

Titre : Les moteurs à deux temps

Auteur : Ventou-Duclaux, Léon

Mots-clés : Moteurs à explosion ; Moteurs à deux temps

Description : 1 vol. (164 p.) ; 21 cm

Adresse : Paris : H. Dunod et E. Pinat, 1919

Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 8 De 273

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?8DE273>



La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique <http://cnum.cnam.fr>*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres fins, notamment commerciales, sont soumises à autorisation, et/ou au règlement d'un droit de reproduction.

You may make digital or hard copies of this document for personal or classroom use, as long as the copies indicate *Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique <http://cnum.cnam.fr>*. You may assemble and distribute links that point to other CNUM documents. Please do not republish these PDFs, or post them on other servers, or redistribute them to lists, without first getting explicit permission from CNUM.

LES
MOTEURS A DEUX TEMPS

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LES

8^e De 273

MOTEURS A DEUX TEMPS

MOTEURS A EXPLOSIONS

DESTINÉS A L'AUTOMOBILISME ET A L'AVIATION

P A R

L. VENTOU-DUCLAUX

INGÉNIEUR DU LABORATOIRE D'ESSAIS DE L'A. C. F.
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL DE LA SEINE

DEUXIÈME ÉDITION

Revue et augmentée.



Ouvrage couronné par la Société
Encouragement pour l'Industrie Nationale.

8^e De 273

8^e De 10

22 Juin 1919

PARIS

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

47 ET 49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS (VI^e)

1919

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Copr. by Dunod et Pinat. 1919.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LES
MOTEURS A DEUX TEMPS

MOTEURS A EXPLOSIONS DESTINÉS A L'AUTOMOBILISME
ET A L'AVIATION

CHAPITRE I
CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Principe du moteur à deux temps.

Supposons un cylindre muni, à sa partie supérieure, d'une tubulure A pouvant être obturée au moyen d'un robinet ou d'une soupape et portant, sur le côté, une ouverture E (*fig. 1*). Dans ce cylindre peut se mouvoir un piston dont la course est telle que cette ouverture puisse se trouver tantôt au-dessus, tantôt au-dessous du piston.

Dans un moteur à deux temps, les phénomènes suivants vont se succéder :

Premier temps. — Supposons que la culasse du cylindre soit remplie de mélange gazeux comprimé. Au moment où le piston est en haut de sa course, une étincelle allume la charge et le piston est lancé de haut en bas. Le piston, descendant au-dessous de l'orifice E, les gaz brûlés s'échappent. Immédiatement après l'explosion, la tubulure A (qui communique avec un réci-

VENTOU-DUCLAUX. — Moteurs à deux temps.

4

pient renfermant du mélange gazeux frais) a été ouverte, les gaz frais sont aspirés dans le cylindre à la faveur de la dépression produite autant par le mouvement descendant du piston que par la détente brusque des gaz brûlés.

Deuxième temps. — L'orifice A est fermé. Le piston remonte, passe devant l'orifice E puis comprime la nou-

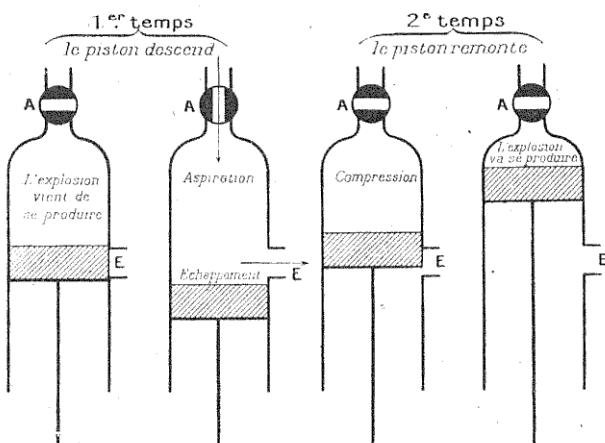


Fig. 1.

velle charge. Lorsqu'il est arrivé en haut de sa course, le cycle a été complètement parcouru.

Remarque. — Les deux temps étant ainsi définis, nous voyons que le nombre de temps exprime le nombre de courses de piston nécessaires à l'accomplissement du cycle. Il serait donc inexact de désigner sous le nom de *moteur à deux temps* un moteur à double effet fonctionnant suivant le cycle à quatre temps. Cette confusion a été faite assez souvent par les inventeurs. Il est

également inexact de donner le nom de *moteur à un temps* à un moteur à double effet fonctionnant suivant le cycle à deux temps. Une course de piston, provoquée par une explosion, devant être nécessairement suivie d'au moins une course en sens inverse pour l'évacuation des gaz brûlés et la préparation de l'explosion suivante, le nombre de temps du cycle d'un moteur est donc au moins égal à 2.

De l'exposé qui précède on peut tirer les conclusions suivantes :

Dans le moteur à deux temps, l'aspiration des gaz frais et l'échappement des gaz brûlés doivent être effectués dans un temps très court et cela constitue une différence fondamentale avec le moteur à quatre temps dans lequel ces deux opérations se font chacune pendant une course de piston. En conséquence :

1° L'introduction du mélange gazeux doit nécessairement être assurée au moyen de pompes indépendantes du cylindre moteur; c'est ce qu'on exprime généralement en disant que le moteur à deux temps est un moteur à *aspiration forcée*;

2° Les orifices d'admission et d'échappement doivent être relativement plus grands que dans les moteurs à quatre temps, puisque le temps pendant lequel ils sont découverts est beaucoup plus court.

Raisons qui militent en faveur du moteur à deux temps.

1° On sait que le moteur à explosions, fonctionnant suivant le cycle à quatre temps, est presque exclusivement employé pour la propulsion des véhicules automobiles. La raison de cette exclusivité est facile à com-

prendre ; dès le début de l'automobilisme, les constructeurs adoptèrent le moteur à quatre temps en raison de la perfection relative que ce moteur présentait déjà. Puis, la construction automobile se développant chaque année, les divers organes des véhicules acquirent peu à peu la perfection qu'ils possèdent à l'heure actuelle. Un seul organisme, le moteur, ne reçut que des perfectionnements de détail. Il semble même que les constructeurs perdirent parfois de vue que le moteur d'automobile devait posséder une qualité essentielle : la régularité cyclique ; c'est ainsi qu'ils s'égarèrent dans la construction des moteurs monocylindriques, cherchant à faire développer à une même cylindrée des puissances de plus en plus grandes.

D'autres, cependant, se préoccupèrent d'augmenter la régularité cyclique de leurs moteurs en multipliant les cylindres.

Au Salon de l'Automobile de 1910, 48 p. 100 des moteurs exposés comportaient 6 cylindres, alors qu'en 1906 on n'en rencontrait que 7 p. 100 ; une voiture même était munie d'un moteur de 8 cylindres.

Dans le moteur à quatre temps, la régularité cyclique n'est achetée qu'au prix d'une grande complication d'organes et le prix de revient du moteur arrive ainsi à représenter une fraction trop importante de celui de la voiture complète.

Le moteur à deux temps donne la même régularité cyclique avec une complication beaucoup moins grande ; son prix de revient est, par conséquent, moins élevé. Cette dernière considération est primordiale à l'heure actuelle, où la voiture économique tend de plus en plus à se généraliser.

D'ailleurs, les perfectionnements apportés au cours de ces dernières années au moteur à quatre temps

tendent tout simplement à lui donner les qualités spéciales du moteur à deux temps : d'une part la suppression des soupapes, d'autre part l'augmentation de la régularité cyclique par la multiplication des cylindres.

2^o Au point de vue fiscal, le moteur à deux temps se trouve favorisé, puisque la formule qui sert de base à l'application de l'impôt est la même pour tous les moteurs, qu'ils fonctionnent suivant le cycle à quatre temps ou suivant le cycle à deux temps et que, de l'application de cette dernière, il peut résulter, dans un moteur de mêmes caractéristiques, une puissance une fois et demie plus grande que dans le moteur à quatre temps.

3^o Envisageons maintenant l'emploi du moteur à deux temps comme moteur d'aviation.

Si l'on considère l'évolution du moteur à explosions dans sa transformation en moteur d'aviation, on remarque que deux voies parallèles ont été suivies par les constructeurs ; d'une part, la diminution du poids par cheval, d'autre part, l'augmentation de la régularité cyclique.

Nous n'insisterons pas sur la première de ces conditions ; nous nous bornerons à rappeler que l'aviation est née du jour où l'on a pu réaliser le moteur léger. Quant à la régularité cyclique, elle constitue dans le moteur d'aviation une condition essentielle, d'autant que ce dernier est généralement privé de volant. La régularité cyclique ne peut donc être obtenue, dans un tel moteur, que par la multiplication des cylindres et, par conséquent, par l'augmentation du nombre de pièces en mouvement, ces dernières pouvant à elles seules arriver à former un volant suffisant. La première condition,

c'est-à-dire celle du faible poids par cheval, qui fait que les constructeurs cherchent à alléger toutes les pièces et à supprimer celles qui ne sont pas indispensables au fonctionnement du moteur, est en antagonisme avec la seconde.

Dans un moteur à quatre temps, chaque cylindre donne une explosion tous les deux tours et il y a par conséquent $\frac{a}{2}$ explosions par tour si le moteur comporte a cylindres. La rotation de l'arbre moteur est donc le résultat d'une série d'impulsions, au nombre de $\frac{n}{60} \times \frac{a}{2}$ (n étant le nombre de tours par minute), ces impulsions étant retardées par le même nombre de compressions. L'allure générale du couple moteur est donc sinusoïdale. Si, par exemple, on suppose un moteur à 7 cylindres tournant à 1.200 tours par minute, on voit qu'il se produit $\frac{1200 \times 7}{120} = 70$ vibrations par seconde.

Le volant formé par les organes en mouvement du moteur et par l'hélice elle-même tend à diminuer l'importance de ces vibrations en grandeur, mais non en nombre : la vitesse angulaire de l'hélice variera donc 70 fois de grandeur pendant une seconde. Comme la matière qui constitue les hélices est très élastique, elle subit de petites déformations et entre en vibration. Ces mouvements parasites entraînent une perte de travail et par conséquent une diminution dans le rendement du groupe moto-propulseur. Dans certains cas, ces forces peuvent prendre une grande importance et provoquer la rupture de l'hélice, il convient donc de les diminuer le plus possible¹.

1. Dans notre ouvrage *Bases et méthodes d'études aérotechniques*, nous avons étudié complètement cette question au point de vue de la résistance des matériaux constituant ordinairement les hélices. Nous

L'application du cycle à deux temps aux moteurs d'aviation donne, à nombre de cylindres égal, un couple moteur deux fois plus régulier que dans le moteur à quatre temps et constitue, à ce point de vue, un important progrès.

Ces considérations nous conduisent à la conclusion suivante : le moteur léger devra être un moteur à impulsion continue.

La meilleure solution est, pour les puissances ne dépassant pas 80 chevaux, réalisée actuellement par le moteur rotatif, puisque, d'une part, au moyen d'un agencement spécial de ses organes, on arrive à diminuer considérablement le poids par cheval et que, d'autre part, la masse entière du moteur constitue un volant efficace. On voit donc que l'application du cycle à deux temps à un tel moteur, application qui donnerait, au point de vue de la régularité cyclique, le même résultat que si l'on doublait le nombre des cylindres, serait un progrès certain et que cela constituerait un acheminement vers la turbine à combustion continue, solution idéale du moteur d'aviation.

**

Examinons maintenant un certain nombre de points de comparaison entre le moteur à deux temps et le moteur à quatre temps.

avons étudié séparément les forces sinusoïdales provenant de l'irrégularité du couple moteur et provoquant des vibrations dans le sens de la force centrifuge, dans le sens de la rotation, dans le sens de la traction de l'hélice et dans le sens de la torsion des sections de cette hélice. Nous en avons déduit les formes qu'il y avait lieu de donner aux hélices pour résister à ces forces anormales de façon que les déformations que ces hélices subissent soient de faible importance et n'influent que très peu sur leurs conditions de bon rendement.

SOUPLESSE

La souplesse d'un moteur est définie par l'étendue de la gamme de vitesses pour lesquelles ce moteur maintient sa puissance maximum ou une puissance très voisine. Le moteur à vapeur est le type du moteur souple, car il est susceptible de développer une puissance sensiblement constante, alors que sa vitesse varie entre de très larges limites, et c'est d'ailleurs grâce à cette qualité que les automobiles à moteurs à vapeur ont pu être dispensés de changements de vitesse.

On comprend facilement le gros avantage que présente, dans son application à l'automobile, un moteur doué des qualités de souplesse ainsi définies : le changement de vitesse peut être simplifié, son usage sera moins fréquent, l'usure de ses organes moins rapide et la conduite de la voiture deviendra plus agréable.

A la suite de quelques-unes des monographies de moteurs à deux temps qui sont données dans cet ouvrage, nous avons fait figurer un certain nombre de courbes caractéristiques représentant les puissances développées par ces moteurs à différentes vitesses angulaires. Certaines de ces courbes sont très aplatis ; celle du moteur Legros, entre autres, montre qu'entre 700 et 1.500 tours la puissance développée ne varie pas de plus de 7 p. 100 de sa valeur.

