exposition des automobiles au Grand Palais (janvier 1901). Depuis le snobisme aidant, notre prévision s'est réalisée. Toutes les voitures de tourisme, affectent la forme de voitures de course et chose plus grave, même pour les voitures les constructeurs ont dû adopter leurs mécanismes compliqués pour plaire à leurs clients.

Aussi, dans le tableau suivant, avons-nous cru devoir résumer tous les renseignements que le Jury a recueillis avant de se prononcer sur le mérite des divers exposants.

### I. — Moteurs à vapeur

CONSTRUCTEURS	POIDS en kilogrammes	PUISANCE du Moteur en chevaux-vapeur	VITESSES moyennes en kilomètres par heure		CONSOMMATION EN LITRES			
			Itinér.	Piste	par voiture-kilomètre	par tonne-kilomètre	Itinér.	Piste
<b>1° TOURISME</b>								
Gardner-Serpollet . . .	2 places. {	530 V., 5 630 M., 4 cylindres 790 C., horizont.	23 <sup>1</sup> 500	32 <sup>1</sup> 200	0 <sup>1</sup> 209	0 <sup>1</sup> 493	0 <sup>1</sup> 264	0 <sup>1</sup> 246
	4 places. {	4,150 V., 8 4,280 M., 4 cylindres 4,560 C., horizont.	23 700	"	0 287	"	"	"
<b>2° VOITURES DE LIVRAISON</b>								
Chaboche . . . . .	{ 2,440 V. 2,610 M. 3,240 C.	42 3 cylindres verticaux	24 <sup>1</sup> 720	32 <sup>1</sup> 703	0 <sup>1</sup> 782	0 <sup>1</sup> 785	0 <sup>1</sup> 244	0 <sup>1</sup> 245
<b>3° VOYAGEURS</b>								
<i>Omnibus</i>								
De Dion et Bouton . . .	4897 . . . .	{ 5,040 M., 25 6,460 C., Compound	14 <sup>1</sup> 500	"	4 910	"	0 <sup>1</sup> 340	"
	4898 . . . .	{ 6,380 M., 40 8,380 C., Compound	14 460	"	2 680	"	0 320	"
	4899 . . . .	{ 6,260 M., 30 8,260 C., Compound	19 800	"	3 790	"	0 460	"
	1900 . . . .	{ 6,500 M., 33 8,300 C., Compound	15,000	"	2 690	"	0 325	"
	Turgan . . . . .	{ 3,000 V., 40 3,700 M., Compound 4,900 C.	13 000	22 <sup>1</sup> 000	4 000	2 <sup>1</sup> 890	0 660	0 <sup>1</sup> 589
<b>4° MARCHANDISES</b>								
<i>Camion</i>								
De Dion et Bouton . . .	4898 . . . .	{ 8,900 M., 30 9,960 C., Compound	14 <sup>1</sup> 400	"	"	"	0 <sup>1</sup> 423	"
	4899 . . . .	{ 3,540 M., 30 8,840 C., Compound	14 800	"	"	"	0 340	"
	1900 . . . .	{ 3,270 M., 30 5,670 C., Compound	13 000	20 <sup>1</sup> 700	2 <sup>1</sup> 584	2 <sup>1</sup> 750	0 423	0 <sup>1</sup> 358