Ces résultats expérimentaux peuvent être expliqués par l'examen des conditions de fonctionnement du moteur à deux temps. En effet, dans le quatre temps, à cause de la longue durée possible de l'admission, la cylindrée reste sensiblement la même, que le moteur tourne à 600 ou 1.800 tours par minute, ce qui fait que la puissance reste presque proportionnelle à la vitesse,

si l'on néglige les pertes de puissance dues aux frottements. Dans le moteur à deux temps, les conditions de fonctionnement sont toutes différentes : la durée de l'admission est limitée d'autant plus que la vitesse angulaire du moteur est plus élevée ; certains techniciens ont même cru voir dans ce peu de durée l'impossibilité matérielle de réaliser la cylindrée complète dans le moteur à deux temps.

Cependant, l'expérience a prouvé qu'il y avait toujours moyen, dans les limites de vitesse ordinairement employées (1.000 à 4.500 tours par minute), d'arriver à la cylindrée complète. Mais alors il faut se résoudre à augmenter les dimensions de la pompe et à perdre une partie des gaz frais par l'échappement.

Généralement, les constructeurs établissent leur pompe de manière à pouvoir introduire une cylindrée suffisante aux grandes vitesses pour réaliser environ 1,2 ou 1,3 fois la puissance d'un moteur à quatre temps de cylindrée égale. Dans ces conditions, à mesure que la vitesse angulaire diminue, la cylindrée devient de plus en plus complète, sans qu'il y ait jamais perte de gaz frais par l'échappement, et le moteur arrive à développer une puissance à peu près double de celle du moteur à quatre temps correspondant lorsqu'on les compare aux faibles vitesses.

Certains constructeurs de moteurs à quatre temps ont si bien compris les avantages de la souplesse, considérée comme nous l'avons fait, qu'appliquant leur moteur à l'automobile, ils sacrifient la puissance maximum du moteur par diminution de la cylindrée à grande vitesse, limitant, par exemple, à 30 chevaux un moteur qui peut en donner 40, de façon à maintenir cette puissance maximum de 30 chevaux sur une plus grande gamme de vitesses. Si, alors, on compare de tels moteurs à un

moteur à deux temps fonctionnant bien, on constate que ce dernier développe une puissance sensiblement double.

POINT DE VUE THERMIQUE

Considérons un moteur à quatre temps à deux cylindres, nous pouvons nous représenter le moteur à deux temps de même puissance comme un moteur de mêmes caractéristiques ; mais, tandis que, dans le premier, les deux cylindres sont moteurs, dans le second un seul serait moteur et l'autre servirait de pompe, le cylindre moteur développant, théoriquement, une puissance double de celle développée dans le premier cas.

Les explosions se succédant deux fois plus rapidement dans le cylindre, de plus, la surface de refroidissement étant deux fois moindre (puisque il n'y a qu'un seul cylindre de refroidi), il y aurait une moins grande perte de chaleur par les parois.

En réalité, Hugo Güldner estime à 35-40 p. 100 de la quantité de chaleur mise en jeu, celle qui est évacuée, dans un moteur à deux temps, par l'eau de refroidissement et il fait observer que ces chiffres sont absolument comparables à ceux qu'on relève sur le moteur à quatre temps.

Dans le moteur à quatre temps, l'introduction du mélange tonnant se fait pendant une course entière du piston ; dans le moteur à deux temps, cette introduction a lieu pendant un temps plus court ($\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{10}$ de la course). Par conséquent, dans le deux temps, les gaz frais ne s'échauffent pas autant au contact des gaz brûlés et des parois chaudes.

De plus, ces gaz frais, introduits sous pression, subissent, en pénétrant dans le cylindre, une détente

qui les refroidit, et peu après leur introduction, le cylindre se trouve fermé par le piston qui remonte, de sorte que l'échauffement qu'ils subissent ensuite au contact des parois chaudes n'influe plus sur le remplissage. Enfin, dans le moteur à deux temps, la compression commence sur des gaz frais qui possèdent déjà une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique, ce qui n'existe pas dans le moteur à quatre temps.

On voit donc que, dans le moteur à deux temps, le remplissage peut être opéré dans de bonnes conditions.

Enfin, les gaz en ignition séjournant moins longtemps dans le cylindre et ce dernier étant balayé plus fréquemment par des gaz frais, le refroidissement interne de ce cylindre se trouve être meilleur que dans le moteur à quatre temps.

Nous allons démontrer qu'il n'est pas exact de dire qu'un moteur à deux temps chauffe parce qu'il se produit, dans un tel moteur, un nombre double d'explosions pendant le même temps.

Dans les moteurs à quatre temps, comparativement aux moteurs à deux temps, les périodes d'explosion sont les mêmes, donc la même quantité de chaleur se transmet aux parois pendant ce temps de fonction.

Examinons, en particulier, ce qui se passe pour chacun des deux types de moteurs pendant la période d'échappement.

Dans les moteurs à quatre temps, il y a avance à l'échappement, par l'ouverture de la soupape, avant que le piston soit à fond de course, puis, quand celui-ci remonte, il y a refoulement des gaz chauds, refoulement qui a pour but de les forcer à passer par l'étranglement de section que donne la levée de la soupape. C'est pendant cette période que sont refoulées, pour ainsi dire, les calories à travers la paroi, d'autant plus

que la durée de refoulement correspond à une rotation de 180° de la manivelle.

Dans les moteurs à deux temps, l'avance à l'échappement se fait par des lumières percées à fond de course. La plus grande partie des gaz est évacuée directement du cylindre ; le reste est refoulé par les gaz frais qui s'échauffent, dans une certaine mesure, au contact des parois du cylindre. Cette introduction se faisant dans un temps beaucoup plus petit que celui qui correspond à une rotation de 180° de la manivelle, c'est donc plutôt une période de refroidissement.

A l'appui de cette théorie, nous pouvons rappeler les expériences citées par M. Faroux : deux moteurs de même puissance, non refroidis par l'eau, l'un fonctionnant suivant le cycle à quatre temps, l'autre suivant le cycle à deux temps, sont mis en marche dans un local fermé. Cette expérience, souvent répétée, a permis de constater que le moteur à deux temps fonctionnait, dans ces conditions, environ trois fois plus longtemps que le moteur à quatre temps avant d'être arrêté par l'échauffement excessif de ses organes.

POINT DE VUE MÉCANIQUE

Examinons d'abord le déplacement de la masse gazeuse.

Dans le moteur à deux temps, toutes choses égales, il y a déplacement d'une plus grande masse de gaz que dans un moteur à quatre temps, puisque, dans la plupart d'entre eux, le gaz frais est comprimé une première fois, puis transvasé et recomprimé ; il s'ensuit donc un travail de frottement interne plus considérable, travail provenant du frottement du gaz sur les parois et du laminage de ces gaz à travers les différents orifices, lumières, ouverture des soupapes, ou entrée dans les canalisations, etc.

Par contre, dans le moteur à deux temps, la course d'expulsion des gaz brûlés étant supprimée, la contre-pression n'existe plus et cela constitue un avantage appréciable.

Au point de vue des frottements des surfaces métalliques, frottements qui absorbent généralement, dans un moteur, une quantité de travail assez importante, le moteur à deux temps serait en état d'infériorité vis-à-vis du moteur à quatre temps. En effet, ainsi que nous le verrons dans les chapitres suivants, la compression du mélange gazeux et sa distribution nécessitent, dans la plupart des moteurs étudiés, des organes spéciaux animés soit de mouvements alternatifs, soit de mouvements rotatifs, et dont l'étanchéité doit être assurée au moyen de segments. Cela entraîne des frottements importants. Dans certains moteurs, restés à l'état de projets, la valeur de ces frottements serait même prohibitive.

On peut cependant remarquer que, dans les moteurs à deux temps où la pompe de compression est distincte du cylindre moteur, cette dernière peut fonctionner sans entraîner des frottements exagérés ; le piston de cette pompe peut être muni de segments n'exerçant pas de fortes pressions sur les parois du cylindre et, de plus, cette pompe ne subissant pas d'échauffements sensibles, peut être abondamment graissée.

Hugo Güldner estime qu'à ce point de vue, les cycles à deux et quatre temps sont équivalents et, dans son ouvrage *Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren*, il cite le principe suivant à l'appui de sa théorie : « Dans des machines à piston de même genre, le travail de frottement est d'autant plus considérable que le volume engendré par une course de piston est plus grand par rapport à l'unité de puissance développée. » Si donc, on ajoute le volume décrit par le piston de la pompe à

celui décrit par le piston moteur, on arrive à un travail de frottement aussi grand que dans un moteur à quatre temps de mêmes caractéristiques, si l'on suppose que, dans les deux cas, la puissance développée est la même. Ceci n'est pas exact, puisqu'un moteur à deux temps ne développe pas, pratiquement, le double de la puissance d'un moteur à quatre temps de mêmes caractéristiques, mais, en compensation, le frottement du piston de la pompe peut être considérablement diminué par l'emploi de segments faibles et par un graissage abondant, ainsi que nous l'avons déjà vu.

Enfin, dans un moteur à deux temps, à puissance égale avec un moteur à quatre temps, il n'y a besoin que d'une masse de volant moitié moindre pour obtenir le même effort; il s'ensuit donc que, dans le moteur à deux temps, les frottements sur les tourillons peuvent être considérablement diminués.

Pertes par les frottements. — Presque tous ceux qui ont étudié des réalisations du moteur à deux temps semblent avoir oublié que les frottements absorbent, dans un moteur, une portion très notable de la puissance développée.

Il nous paraît utile d'insister sur ce point.

Les organes du moteur qui sont astreints à un travail de frottement sont les suivants :

- Le piston ;
- Les segments ;
- Le pied de bielle ;
- La tête de bielle ;
- Les paliers ;
- Les organes de distribution.

Le piston frotte sur les parois du cylindre en raison des réactions obliques de la bielle. On diminue ces

réactions en employant des bielles longues, ne dépassant toutefois pas cinq fois la longueur du rayon de la manivelle. L'obliquité de la bielle au moment où elle est le plus nuisible, c'est-à-dire pendant la période de détente, peut être diminuée par le désaxement. Ce désaxement consiste à déplacer l'axe du cylindre par rapport à la verticale passant par l'axe de l'arbre moteur. Ce déplacement est effectué dans le sens de la rotation. L'obliquité de la bielle se trouve, au contraire, augmentée pendant la course de compression. La puissance absorbée par le frottement des pistons est moindre pour les moteurs désaxés que pour les moteurs symétriques. Les chiffres suivants, empruntés à M. Lacoin, font ressortir nettement l'avantage :

MOTEUR SYMÉTRIQUE	MOTEURS DÉSAXÉS					
	Valeur du désaxement en fonction du rayon de manivelle.					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Puissance absorbée en p. 400. 5,03	4,55	4,55	3,88	3,67	3,54	3,49

Le frottement des segments contre la paroi interne du cylindre peut être diminué par un graissage bien compris, et aussi par un choix judicieux des métaux composant le cylindre et les segments.

Le pied de bielle frotte sur l'axe du piston, tandis que la tête de bielle frotte sur le maneton du vilebrequin. Ces frottements sont diminués par un graissage approprié. Ils sont réduits à leur minimum par l'emploi de paliers à billes.

Enfin, les organes de distribution, arbre à cames, sou-

papes, commande des engrenages, entraînent quelques frottements que l'on réduit à leur minimum par une construction soignée.

Différentes mesures de ces frottements ont été faites tant sur les moteurs à quatre temps que sur les moteurs à deux temps. Il nous paraît intéressant de donner ici quelques résultats relatifs à l'une et à l'autre catégories de moteurs.

Voici d'abord des chiffres relevés sur les courbes publiées par le Dr Riedler, à la suite d'essais effectués au laboratoire de l'École polytechnique de Berlin. Les courbes sont reproduites ci-après : l'une (*fig. 2*) est relative à un moteur de voiture de course Benz comportant quatre cylindres de 415 millimètres d'alésage et 175 millimètres de course, l'autre (*fig. 3*) à un moteur de voiture de course Renault comportant quatre cylindres de 400 millimètres d'alésage et 140 millimètres de course.

Ces courbes permettent de relever les chiffres suivants¹ :

	NOMBRES de tours par minute.	PUISANCES nominales en chevaux.	PERTES par frottements en chevaux.	PERTES p. 100
Moteur Benz . . .	4.600	103	11	10,7
	2.000	118	16	13,6
	2.400	116	24	20,7
Moteur Renault . . .	4.000	33	6,5	19,7
	4.400	39	10	25,7
	4.800	40,4	12,6	34,2

1. Les chiffres de pertes représentent les moyennes des pertes mesurées sur le moteur fonctionnant d'abord sans compression, puis avec compression.

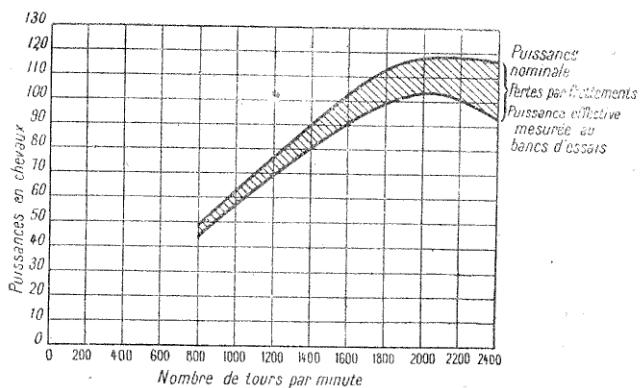


Fig. 2. — Moteur Benz 4 cylindres 415×475 fonctionnant suivant le cycle à 4 temps.

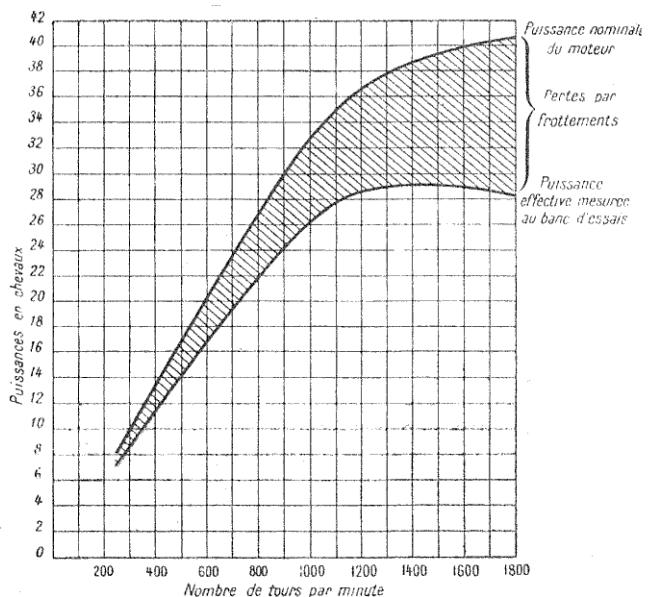


Fig. 3. — Schéma montrant les pertes par frottements d'un moteur Renault (moteur de voiture de course de 4 cylindres 100×140 fonctionnant suivant le cycle à 4 temps).

VENTOU-DUCLAUX. — Moteurs à deux temps.

12

Pour fixer les idées, voici maintenant la répartition approximative des pertes par frottements internes dans un moteur d'automobile à quatre temps, à soupapes, de type courant :

Piston	5 p. 100
Segments	2 —
Pied de bielle	4,5 —
Tête de bielle	6,5 —
Paliers	7 —
Distribution	4 —
Total.	<u>23 p. 100</u>

Il y a lieu d'y ajouter les pertes par frottement occasionnées par les organes annexes du moteur : magnéto, pompe à huile, pompe à eau, axe du ventilateur, dont on peut évaluer le total à environ 5 p. 100. (Ces pertes sont comprises dans les chiffres d'essais concernant les moteurs Benz et Renault.)

Passons maintenant aux moteurs à deux temps.

Haeder estime que les pertes par frottements internes des moteurs à deux temps munis de pompes sont approximativement de 15 p. 100 à pleine charge, 18 p. 100 à demi-charge et 30 p. 100 à un quart de charge.

CONSOMMATION EN COMBUSTIBLE

La consommation spécifique (consommation exprimée en grammes par cheval-heure) d'un moteur à deux temps ne peut, en aucun cas, être inférieure à celle d'un moteur à quatre temps. On est, en effet, obligé, dans le moteur à deux temps, de comprimer une première fois le mélange gazeux pour l'introduire dans la chambre d'explosion ; le mélange, pénétrant dans cette chambre, se détend, puis il est de nouveau comprimé en vue de

son explosion. Il y a donc une perte de travail qu'on ne peut éviter. Il est vrai, et l'on a tout intérêt à le faire pour obtenir un bon balayage des gaz brûlés, qu'on introduit généralement les gaz frais dans le cylindre à une pression aussi peu élevée que possible, mais cette compression préalable nécessite un certain travail et cela correspond à une augmentation de la consommation en combustible.

Indépendamment de cette cause, le moteur à deux temps, par son principe même, ne peut généralement fonctionner sans un certain gaspillage de combustible. Nous allons examiner de près cette seconde cause dont l'effet est de donner, aux moteurs à deux temps insuffisamment au point, des consommations spécifiques prohibitives.

Il est bien évident que, pour obtenir une bonne utilisation d'un combustible donné dans un moteur, que ce moteur fonctionne suivant le cycle à deux temps ou suivant le cycle à quatre temps, il est nécessaire d'introduire, dans chaque cylindrée, le plus de calories possible, sous forme d'un mélange de ce combustible et d'air, et de produire une combustion aussi complète que possible de ce mélange. Nous avons démontré, d'autre part, que, pour arriver à produire cette combustion complète, il était nécessaire d'évacuer le plus complètement possible les gaz brûlés de l'explosion précédente, la présence de ces derniers pouvant, en particulier, arrêter la propagation de l'onde explosive et provoquer ainsi des combustions imparfaites¹.

Or, dans un moteur à deux temps, le procédé le plus

1. La diminution du rendement du moteur, lorsque dans le cylindre de ce dernier subsistent des gaz brûlés au moment de l'explosion, est d'autant plus sensible que le volume de la chambre de compression est plus grand par rapport à celui du cylindre.

généralement employé pour obtenir l'évacuation des gaz brûlés consiste :

1° A découvrir l'orifice d'échappement vers la fin de la course descendante du piston, ce qui produit une détente brusque des gaz brûlés, suivie d'une légère dépression dans le cylindre ;

2° A découvrir, au même instant, les orifices d'admission ; les gaz frais, comprimés d'un côté et aspirés de l'autre, se précipitent dans le cylindre, viennent frapper sur le déflecteur dont est généralement munie la partie supérieure du piston. Ils sont dirigés vers le fond du cylindre, suivent la courbure de la culasse et, poussant devant eux les gaz brûlés qui restent dans le cylindre, se dirigent vers l'orifice d'échappement.

Pour obtenir une expulsion complète des gaz brûlés, il est donc nécessaire de ne fermer l'orifice d'échappement que lorsque les dernières traces de ces gaz brûlés ont dépassé l'orifice en question, et l'on conçoit que cet instant est difficile à saisir. Si l'on ferme trop tôt, une partie des gaz brûlés reste dans le cylindre ; dans le cas contraire, une certaine quantité des gaz frais est évacuée.

Dans le premier cas, on obtiendra une puissance moindre, mais une faible consommation ; dans le second cas, la puissance sera plus élevée, mais la consommation le sera également ; la consommation spécifique pouvant, d'ailleurs, être la même dans les deux cas.

Cette dernière considération permet de tirer la conclusion suivante : lorsqu'on est arrivé à obtenir d'un moteur à deux temps une puissance correspondant environ à une fois et demie la puissance que développerait un moteur à quatre temps de même alésage et

même course et une consommation spécifique normale, les caractéristiques suivantes du moteur :

- 1° Taux de la compression des gaz frais ;
- 2° Dimensions et emplacements des orifices d'admission et d'échappement ;
- 3° Vitesse linéaire du piston et, par conséquent, vitesse angulaire de l'arbre ;

Devront être rigoureusement conservées si l'on veut retrouver constamment les mêmes chiffres de puissance et de consommation spécifique.

En un mot, le moteur à deux temps est, encore plus que le moteur à quatre temps (dans lequel l'automatité relative donnée au carburateur permet d'obtenir les mêmes résultats à des régimes différents), un moteur à régime constant. Tout réglage autre que celui qui a été trouvé le meilleur, qu'on augmente la vitesse angulaire, qu'on change la pression initiale des gaz frais ou qu'on modifie les ouvertures, en grandeur ou en position, donnera des résultats sensiblement différents.

Au cours d'un article paru dans *La Vie automobile* (numéro du 23 mars 1912), M. Colmant, un des techniciens qui ont le plus étudié la question du moteur à deux temps, cite les faits suivants :

Un moteur à trois cylindres de 100×120 (rapport de compression : 4,5)¹ donna, en 1908, une puissance de 24 chevaux à 1.350 tours par minute et une consommation spécifique de 395^e. Dans ce moteur, l'évacuation des gaz brûlés était aussi complète que possible : l'admission des gaz frais n'avait lieu qu'après ce balayage.

1. On peut atteindre un rapport de compression égal à 7 dans les moteurs à essence sans craindre l'auto-allumage. Ce rapport peut atteindre 10 pour les moteurs à alcool.

Un moteur de mêmes caractéristiques, dans lequel le rapport de compression est porté à 6,5 par le changement des pistons et dans lequel on a augmenté les espaces morts de la pompe de refoulement des gaz frais, de manière que le volume aspiré à chaque cycle atteigne à peine la moitié de la cylindrée réelle, que l'injection se fasse sous le minimum de pression, sans que l'évacuation des gaz brûlés ait préoccupé le constructeur, a développé, en 1912, 42 chevaux à 1.500 tours par minute, avec une consommation spécifique de 265^g à 283^g. J'ai assisté à ces derniers essais et ne puis mettre en doute les résultats des précédents, pas plus que tous ceux cités par M. Colmant, mais j'estime que, devant ces résultats presque paradoxaux, il faut absolument éviter d'attribuer à la présence des gaz brûlés dans le cylindre, au moment de l'explosion, une influence prépondérante. Nous avons démontré, d'autre part, que cette présence pouvait donner au fonctionnement du moteur une certaine souplesse, mais nous nous refusons à admettre que la présence des gaz brûlés puisse être la cause d'un accroissement de puissance et d'une économie de combustible.

Les derniers résultats cités pourraient être expliqués de la façon suivante : les espaces morts de la pompe ont été augmentés ; par conséquent, à vitesse angulaire égale, la pression du gaz au droit des orifices d'admission est moins grande que dans le premier moteur. Supposons que les orifices d'admission aient été agrandis, la vitesse linéaire du piston étant la même dans les deux moteurs (nous faisons la comparaison à vitesse angulaire constante), dans le deuxième cas, la vitesse d'entrée des gaz frais étant moins grande et le temps d'ouverture de l'orifice d'admission plus considérable, on réalise probablement un meilleur balayage des gaz

brûlés, ce qui explique le chiffre de puissance plus élevé. De plus, la relation entre les diamètres des orifices, la pression des gaz frais et la vitesse linéaire du piston étant vraisemblablement la bonne, on obtient, en même temps, une consommation réduite.

Il y aurait un moyen d'élucider cette question, ce serait de prélever une cylindrée au moment où l'explosion va être provoquée et de soumettre ces gaz à l'analyse. La quantité d'anhydride carbonique trouvée permettrait de formuler des conclusions plus certaines. Nous étudions actuellement un dispositif qui permettra d'effectuer ces prélèvements.

M. Grover a étudié ces questions au Laboratoire du Collège de Leeds. Il est arrivé aux conclusions suivantes :

1^o Pour une même quantité de combustible, on obtient les pressions les plus élevées lorsque, dans le mélange gazeux, le volume d'air dépasse *légèrement* la quantité strictement nécessaire pour obtenir la combustion complète.

2^o Dans quelques mélanges, on réalise un accroissement notable de pression lorsque les gaz brûlés prennent la place de l'air en excès.

3^o Quand le volume des gaz brûlés n'excède pas 58 p. 100 du volume du mélange, celui-ci reste encore explosif, pourvu toutefois que le volume d'air ne soit pas inférieur à 5,5 fois le volume du combustible (à l'état gazeux).

4^o En remplaçant l'air excédant par des gaz brûlés, on réduit la durée de l'explosion.

CHAPITRE II

RÉALISATION DU MOTEUR A DEUX TEMPS

A. — DISPOSITIFS D'ALIMENTATION

Les nombreux dispositifs de moteurs à deux temps qui ont été brevetés, qu'ils aient fait l'objet d'études superficielles ou bien qu'ils aient été poussés jusqu'à la réalisation pratique, peuvent être, à première vue, répartis en deux grandes catégories:

Première catégorie. — Moteurs dans lesquels l'aspiration du mélange gazeux est effectuée dans un cylindre distinct du cylindre moteur.

Deuxième catégorie. — Moteurs dans lesquels le mélange gazeux est aspiré par le piston moteur lui-même.

Dans le premier cas, l'ensemble des deux cylindres ne développant pas, à alésages et courses égaux, une puissance double de celle que développerait un seul cylindre d'un moteur à quatre temps, l'encombrement et le poids d'un tel moteur sont tels qu'il n'est pas possible de songer à cette solution pour le moteur d'aviation. Par contre, nous verrons que beaucoup d'inventeurs ont étudié ce dispositif et que plusieurs moteurs d'automobiles existants sont de ce type.

Les moteurs dans lesquels le mélange gazeux est aspiré par le piston moteur peuvent être classés de la façon suivante :

- a. Moteurs dans lesquels l'aspiration du mélange gazeux est effectuée dans un espace distinct du cylindre moteur ;
- b. Moteurs dans lesquels l'aspiration du mélange gazeux est effectuée dans le carter ;
- c. Moteurs dans lesquels l'aspiration du mélange est effectuée dans le cylindre moteur par le piston moteur.