## II. — Voitures à mélange tonnant

CONSTRUCTEURS	POIDS en kilogrammes	PUISANCE du Moteur en chevaux-vapeur	VITESSES moyennes en kilomètres par heure		CONSOMMATION EN LITRES				
					par voiture-kilomètre		par tonne-kilomètre		
			Itinér.	Piste	Itinér.	Itinér.	Itinér.	Piste	
4° TOURISME									
Peugeot (2 places) . . . .	500 V. 540 M. 750 C.	3.3 2 cylindres horizont.	21* 790	26* 089	0* 0825	0* 090	0* 410	0* 420	
	500 V. 540 M. 689 C.	4.5 1 cylindre horizontal	23 300	23 590	0 0816	0 083	0 420	0 422	
Delahaye . . . .	1,040 M. 1,320 C. 900 V. 6 places.	2 cylindres horizont.	28 300	31 700	0 093	0 407	0 072	0 081	
	1,000 M. 4,420 C.	2 cylindres horizontal	28 800	31 700	0 410	0 416	0 077	0 080	
	730 N.	6							
Rochet-Petit (2 places) . .	860 M. 1,000 C.	4 cylindres verticaux	23 430	?	0 402	0 087	0 402	0 087	
	520 V.	4.75							
De Riancey (2 places) . .	360 M. 700 C.	1 cyl. équil. horizontal	24 500	27 000	0 094	0 097	0 437	0 438	
	790 V.	6							
Penelle (2 places) . . . .	870 M. 1,080 C. 4,090 V.	3.50 ?	21 400	31 700	0 463	0 083	0 450	0 077	
	9.5								
De Dietrich (4 places) . .	1,200 M. 4,480 C.	2 cylindres horizont.	27 000	37 472	0 498	0 460	0 434	0 408	
	910 V.	7							
Brouhot . . . .	4,025 M. 1,303 C.	2 cylindres horizont.	23 200	31 700	0 484	0 446	0 438	0 089	
	4,220 V.	9							
	6 places.	4,340 M. 1,760 C.	2 cylindres horizont.	22 400	38 880	0 207	0 447	0 417	0 080
		530 V.	5						
Hurtu (4 places) . . . .	630 M. 910 C.	1 cylindre vertical	24 300	?	0 410	0 076	0 420	0 083	
	800 V.	7.25							
Bardon (4 places) . . . .	875 M. 1,453 C.	1 cyl. équil. horizontal	26 930	38 460	0 454	0 428	0 433	0 440	
	840 V.	7							
G. Richard (4 places) . .	922 M. 4,202 C.	2 cylindres horizont.	23 600	31 700	0 470	0 480	0 441	0 450	
	830 V.	9							
Gobron et Brillée (4 pl.) .	930 M. 4,230 C.	2 cyl. équil. vertical	27 000	31 700	0 447	0 443	0 098	0 448	
	830 V.	42							
Anciens éta- blishements Panhard et Levassor	4 places.	960 M. 4,170 C.	4 cylindres verticaux	34 250	46 800	0 409	0 415	0 094	0 098
	6 places.	930 V. 1,070 M.	4 cylindres verticaux	26 300	31 700	0 487	0 445	0 425	0 097
		1,490 C.	verticaux						
	42 places.	2,800 V. 3,050 M.	4 cylindres verticaux	49 300	27 400	0 346	0 337	0 084	0 078
		4,310 C.	verticaux						

CONSTRUCTEURS	POIDS en kilogrammes	PUISSEANCE du Moteur en chevaux-vapeur	VITESSES moyennes en kilomètres par heure		CONSOMMATION EN LITRES					
			Itinér.	Piste	Itinér.	Piste	Itinér.	Piste		
<b>2<sup>e</sup> VOYAGEURS</b>										
<i>Voitures de place. — Service urbain</i>										
Peugeot (1900).....	705 M. 845 C.	4	18 <sup>k</sup> 200	28 <sup>k</sup> 560	0 <sup>l</sup> 410	0 <sup>l</sup> 405	0 <sup>l</sup> 432	0 <sup>l</sup> 424		
De Riancey (1900).....	833 M. 975 C.	5	13 200	21 438	0 439	0 426	0 442	0 429		
Anciens établissements Panhard et Levassor (1899).....	1,160 M. 1,300 C.	6	18 500	25 050	0 405	»	0 080	»		
<i>Omnibus. — Service de banlieue</i>										
Anciens établissements Panhard et Levassor..	2,400 M. 3,400 C.	12	12 <sup>k</sup> 500	*	0 <sup>l</sup> 499	»	0 <sup>l</sup> 447	»		
	2,250 M. 3,250 C.	8	14 500	*	0 354	»	0 409	»		
	3,050 M. 4,260 C.	12	14 750	*	0 464	»	0 409	»		
	3,020 M. 4,620 C.	12	14 220	*	0 456	»	0 099	»		
<b>3<sup>e</sup> MARCHANDISES</b>										
<i>Livraison en ville. — Poids légers</i>										
CONSTRUCTEURS	POIDS en kilogrammes	PUISSEANCE du Moteur en chevaux-vapeur	VITESSES moyennes en kilomètres par heure		CONSOMMATION EN LITRES					
			Itinér.	Piste	Itinér.	Piste	Itinér.	Piste		
De Dion et Bouton .....	555 M. 820 C.	3.5	12 <sup>k</sup> 780	34 <sup>k</sup> 900	0 <sup>l</sup> 443	0 <sup>l</sup> 100	0 464	0 <sup>l</sup> 443	0 <sup>l</sup> 0842	
	685 M. 985 C.	4	14 500	27 480	0 436	0 096	0 162	0 443	0 096	
	690 M. 990 C.	5	13 320	23 200	0 142	0 403	0 460	0 446	0 094	
	480 M. 580 C.	3.5	15 470	25 440	0 065	0 0465	0 420	0 087	0 423	
	480 M. 780 C.	3	14 740	38 000	0 437	0 070	0 247	0 410	0 498	
<i>Livraison en banlieue. — Poids moyen</i>										
CONSTRUC- TEURS	POIDS en kilogrammes	PUISSEANCE du Moteur en chevaux-vapeur	VITESSES moyennes en kilomètres par heure		CONSOMMATIONS MOYENNES EN LITRES					
			Itinér.	Piste	par voiture- kilomètre	par tonne- kilomètre brûlé	par tonne- kilomètre utile	par 100 kilogr. en charge utile		
Brouhot....	1,400 M. 2,400 C.	8	14 <sup>k</sup> 300	25 <sup>k</sup> 920	0 <sup>l</sup> 263	0 <sup>l</sup> 456	0 <sup>l</sup> 409	0 <sup>l</sup> 065	0 <sup>l</sup> 265	0 <sup>l</sup> 156
	1,350 M. 2,700 C.	9.5	16 800	25 920	0 270	0 288	0 400	0 406	0 200	0 212