Enfin, dans chacune de ces catégories, il faut distinguer les moteurs dans lesquels les gaz, comprimés une première fois, sont détendus au moment de leur passage dans la chambre de travail pour être ensuite recomprimés, de ceux dans lesquels le transvasement se fait sous une faible pression. Dans le premier cas, il y a une perte de travail très sensible.

Nous examinerons, dans chacune de ces catégories, les moteurs les plus caractéristiques qui ont été brevetés en France depuis 1896 dans le but de montrer comment ces diverses questions ont été envisagées par les inventeurs. Parmi ces moteurs, quelques-uns ont été construits et appliqués, certains donnent actuellement de très bons résultats. Nous insisterons particulièrement sur ces derniers et nous donnerons, à l'appui, les résultats des essais que nous avons eu l'occasion d'effectuer sur plusieurs d'entre eux.

I. — Moteurs dans lesquels le mélange gazeux est aspiré dans un cylindre indépendant du cylindre moteur.

La compression nécessaire au transvasement du mélange gazeux peut être effectuée dans un cylindre

complètement indépendant du cylindre moteur. Nous verrons, par exemple, des moteurs dans lesquels la partie inférieure du cylindre sert de pompe. Il y a lieu de faire une distinction entre ces deux sortes de solutions, ainsi que nous allons le voir.

Dans le premier cas, le rendement de la pompe de compression peut être excellent : les gaz étant généralement peu comprimés ne subissent pas d'échauffements sensibles, les soupapes n'étant pas soumises à de grandes pressions peuvent être légères et de grands diamètres. En résumé, à volume égal décris par le piston de la pompe, il arrive dans le cylindre moteur une plus grande quantité de mélange gazeux froid que si l'aspiration était produite par le piston moteur.

Dans le second cas, les conditions de travail de la pompe sont sensiblement différentes : le mélange gazeux subit un échauffement notable, par suite du voisinage immédiat de la chambre de travail ; par conséquent, le rendement de la pompe est inférieur à celui qu'on obtient dans le cas précédent.

Différentes dispositions ont été envisagées par les inventeurs pour réaliser cette compression dans un cylindre indépendant, la plus courante est représentée par le moteur Côte. Ce moteur étant actuellement tout à fait au point et en pleine exploitation, nous lui consacrerons une description assez étendue.

Le moteur Côte (brevet n° 397 049 du 3 décembre 1908) se compose de deux ou de plusieurs éléments constitués par des cylindres à double alésage (*fig. 4*). Le cylindre supérieur 1 possède le plus petit alésage ; il est entouré d'une chemise d'eau de refroidissement. C'est dans ce cylindre que se produit l'explosion. Le cylindre inférieur 2 n'a qu'une paroi ; il sert

à l'aspiration et au refoulement du mélange gazeux.

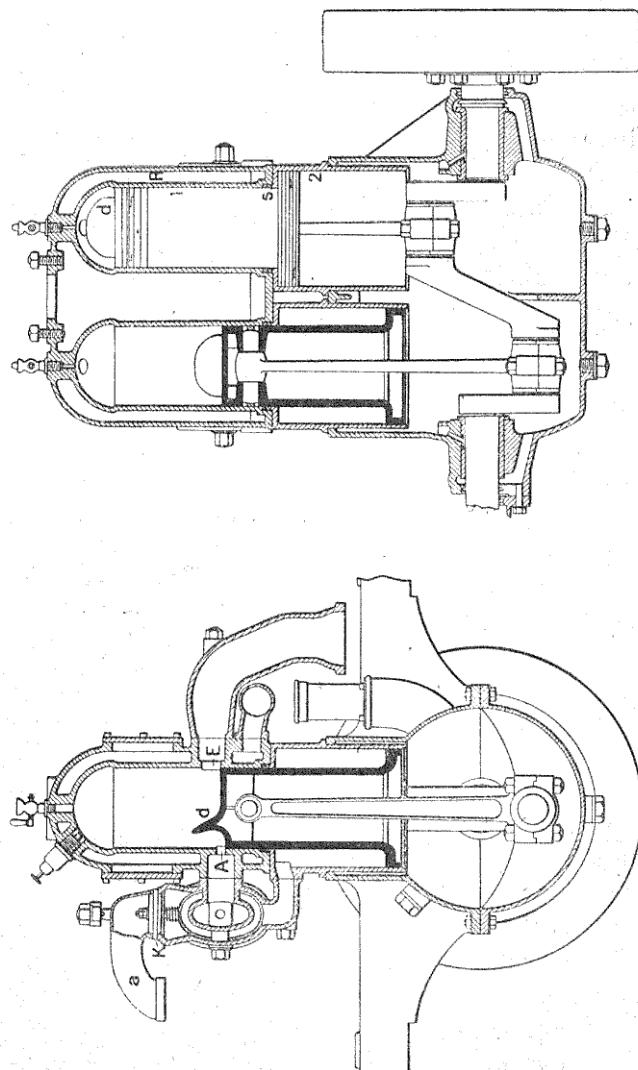


Fig. 4. — Coupes transversale et longitudinale du moteur Côte,

Dans ces deux cylindres doubles se déplacent deux

pistons, également à double diamètre, qui sont reliés par leurs bielles à un vilebrequin dont les manivelles sont calées à 180° l'une de l'autre.

Le corps de pompe a ainsi un volume variable compris d'une part entre les parois du cylindre, à l'endroit du plus grand alésage, et les parois du piston moteur, à l'endroit du plus petit alésage ; d'autre part, entre deux couronnes annulaires constituées par le diaphragme qui sépare les deux éléments d'alésages différents et par la surface annulaire du piston (différence entre la surface correspondant à l'alésage le plus grand et celle du piston moteur).

Les cylindres 1 et 2 forment deux pièces séparées, qui laissent entre elles un logement circulaire dans lequel viennent se placer deux segments circulaires *s*, destinés à assurer l'étanchéité entre les deux éléments d'alésages différents du cylindre, c'est-à-dire entre le cylindre moteur et la pompe.

Fonctionnement. — Le mélange gazeux formé par un carburateur est aspiré par la tuyauterie *a*, munie d'un clapet de retenue *K*, dans la chambre annulaire inférieure d'un des cylindres. Lorsque le piston remonte, ce mélange est refoulé dans la chambre supérieure du cylindre voisin, au moment où son piston, atteignant sa position inférieure, découvre l'orifice *A*.

Le mélange gazeux vient alors frapper sur une partie relevée *d* du sommet du piston, qui a pour objet de rejeter ce mélange arrivant horizontalement, vers la culasse du cylindre (cette pièce est appelée *déflecteur*), ce qui a pour résultat de chasser les gaz brûlés détendus par l'orifice *E* qui a été découvert un peu avant l'orifice *A*.

Le piston, reprenant alors sa course ascendante, comprime au-dessus de lui le mélange gazeux qui est

enflammé au moment voulu par l'étincelle d'une bougie placée au fond du cylindre.

Ce moteur est donc basé sur le principe *compound*. Deux cylindres sont nécessairement conjugués ; la pompe de gauche fournit le mélange gazeux au cylindre de droite et la pompe de droite au cylindre moteur de gauche.

Le rapport des volumes engendrés par les pistons, dans le cylindre du moteur et dans la pompe, est calculé en vue d'assurer le remplissage le plus parfait possible du cylindre moteur au moyen du mélange gazeux refoulé par la pompe.

Il est intéressant de rappeler qu'un moteur de ce type prit part avec un certain succès au Grand Prix de l'Automobile-Club de France en 1912. Ses caractéristiques étaient : alésage 90 millimètres, course 120 millimètres. Le nombre de tours par minute ne dépassait pas 1.500, alors que celui des moteurs des maisons concurrentes atteignait 2.500 et 3.000.

Résultats des essais effectués au Laboratoire de l'Automobile-Club de France, sur un moteur Côte bicylindrique de 400 mm. d'alésage et 410 mm. de course.

VITESSES ANGULAIRES en t : m	PUISSEANCES EN CHEVAUX mesurées au moyen du moulinet Renard.
1.131	15,07
1.161	16,32
1.167	16,41
1.320	18,14
1.416	22,08
1.464	24,36
1.332	18,33
1.056	15,71
1.044	15,42

Dans le modèle 1910¹, les constructeurs du moteur Côte ont remplacé la soupape K par un dispositif ingénieux, tout à fait nouveau, de distribution des gaz frais aux cylindres conjugués (*fig. 5*).

Un petit cylindre horizontal, en fonte, est en communication, par une lumière médiane A, avec le carbu-

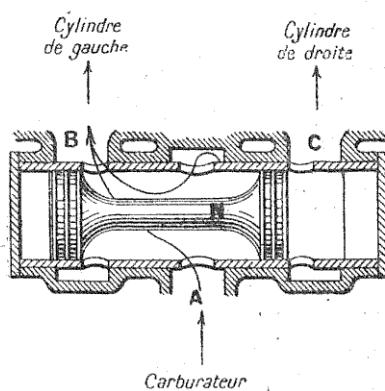


Fig. 5. — Distributeur de gaz frais dans le moteur Côte.

rateur, et, par les lumières B et C, avec l'un et l'autre des cylindres conjugués. Dans ce petit cylindre peut se déplacer une navette N, en acier, dont les dimensions sont telles que, lorsqu'elle démasque une des lumières, elle ferme l'autre. Le croquis représente cette navette dans la position qu'elle occupe au moment où la pompe du piston du cylindre de gauche arrive à fond de course d'aspiration. Lorsque, dans le cylindre de droite, la

1. Les moteurs établis par ce constructeur sont actuellement des types suivants :

- 6-8 chevaux (2 cylindres 65 × 85 mm.).
- 8-14 chevaux (2 cylindres 80 × 105 mm.).
- 8-16 chevaux (4 cylindres 65 × 85 mm.).
- 12-20 chevaux (4 cylindres 75 × 105 mm.).
- 16-28 chevaux (4 cylindres 80 × 105 mm.).

pompe du piston commence à descendre, elle créera une dépression sur la face correspondante de la navette. La face du côté de A se trouvant à la pression atmosphérique, la navette sera aspirée vers la droite et établira une communication entre le carburateur et la pompe de gauche. Au demi-tour suivant, la navette sera rappelée à gauche. Pendant le fonctionnement normal, la navette prend un mouvement vibratoire très rapide ne produisant aucun bruit ni choc, puisque la navette est reçue, de chaque côté, par le coussin d'air qu'elle comprime après avoir fermé la lumière correspondante.

Le moteur Victoria, construit par M. Kolb (brevet n° 369 224 du 25 août 1906), est basé sur le même principe que le moteur Côte. Ce constructeur a, en outre, étudié un moteur à deux cylindres horizontaux opposés, alimentés de la même façon que dans son moteur à cylindres verticaux.

Dans le moteur Carles (brevet n° 369 147 du 22 août 1906), le piston moteur P et le piston pompe P' se déplacent dans deux cylindres conjugués, simultanément dans le même sens (*fig. 6*). La chambre d'explosion C se trouve entre les deux cylindres. Deux robinets R et R', commandés par l'arbre moteur au moyen d'engrenages, permettent d'établir une communication, le premier entre la chambre d'explosion C et le cylindre moteur ou ce dernier et l'échappement E, le second entre la chambre d'explosion et le cylindre compresseur ou entre ce dernier et le conduit d'aspiration A. L'orifice d'échappement E est également commandé par l'obturateur rotatif R''.

Ce moteur est évidemment difficile à réaliser tel qu'il est conçu par son auteur. La chambre d'explosion est hors de proportion avec l'espace nuisible du cylindre du moteur ; de plus, la force élastique des gaz brûlés serait

mal utilisée, étant donné le faible diamètre du conduit ménagé dans le robinet R, mais ce moteur est caractéristique en ce sens que les gaz frais, comprimés par le piston P', ne subissent qu'une détente négligeable au

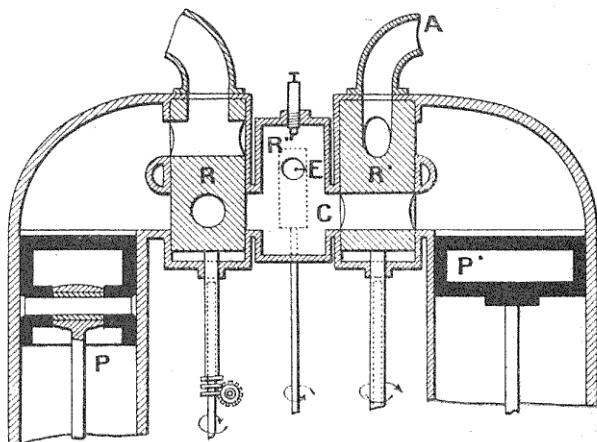


Fig. 6. — Schéma du moteur Carles.

moment de leur passage dans la chambre d'explosion C et cela semble avoir été la principale préoccupation de l'inventeur.

Moteur L. Chastannet. — Ce moteur est caractérisé, au point de vue de son cycle, par la compression séparée de l'air pur et la distribution mécanique du combustible. Au point de vue mécanique, il est caractérisé par sa distribution à valve tournante, réalisant l'admission et l'échappement en combinaison avec les lumières démasquées à fond de course (*fig. 7*).

Le mélange tonnant comprimé est admis par la valve au moment où le piston achève sa course ascendante. L'admission cesse au point mort, de sorte qu'il n'y a pas

compression par le piston moteur. L'espace nuisible se trouve alors rempli de mélange comprimé à la pression du compresseur. L'allumage est effectué sitôt après la fermeture de l'admission, et les gaz se détendent jusqu'à ce que l'échappement commence, par les lumières si-

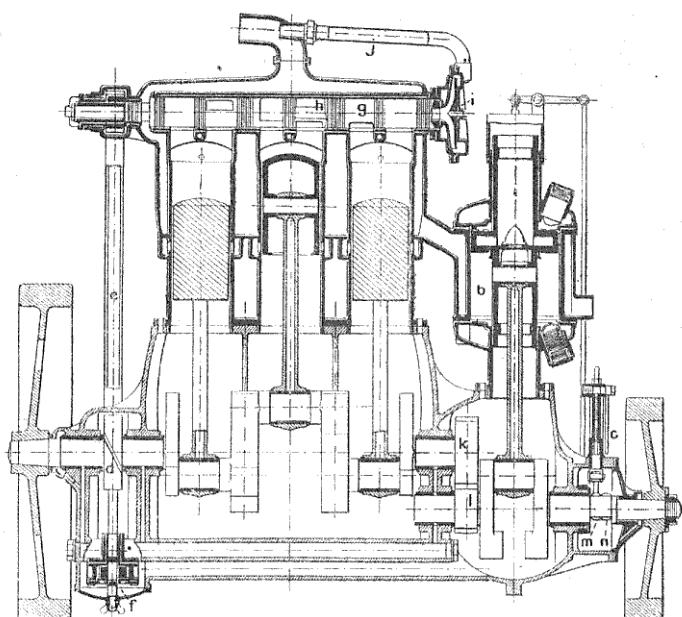


Fig. 7. — Coupe longitudinale du moteur Chastannet.

tuées à fond de course. Ces lumières recouvertes par le piston, l'échappement se continue par l'orifice démasqué par la valve, de sorte qu'il y a expulsion complète des gaz brûlés jusqu'à l'admission sous pression du mélange.

En se reportant à la coupe longitudinale, on voit que les trois cylindres du moteur sont coulés d'une pièce avec leur enveloppe commune, et montés sur un bâti

fermé supportant à l'avant le compresseur *b* et la pompe à combustible *c*.

Le vilebrequin à trois coudes à 120° commande à l'arrière, par un engrenage hélicoïdal *d* et un arbre vertical *e*, d'une part la pompe à huile *f*, pour le graissage forcé et, d'autre part, toute la distribution.

Celle-ci comporte une valve tournante *g* à circulation d'eau par son canal central *h*. La pompe centrifuge *i* est montée au bout de la valve et aspire par le canal *h* lui-même.

Le refoulement *j* de la pompe est d'ailleurs disposé de façon à aider la circulation générale autour du compresseur et des cylindres.

Le compresseur, commandé par engrenages *k* et *l*, tourne une fois et demie plus vite que le moteur.

L'aspiration se fait par l'intérieur du piston creux et de sa tige supérieure. Les soupapes automatiques sont annulaires et à double siège concentrique aux pistons. Elles ont une levée très faible et un grand débit. Elles n'ont pas de ressort et obéissent simplement aux différences de pression et à l'inertie. Le refoulement se fait à travers quatre soupapes pour chaque fond du cylindre.

La pompe à combustible *c*, à course variable, est actionnée par les excentriques *m*, *n*, dont l'un *m* commande, par un secteur mobile, le piston de la pompe, et l'autre *n* le robinet d'aspiration et de refoulement.

La carburation de l'air s'effectue dans le trajet du compresseur à la valve.

La compression de l'air peut être effectuée au moyen d'un ventilateur ; nous en trouvons un exemple dans le moteur Junkera (brevet n° 378 317 du 8 mai 1907). Ce moteur comporte un dispositif permettant l'alimentation à pression constante en air comprimé, cet air servant à la fois à former le mélange gazeux et à produire l'ex-

pulsion partielle des gaz brûlés (*fig. 8*). Ce dispositif est le suivant : la partie supérieure du cylindre est munie de deux soupapes commandées ; l'une S sert à régler l'admission de l'air carburé, l'autre S_1 l'admission de l'air pur. R est un réservoir dans lequel le compresseur d'air K établit une certaine pression, maintenue

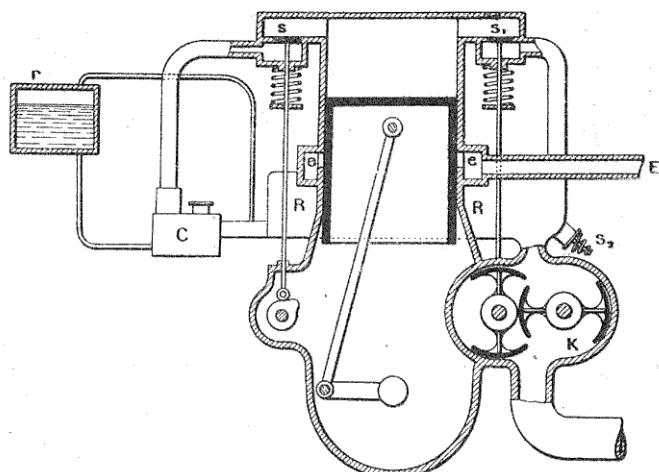


Fig. 8. — Schéma du moteur Junkera.

constante par la soupape automatique S_2 . Ce réservoir communique avec le carburateur C et le réservoir d'essence r . Le carburateur fonctionne sous une certaine pression, comme il fonctionnerait sous la pression atmosphérique.

Enfin, des lumières d'échappement e sont ménagées dans la paroi du cylindre ; ces lumières débouchent dans le collecteur E . Le fonctionnement de ce moteur peut être facilement compris par l'examen de la figure.

Le moteur Sohnlein (brevet n° 347 719 du 7 novembre 1904) comporte également un collecteur. Pour éviter les

pertes de combustible, ce constructeur isole le combustible de l'air pendant l'aspiration et la compression préalable. Le collecteur est muni, à l'une de ses extrémités, d'une soupape pour l'introduction du combustible : l'autre extrémité présente un orifice qui communique avec le canal allant du collecteur à la chambre d'explosion. Cet orifice sert simultanément à deux fins : par là vient l'air de la pompe de chargement, c'est-à-dire du carter : par là, également, sort le mélange explosif préparé. Les dimensions du collecteur sont calculées de façon qu'il puisse renfermer le volume de mélange nécessaire au remplissage d'une cylindrée.

Dans le moteur de MM. Strock (brevet n° 363 840 du 5 mars 1906), on retrouve également une capacité, distincte du cylindre, dans laquelle une pompe accumule le mélange gazeux. MM. Strock pensent qu'il est nécessaire, pour donner au moteur à deux temps un fonctionnement convenable, de remplir les espaces morts du cylindre (chambre de compression et chambre d'explosion) le plus rapidement possible avec des gaz possédant une pression suffisante pour que leur inflammation soit immédiate. Avec une telle distribution, le fonctionnement du moteur devient comparable à celui de la machine à vapeur, la chaudière étant remplacée par un accumulateur du mélange gazeux comprimé, intercalé entre la pompe de compression et le cylindre de travail. Ce réservoir doit être d'une capacité assez grande et toujours rempli de mélange sous pression ; il communique avec la pompe de compression par un tube muni d'une soupape de retenue et, avec le cylindre de travail, par un autre tube renfermant une soupape équilibrée, commandée, permettant l'admission du mélange comprimé dans le cylindre au moment où il doit être enflammé.

Pour compenser aussi complètement que possible la perte de travail résultant de la détente du mélange comprimé au moment de son admission, MM. Strock ont étudié une distribution telle que l'introduction, dans le réservoir, du mélange comprimé dans la pompe se fait au même instant que l'admission dans le cylindre de travail et que la pression reste constante dans le réservoir.

Le brevet Lunet et Lemetais (n° 337 406 du 30 novembre 1903) est basé sur les mêmes considérations, c'est-à-dire la formation d'un mélange explosif dont le degré de compression préalable et, par suite, la pression d'explosion sont toujours les mêmes pour toutes les introductions, qu'elles soient grandes ou petites.

Dans le moteur Morrow (brevet n° 398 439 du 12 janvier 1909), deux cylindres compresseurs superposés sont aménagés entre les deux cylindres moteurs. Ces cylindres compresseurs sont placés dans le prolongement l'un de l'autre, de sorte que les deux pistons sont montés sur une même tige. Leur mouvement est commandé par une manivelle calée sur l'arbre moteur.

Dans le moteur Simonet (brevet n° 341 574 du 24 mars 1904), un seul cylindre compresseur a été prévu pour l'alimentation de deux cylindres moteurs. On rencontre une disposition analogue dans le moteur Billard et dans le moteur Prini et Berthaud (brevet n° 413 126 du 2 février 1910).

Dans le moteur Billard, les deux cylindres sont alimentés au moyen d'une pompe à double effet. La tige de piston de cette pompe reçoit son mouvement du volant. A cet effet, dans ce dernier, est pratiquée une rainure dont le but est de guider un galet solidaire de

la tige du piston. La rainure est hélicoïdale, de telle sorte que le galet est animé d'un mouvement de va-et-vient. La rainure est tracée de telle façon qu'il y ait deux points morts (un pour chaque cylindre) et que la pompe se trouve dans sa période de refoulement jusqu'à la fermeture complète de la lumière d'admission par le piston moteur. Dans ce moteur, le conduit d'admission débouche obliquement dans le cylindre par rapport à l'axe de ce dernier. L'axe du conduit d'échappement fait le même angle avec l'axe du cylindre; le constructeur pense éviter ainsi toute sortie de gaz frais par l'orifice d'échappement.

On retrouve une pompe analogue dans le moteur

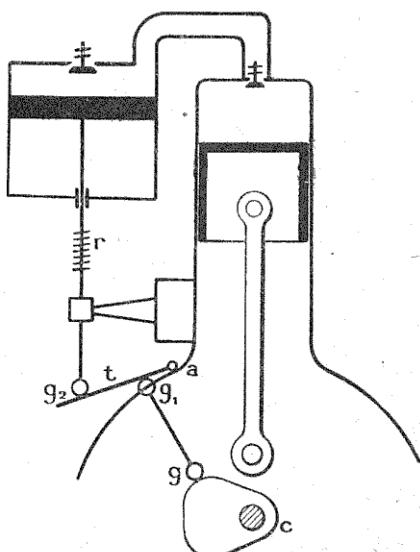


Fig. 9. — Schéma du moteur Rondeau.

Rondeau (brevet n° 374 978 du 28 février 1907), mais le mouvement alternatif du piston de la pompe est

obtenu au moyen d'un jeu de cames et de galets ainsi que cela est représenté sur la figure 9. L'arbre moteur entraîne la came c ; sur le profil de cette came vient rouler le galet g ; le galet g_1 fait osciller la tige t autour du point a , ce qui a pour effet de donner au galet g_2 un mouvement alternatif vertical. La tige du piston de la pompe est constamment sollicitée de haut en bas par le ressort r .

Les moteurs dans lesquels la partie inférieure du cylindre a été transformée en une pompe sont en moins grand nombre que les précédents, les inventeurs ayant compris que, dans ces systèmes, la pompe travaillait dans des conditions assez défavorables.

A titre d'exemple, nous citerons le moteur Cellérier (brevet n° 368 825 du 13 août 1906), dans lequel les deux pistons sont montés en tandem (*fig. 10*). Le piston supérieur P' sert de pompe; il est d'un diamètre plus grand que le piston moteur P . Deux soupapes automatiques s et s' servent, la première à l'introduction du mélange gazeux dans l'espace C' , la seconde au transvasement du mélange de la chambre C' dans la chambre C . Le mélange gazeux est ainsi introduit dans la chambre d'explosion sans compression exagérée; il contribue à

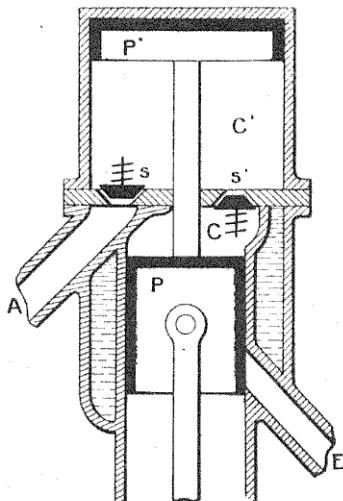


Fig. 10. — Schéma du moteur Cellérier.

L'expulsion des gaz brûlés de l'explosion précédente par l'orifice E.

Le moteur Enderby et Johnson (brevet n° 408 077 du 19 octobre 1909) comporte également un cylindre-moteur et un cylindre-pompe placé dans le prolongement l'un de l'autre, mais la communication entre les deux est établie par la tige commune aux deux pistons. Cette tige est creuse ; elle est percée d'ouvertures convenables permettant d'établir la communication au moment voulu.

Dans cette catégorie se trouve également le moteur Hélium : c'est un moteur à double effet.