*Camions. — Poids lourds*

CONSTRUCTEURS	POIDS en kilogrammes	RAPPORT V T	PUISSEANCE du Moteur en chevaux-vapeur	VITESSES moyennes en kilomètres par heure		CONSOMMATIONS MOYENNES EN LITRES			
				Itinér.	Piste	Itinér.	Piste	Itinér.	Piste
Peugeot.....	4,580 M. 3,080 C.	0 487	8	13*260	15*330	0 294	0 258	0 416	0 407
Anciens établissements	2,220 M.	0 458	8	14 500	*	0 467	*	0 403	*
Panhard et Levassor	4,470 C. 1900 4,410 C.	0 566	9.5	12 200	16 740	0 475	0 376	0 406	0 093
De Dietrich.	4,784 M. 4,084 C. 4,899 4,898 4,870 M. 3,370 C	0 563	9.5	10 680	*	*	*	0 440	*
	4,300 M. 2,500 C.	0 443	9.5	10 800	*	*	*	0 464	*
	4,480	6.5	8 500	*	*	*	*	0 445	*

Bien que les épreuves où on a cherché à déterminer la consommation de l'alcool carburé soient postérieures à l'Exposition de 1900, la question de la substitution de l'alcool carburé à l'essence dans le moteur à mélange tonnant est tellement importante que nous croyons devoir, dans le tableau suivant, rapprocher les unes des autres les consommations pour un même moteur en alcool carburé dans la course Paris-Roubaix, et en essence dans les épreuves relatées ci-dessus.

Noms des Constructeurs	Essence		Alcool carburé à 50 %	
	Poids en charge	Consommation par tonne-kilomètre	Poids	Consommation par tonne-kilomètre
			kilogr.	litres
Delahaye . . . . .	0,689	0,120	0,900	0,4075
	"	"	0,925	0,0920
	"	"	1,240	0,0979
	"	"	1,310	0,4070
Panhard et Levassor . . . . .	1,320	0,072	"	"
	1,420	0,077	"	"
	"	"	1,020	0,4410
	1,470	0,094	"	"
Gobron-Brillée (Cie Nancéenne)	1,490	0,125	"	"
	"	"	1,550	0,0909
	"	"	0,945	0,4350
	1,230	0,095	"	"
G. Richard . . . . .	"	"	1,325	0,0890
	0,510	0,437	"	"
Bardon . . . . .	1,455	0,433	1,202	0,4410
	"	"	1,445	0,4210
Brouhot . . . . .	"	"	1,258	0,4340
	1,305	0,438	"	"
De Dietrich-Martha . . . . .	1,480	0,434	"	"
	"	"	1,335	0 0988

Nous n'aurions pas donné, malgré la longueur démesurée de notre rapport, une idée nette de l'importance atteinte en France par l'industrie automobile, si nous n'indiquions pas, au moins d'une manière sommaire, le nombre approximatif des ouvriers qui travaillent dans les 200 maisons de construction.

La Chambre syndicale de l'automobile, à laquelle 107 de ces maisons sont affiliées, évalue à 50 000 le nombre des ouvriers occupés directement à la construction des automobiles et à peu près au même nombre ceux qui trouvent du travail dans les industries annexes.

Les chiffres des importations et exportations permettront d'apprécier d'un seul coup d'œil le rôle de cette nouvelle industrie dans le développement de la richesse nationale de notre pays.

Désignation	1898		1899		1900	
	Importa- tion	Exporta- tion	Importa- tion	Exporta- tion	Importa- tion	Exporta- tion
Voitures à traction animale . . . .	864,318	2,137,293	740,820	4,274,039	612,000	3,053,396
Cycles et motocyc- cles . . . .	8,925,300	10,654,000	7,942,850	10,453,530	6,536,800	7,949,000
Voitures automo- biles . . . .	350,070	4,749,330	472,650	4,259,330	509,000	9,440,000

La confusion des cycles et motocycles dans les écritures de la douane dissimule le trafic propre des derniers auxquels on doit attribuer presque toute la valeur de l'exportation, alors que les cycles, au contraire, constituent la presque totalité des importations.

Puissent les Pouvoirs publics puiser dans ces renseignements la résolution de ne pas ruiner par une réglementation exagérée une pareille source de travail pour nos ouvriers les plus intéressants, car ils sont les plus intelligents.