Dans ce moteur, le cylindre est d'une seule pièce et comporte deux alésages (*fig. 11*). Les deux parties de ce cylindre sont séparées par un fond F comportant une garniture à segments étanches. Dans la partie supérieure se meut un piston P_1 , creux, muni de deux déflecteurs, un sur chacune des faces. Dans la partie inférieure se déplace un second piston P_2 faisant office de pompe à gaz. Les deux pistons sont montés en tandem. L'alésage de la pompe est calculé de façon que cette dernière puisse débiter un volume de gaz suffisant pour alimenter deux cylindrées motrices qui, alternativement compressées dans les culasses opposées du cylindre moteur, travaillent alternativement sur chaque face du piston.

L'ensemble du piston moteur, de la tige et du piston pompe est relié au coude du vilebrequin au moyen d'une biellette articulée sur la chape portée par la tige.

La distribution dans la partie moteur ne comporte aucun organe spécial et, seules, les fermetures des orifices d'admission et d'échappement, produites par le déplacement du piston, forment les temps d'admission

et d'échappement. Quant à la distribution du refoulement de la pompe à gaz, elle est produite par un fourreau cylindrique *f*, placé entre le piston pompe et le

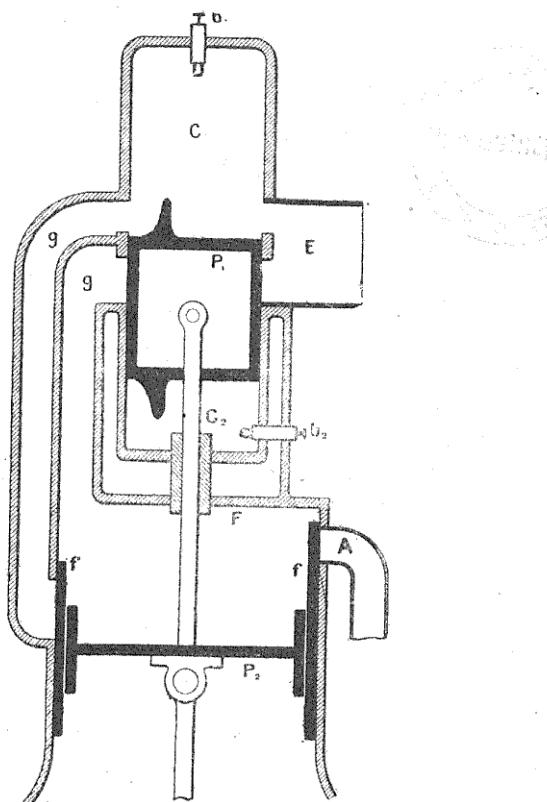


Fig. 44. — Schéma du moteur Hélium.

cylindre. Ce fourreau, animé d'un faible mouvement alternatif, est commandé par un excentrique calé sur le vilebrequin, à 90° du maneton ; il découvre à l'aspiration une ouverture *A* vers le carburateur, et la

referme pour le refoulement, tandis qu'il ouvre l'orifice opposé de refoulement.

Fonctionnement. — Considérons la position des pistons figurés sur le schéma. Le piston moteur étant au bas de sa course, la cylindrée motrice C_1 , qui vient de se détendre, évacue ses gaz brûlés par E, tandis que les gaz frais, comprimés préalablement en g , viennent frapper sur le déflecteur supérieur qui les renvoie vers le fond du cylindre supérieur. A ce moment, la cylindrée C_2 est comprimée et va être allumée par la bougie b_2 .

Quant au piston pompe P_2 , il vient d'aspirer par A du mélange gazeux venant du carburateur. En remontant, ce piston refoulera dans les conduits g et g_1 les gaz frais qui rempliront alternativement les capacités C_1 et C_2 . Le fourreau f venant d'obturer le conduit g , l'aspiration pourra se produire à nouveau par le conduit A qui sera découvert.

Le moteur monocylindrique, dont le principe vien d'être décrit, a été étudié comme moteur d'automobile; il est refroidi par circulation d'eau.

Le moteur d'aviation comporte trois cylindres semblables assemblés par un carter circulaire. Ils sont à 120° les uns des autres et produisent six explosions par tour. Les trois pompes de ces trois cylindres refoulent alternativement les gaz frais comprimés dans une tubulure commune en forme de tore. Ces gaz sont envoyés, sous une faible pression, dans les cylindres au fur et à mesure des ouvertures des orifices d'admission.

Un carburateur est adapté sur l'arbre creux fixe du moteur; le mélange gazeux est aspiré, au travers d'un distributeur tournant autour de l'arbre reliant, par trois branchements, les orifices d'aspiration des trois pompes.

Les mêmes constructeurs ont établi un moteur dit

dégyroscope, comportant deux groupes de trois cylindres tournant en sens inverse l'un de l'autre. Le premier groupe transmet au second le travail qu'il développe au moyen d'un train d'engrenages et de satellites.

Enfin, toujours sur le même principe, les constructeurs du moteur Hélium ont établi un moteur fixe à 3 ou 5 cylindres disposés en étoile autour du carter, et dans un même plan. Ces cylindres sont munis d'ailettes et leur refroidissement est assuré par l'air seul.

Le moteur Laurent-Champrosan (brevet n° 396 849 du 27 novembre 1908) est établi de façon à réaliser une expulsion complète des gaz brûlés et à ne perdre qu'un très faible travail, par la détente des gaz frais comprimés au moment de leur introduction dans la chambre d'explosion.

Dans le cylindre se trouvent deux pistons, le piston moteur P et un piston P' dit *écouvillon* (fig. 42). Les tiges de P' traversent à frottement doux le piston P. Le mouvement relatif des deux pistons est étudié de la façon suivante : le piston P' se rapproche de P ou s'en éloigne, de façon que les quatre opérations du cycle soient effectuées pendant

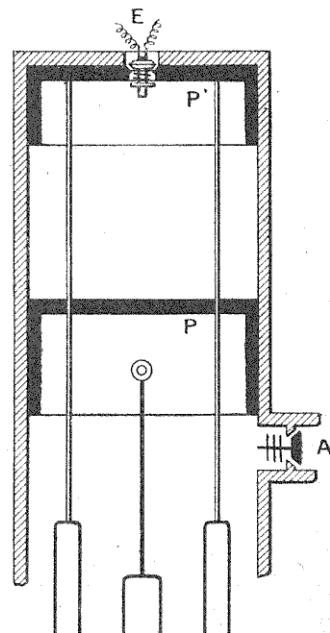


Fig. 42. — Schéma du moteur Laurent-Champrosan.

un tour de l'arbre moteur. À cet effet, le piston P' décrit la même course que P, mais dans un temps moitié moindre. Ce résultat est obtenu au moyen de cames et par un décalage de manivelles. En conséquence, le piston P effectue la propulsion et la compression (au-dessus de lui) tandis que, dans l'intervalle, le piston P' effectue l'aspiration par A et l'échappement par E.

Le fonctionnement est le suivant : au moment de l'explosion (qui alimente les pistons), P' reste à fond de course et maintient fermé l'orifice d'échappement en appliquant sur son siège la soupape-bougie ; P' reste en place jusqu'à ce que l'arbre ait tourné de 70° ; à ce moment, il commence à descendre et l'échappement commence à se produire. Le piston P', remontant avant que P ait obturé la lumière d'admission A, provoque l'aspiration du mélange gazeux.

Dans le moteur breveté par la Société des moteurs Gnôme (brevet n° 409 580 du 24 novembre 1909), chaque piston est constitué de la façon suivante : un tube cylindrique comportant deux cloisons transversales formant deux chambres, l'une supérieure portant deux séries de lumières A et A', l'autre inférieure, ouverte à sa base vers le carter et portant une série de lumières A'' (*fig. 13*). À sa partie supérieure, le piston porte une crénelure permettant, à fond de course, la formation de lumières ainsi que l'indique le détail de la figure. Le piston porte, vers sa partie médiane, un prolongement annulaire de telle façon qu'il peut former deux chambres dans la partie du cylindre de grand alésage. Les parties supérieure et inférieure du cylindre sont d'alésages moindres et servent de guidage au piston.

Voici comment fonctionne ce moteur :

Dans la position figurée, le mélange gazeux est com-

primé dans la chambre C et la bougie B va enflammer le mélange.

Lorsque l'explosion aura eu lieu, le piston descendra, l'échappement des gaz brûlés se produira, à fond de

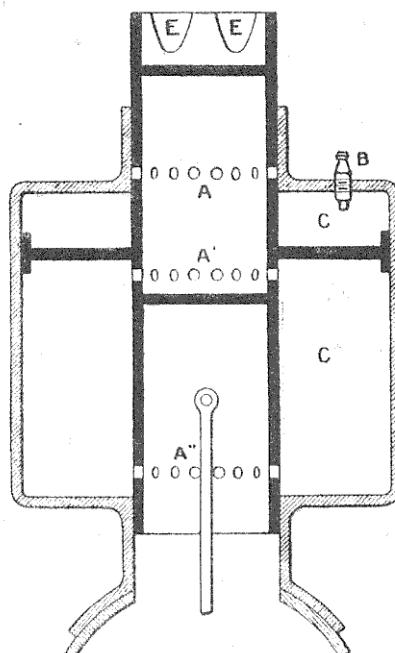


Fig. 43. — Schéma du moteur de la Société des moteurs Gnôme.

course, par les orifices E. En remontant, le piston aspirera les gaz frais du carter dans la chambre C' et ceux-ci passeront dans la chambre C par les lumières A' et A. Lorsque les lumières A seront obturées, la chambre C sera fermée et la compression commencera.

Il nous faut faire figurer, dans une catégorie spéciale, les moteurs à cylindres conjugués, dans lesquels la com-

pression du mélange gazeux est bien effectuée en dehors du cylindre moteur, mais où cette opération est assurée par un autre cylindre qui est lui-même moteur.

Dans cette catégorie, on trouve un certain nombre de moteurs destinés à l'aviation.

Dans le moteur Dieudonné (brevet n° 409 453 du 20 novembre 1909), c'est dans la partie supérieure du

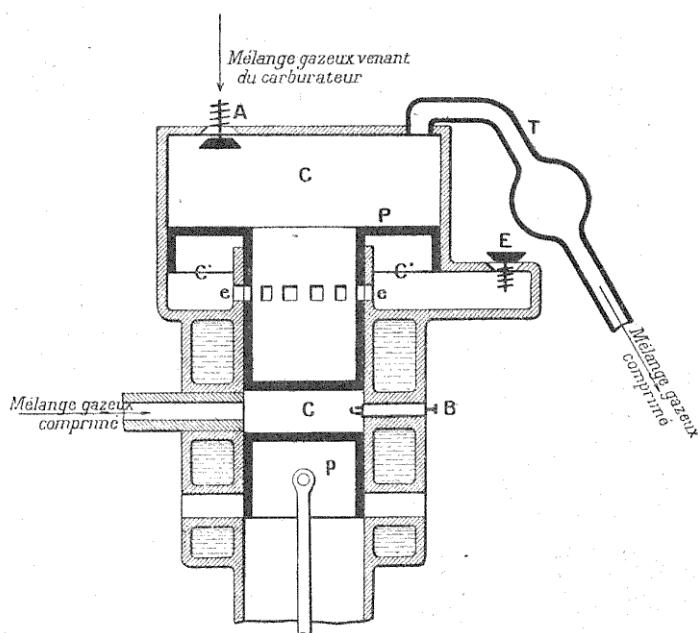


Fig. 44. — Schéma du moteur Dieudonné.

cylindre que s'effectue la compression du mélange gazeux. C'est un moteur rotatif pour l'aviation (*fig. 44*).

Chaque cylindre, à deux alésages, contient deux pistons P et p dont l'un, P, a deux diamètres. Le piston inférieur est moteur, l'autre sert à l'aspiration et à la

compression des gaz frais, ainsi qu'à l'échappement des gaz brûlés.

L'aspiration a lieu dans la chambre C au travers de la soupape A. La compression est faite dans la même chambre et le mélange comprimé envoyé dans la chambre d'explosion du cylindre suivant par le tube T.

La chambre d'explosion c est comprise entre les deux pistons. L'échappement se fait par les orifices e, puis par la soupape E. On remarquera que, dans ce moteur, le mélange comprimé n'est pas détendu au moment de son passage dans la chambre d'explosion.

Examinons maintenant son fonctionnement.

Supposons que la chambre c soit remplie de gaz frais comprimés, la chambre C est alors remplie de gaz frais. Lorsque l'explosion a lieu, les pistons s'écartent. Le piston supérieur, en s'élevant, crée une dépression dans la chambre C' et, lorsque la partie inférieure de ce piston découvre les lumières e, les gaz brûlés se précipitent dans la chambre C'. En même temps, le piston P comprime au-dessus de lui les gaz frais contenus dans la chambre C et en envoie une partie dans la chambre d'explosion du cylindre voisin.

Lorsque les pistons se rapprochent (le piston supérieur est ramené à sa position inférieure par l'effet de la force expansive des gaz frais qu'il a comprimés au-dessus de lui et dont il n'a envoyé qu'une partie dans le cylindre voisin) l'admission se continue jusqu'à ce que les orifices d'échappement e soient recouverts. Ensuite, commence la compression dans la chambre d'explosion c. Lorsque le piston P est revenu dans sa position inférieure, les gaz d'échappement contenus dans la chambre C' ont été presque complètement évacués par E.

Le moteur est constitué par plusieurs cylindres ainsi

établis groupés en étoile. Ils tournent autour du vilebrequin qui reste fixe.

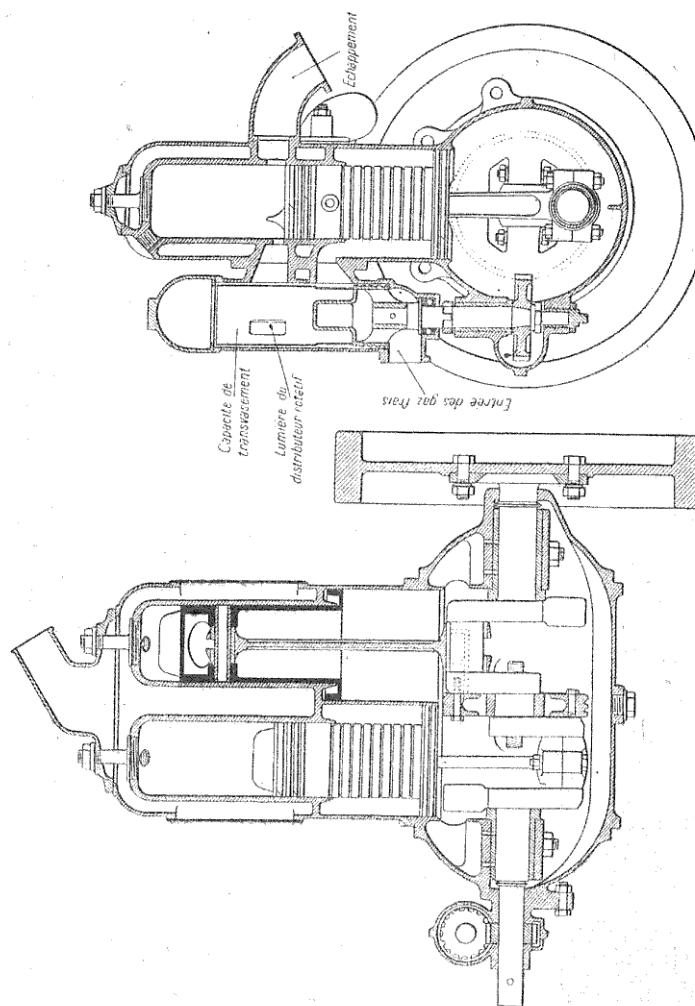


Fig. 45. — Coupes longitudinale et transversale du moteur « Le Lutin ».

Dans le moteur *Pollet et de Coquereaumont*, connu sous le nom de « *Le Lutin* » (fig. 45), les cylindres sont

aussi conjugués, mais tous deux sont moteurs. Les deux groupes cylindre-pompe sont calés à 180° et alimentés par une seule capacité intermédiaire et un distributeur unique, qui dessert successivement les deux pompes et les deux cylindres. On peut dire que l'alimentation se fait par transvasement direct, car dans la capacité intermédiaire, il ne se produit qu'une très faible compression. L'admission à chacun des cylindres est desservie par un distributeur rotatif, qui permet l'introduction du gaz frais au moment voulu (nous reviendrons sur cet organe dans le paragraphe consacré aux organes de distribution⁴).

Dans le moteur rotatif Laviator, les pistons possèdent une embase et se déplacent dans des cylindres, à deux alésages, disposés en étoile à 120°, l'un et l'autre, autour d'un arbre fixe. L'aspiration est faite dans le carter, à travers l'axe creux qui est fixe, sous l'influence de la dépression causée par le déplacement des pistons. Un distributeur rotatif D règle l'admission dans le carter (fig. 16). Les gaz frais sont comprimés dans les chambres C' et dans les tubes T qui font communiquer chacune des chambres C' avec la chambre C du cylindre voisin. L'ouverture d'admission A d'un des cylindres étant découverte au moment où le piston du cylindre voisin remonte, le transvasement des gaz frais a lieu sous une faible pression, ce qui est favorable au point de vue du rendement, ainsi que nous l'avons montré d'autre part.

1. Les moteurs établis par ces constructeurs sont actuellement des types suivants :

- 6-8 chevaux (1 cylindre 90 × 110 mm.).
- 8-10 chevaux (2 cylindres 72 × 95 mm.).
- 12-16 chevaux (2 cylindres 90 × 110 mm.).
- 15-18 chevaux (4 cylindres 72 × 95 mm.).
- 24-30 chevaux (4 cylindres 90 × 110 mm.).

VENTOU-DUCLAUX. — Moteurs à deux temps.

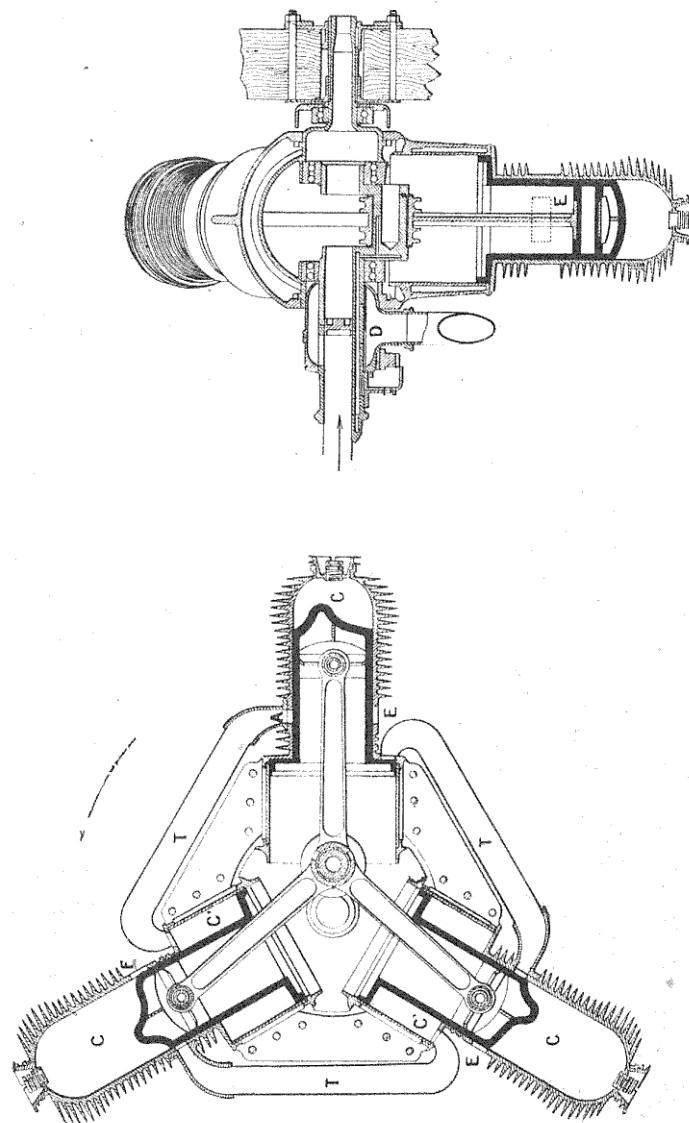


Fig. 46. — Coupes du moteur Laviator.

Le balayage des gaz brûlés se fait comme dans la plupart des moteurs à deux temps : la lumière d'échappement E est placée, à fond de course, en regard de la lumière d'admission A et la partie supérieure du piston est munie d'un déflecteur.

Un moteur basé sur ce principe, comportant six cylindres en étoile, mais fonctionnant comme moteur fixe, refroidi par eau, a été soumis à de nombreux essais. Les chiffres suivants nous ont été communiqués par M. Colmant :

NOMBRE DE TOURS par minute.	PUISANCES EN CHEVAUX
1.200	68
1.340	77
1.380	85
1.510	80

II. — Moteurs dans lesquels le mélange gazeux est aspiré par le piston moteur.

a. — DANS UNE CAPACITÉ ADJOINTE AU CYLINDRE MOTEUR

Dans cette catégorie, nous trouvons un nombre assez considérable de brevets. Les solutions sont ordinairement simples et ne diffèrent guère entre elles que par le mode de distribution adopté. Parmi ces moteurs, deux ont été l'objet d'études très poussées et sont actuellement au point : ce sont les moteurs Colmant et Legros ; nous leur consacrerons des descriptions détaillées que nous compléterons par des résultats d'essais.

Moteur Colmant (brevet n° 424 714 du 9 janvier 1911).

Le piston P de ce moteur est muni d'une tige t guidée à l'intérieur d'un tube en communication permanente

avec le carter (fig. 47). Ce piston forme au-dessous de lui une chambre C', qui reste en communication constante avec le canal a. Dans la chambre C'', adjointe au cylindre moteur, se déplace un piston p, relié à un arbre secondaire commandé par l'arbre moteur au moyen d'une chaîne. Ce petit piston a pour objet de découvrir tantôt l'ouverture du canal a, tantôt l'orifice d'admission A, lequel est relié à un carburateur. Les orifices d'admission et d'échappement sont placés en regard l'un de l'autre ; enfin le piston est muni d'un déflecteur placé à une faible distance de l'orifice d'admission.

Le fonctionnement de ce moteur est facile à comprendre : en descendant,

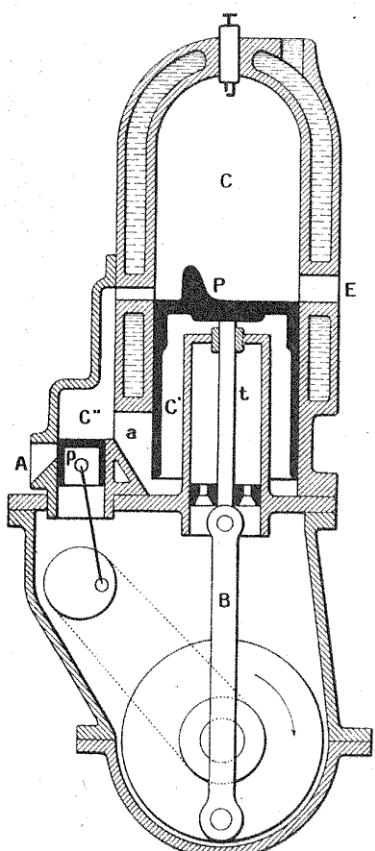


Fig. 47. — Coupe du moteur Colmant.

le piston P comprime, dans la chambre C'', le mélange qu'il a aspiré dans cette même chambre pendant sa course ascendante précédente. Lorsque le piston P découvre les lumières d'admission et d'échappement

ménagées dans la paroi du cylindre, l'expulsion des gaz brûlés et le remplissage se produisent comme à l'ordinaire.

Ce moteur a donné récemment les très intéressants résultats suivants :

MOTEUR COLMANT

(3 cylindres de 400×420).

Essais de décembre 1911.

VITESSES ANGULAIRES en t : m.	PUISSEANCES en chevaux.	COUPLE MOTEUR en m : kg. calculé.
625	16,2	17,4
925	25,8	19,9
1.150	33	20,5
1.500	42	20
1.820	50,2	19,7
2.008	56	17,9
2.100	53	18

Ces résultats ont été reportés sur la courbe de la figure 18 dont on peut remarquer le maximum et la descente brusque après ce maximum. Les points relevés sont les résultats de moyennes et il ne peut y avoir de doute sur leur exactitude. L'allure de cette courbe est assez inattendue ; elle contraste singulièrement avec les courbes obtenues sur le moteur Legros que nous reproduisons plus loin.

Voici enfin des résultats plus récents obtenus sur le même moteur ; ils viennent confirmer les précédents. On remarquera le chiffre de consommation spécifique particulièrement faible obtenu le 25 février 1912.

MOTEUR COLMANT

(3 cylindres de 400 mm. d'alésage et 420 mm. de course).

MODULE du moulinet.	DIMENSIONS des plans en millimètres.				NUMÉRO du trou.	TEMPÉRATURE en degrés centigrades.	PRESSION atmosphérique en millimètres de mercure.	VITESSE angulaire en tours par minute.	PUISSSANCE lue en chevaux.	CORRECTION en centièmes.	PUISSSANCE effective en chevaux.	CONSOMMATION totale en kg. par heure.	CONSOMMATION spécifique en kg. par cheval-heure.	OBSERVATIONS
	5	300 × 300	40	7										
5	300 × 300	40	7	761	625	16,2	0	16,2	25,8	0	25,8			
5	300 × 300	7	7	762	925	25,8	0							
4	240 × 240	10	8	763	1	474	37							
4	240 × 240	7,5	7	762	1.566	48,7	0							
4	240 × 240	5,5	10	762	2.034	56,6	0							
1 ^o Essais du 15 décembre 1911.														
2 ^o Essais du 29 février 1912.														
4	240 × 240	7,5	10	762	1.472	40,2	0	40,2	14,220	0,355	{	Même combustible.		
														Essai de 10 minutes.

Le moteur qui vient d'être décrit est un modèle définitif; il couronne brillamment les longs travaux de M. Colmant. Nous ne voudrions pas, cependant, passer

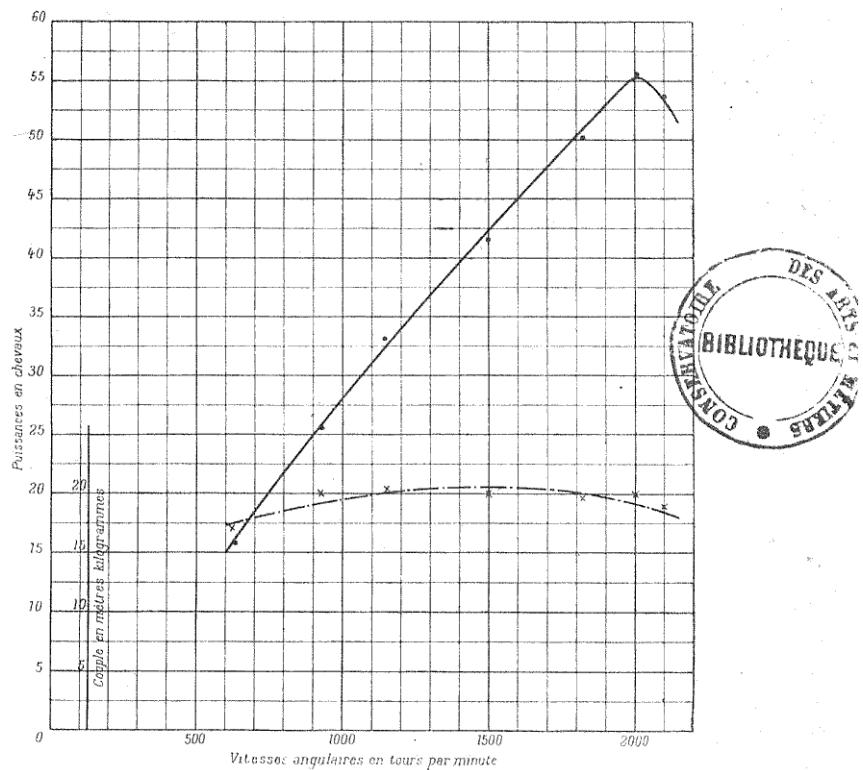


Fig. 48.

sous silence le moteur établi antérieurement par le même constructeur, car il comporte une particularité intéressante: le refroidissement des parois internes du cylindre et de la tête du piston par une circulation d'air produite par une pompe indépendante de celle qui fournit la charge de gaz frais.

Ce moteur a fait l'objet du brevet n° 382410, en date du 20 septembre 1907.

Le premier moteur essayé au Laboratoire de l'Automobile-Club de France est décrit plus loin. L'injection au cylindre se faisait par une soupape commandée de grand diamètre placée au sommet du cylindre, à côté de la soupape d'air de refroidissement, et l'échappement par deux ouvertures très grandes et symétriques placées à fond de course. Ce moteur ne développait qu'une faible puissance, inférieure à celle d'un quatre temps de même alésage et de même course (100×120). Il ne put jamais tourner à une vitesse angulaire supérieure à 850 tours par minute. Il était régulier, souple par l'avance à l'allumage, mais assez indifférent à l'ouverture et à la fermeture du boisseau de gaz. Il permit au constructeur de constater deux faits :

1^o Que l'injection au cylindre par soupape était impossible dans un deux temps à allure tant soit peu rapide, à cause du laminage des gaz et de la faible durée de l'ouverture réelle possible ;

2^o Qu'il y avait moins à se préoccuper, en étudiant ce cycle, de la sortie des gaz brûlés, mais bien et surtout, de l'entrée des gaz frais.

Sans entrer ici dans le détail des expériences, qui tendaient à prouver ce deuxième point, il en est une qui les résume toutes. Si l'on supprime la tuyauterie d'air laissant à découvert la soupape automatique d'air située au sommet du cylindre, celle-ci ne supporte évidemment, de dehors en dedans, que la pression atmosphérique. Or, si l'on met le moteur en marche, dans ces conditions, à chaque échappement la soupape en question s'ouvre violemment. Les gaz brûlés sont donc sortis

assez rapidement et complètement pour créer derrière eux une dépression très nette. Et ceci n'étonne pas quand on songe que les gaz brûlés ont encore 2^{kg},4 à 3^{kg},5 de pression quand s'ouvrent les orifices d'échappement et que ceux-ci s'ouvrent en grand instantanément. Il est autrement difficile de faire pénétrer plus tard, quand l'équilibre de pression est rétabli, des gaz frais qu'on ne peut guère injecter à une pression supérieure à 0^{kg},7 sans perdre trop de travail. Ces faits ont conduit le constructeur au type de moteur dont un schéma est ci-joint (fig. 49), et dans lequel l'injection des gaz a lieu par une ouverture latérale, à fond de course également.

L'admission des gaz, émanant d'un carburateur ordinaire, se fait en A par une soupape commandée ; lorsque le piston moteur P monte, il aspire la charge prochaine dans l'espace annulaire N, compris entre le cylindre pompe à air et le cylindre moteur, et la capacité U. Pour réduire les résistances à cette aspiration, la boîte A communique avec les espaces N et V par deux conduits *a* et *a'*, et le piston est percé d'une série de trous de 10 millimètres dans la partie qui fait face à ces canaux. Lorsque le piston descend, il refoule cette charge par les deux mêmes canaux dans la chambre *a*, dont les dimensions sont telles que la tension des gaz ne dépasse pas 0^{kg},600 environ.

La soupape commandée s'ouvre au point mort bas et se ferme 17° après le point mort supérieur,

En descendant, le piston découvre d'abord l'échappement, ensuite le canal *a* d'admission au cylindre, et la charge a lieu comme dans tous les moteurs à deux temps de ce genre.

Mais ici, cette charge, au lieu d'avoir à pousser devant elle des gaz brûlés et chauds, ne rencontre à ce moment

dans le cylindre (théoriquement) que de l'air froid qu'elle expulse par l'échappement pour prendre sa place.

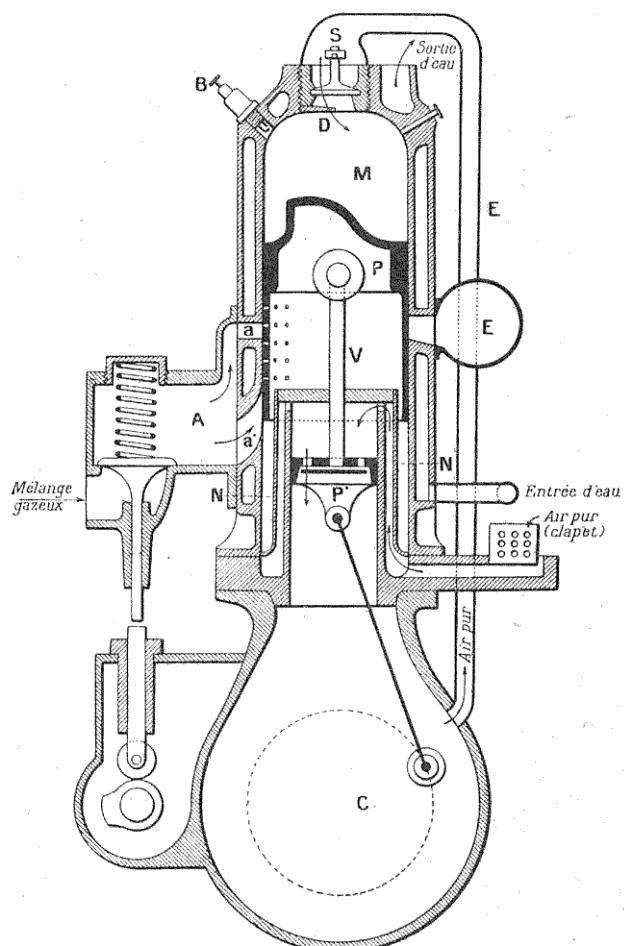


Fig. 19. — Coupe du moteur Colmant.

En effet, et c'est là le principe du moteur en question, la crosse P' du piston P constitue le piston d'une pompe

à air se mouvant dans le cylindre pompe à double enveloppe, et refoule dans le carter à chaque descente de l'ensemble des deux pistons, rigidement reliés entre eux, l'air pur extérieur que P' aspire par sa face supérieure. Ce piston P' porte, en effet, une soupape simplement constituée par un mince disque d'acier, lequel se ferme à la descente pour se soulever à la montée et cela sans aucun ressort. L'air suit les canaux indiqués par les flèches et il est facile de voir que la tension est maximum (0[°],350 au plus) dans le carter quand le piston moteur arrive aux environs du point mort inférieur. Or, l'échappement vient précisément de commencer avec la violence qu'on sait, et c'est à ce moment que la soupape automatique S jouerait sous l'influence seule de la dépression causée dans le cylindre par cette vive sortie des gaz brûlés. Mais cette soupape S est reliée au carter par un tube T. Pression en C, dépression en M : les deux s'ajoutent et un violent courant d'air arrive de C en M, refroidissant les parois du cylindre et la tête du piston, éteignant, autant par sa force vive que par mélange, les gaz très chauds, et les expulsant pour prendre leur place.

C'est ce mélange que la charge nouvelle rencontre, qu'elle expulse complètement si le boisseau du carburateur, ouvert en grand, donne une cylindrée complète, qu'elle expulse en partie seulement, si ce boisseau permet l'admission d'une cylindrée réduite. Mais, dans l'un comme dans l'autre cas, à demi-charge, comme à pleine charge, le piston P, en remontant, trouve toujours une cylindrée complète à comprimer et, dans les deux cas, le moteur travaille à compression totale : 5.800 kilogrammes.

En fermant l'admission, on a bien réduit la richesse du mélange finalement comprimé, on n'a pas réduit le

taux de compression. Cela restera vrai tant qu'on n'aura pas réduit l'admission à tel point que les deux cylindrées, pompe à air et pompe à gaz additionnées, soient inférieures au volume engendré par le piston jusqu'en M.

Pour marcher à allure très ralenti, à vide, il est nécessaire de fermer l'admission d'air, car le mélange trop appauvri cesserait d'être explosif.

Ce moteur a donné, en 1908, au laboratoire de l'Automobile-Club de France, les résultats suivants :

VITESSES ANGULAIRES en t : m.	PUISSEANCES en chevaux.	OBSERVATIONS
1.234	8,2	
1.256	9,4	
1.380	9,2	
1.560	8,8	Consommation spécifique : 0kg,580 par cheval-heure.

Le moteur Krebs (brevet n° 434 166 du 13 septembre 1911) possède une distribution par tiroir, mais, dans ce système, l'aspiration et la compression du mélange gazeux sont produites par la partie inférieure du piston moteur dont le diamètre a été augmenté. Ce moteur est suffisamment défini par le schéma (*fig. 20*) et son fonctionnement est facile à comprendre : il suffit de savoir que le jeu du tiroir est tel que cet organe peut établir, d'une part, une communication entre le conduit d'aspi-

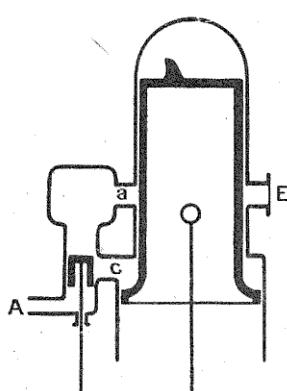


Fig. 20. — Schéma du moteur Krebs.

ration A et le conduit c (pour permettre l'aspiration du mélange gazeux lorsque le piston descend) et, d'autre part, une communication entre les conduits c et a (pour permettre le transvasement du mélange comprimé de la chambre de compression dans la chambre d'explosion).

Le moteur Sautter-Harlé est conçu dans le même esprit. Ce dernier ayant été réalisé, nous lui consacre-

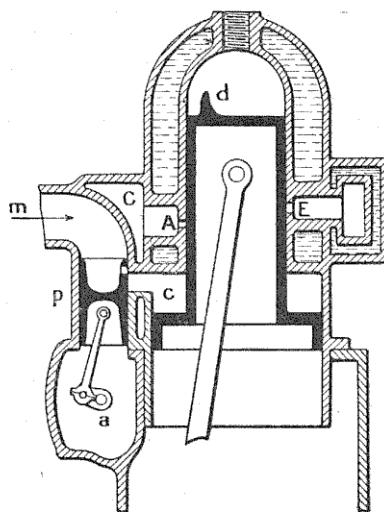


Fig. 21. — Schéma du moteur Sautter-Harlé.

rons une description un peu plus complète, de manière à mettre en évidence ses particularités.

Dans le cylindre à double alésage, se déplace un piston à deux diamètres (*fig. 21*). Ce piston peut découvrir successivement les orifices A et E : l'un, A, permettant l'admission du mélange gazeux, fait communiquer le cylindre avec un collecteur C commun à deux cylindres ; l'autre, E, sert à l'échappement ; il met en commun

nication le cylindre avec une canalisation d'échappement commune à tous les cylindres.

La partie du cylindre parcourue par le piston du plus faible diamètre est entourée d'une circulation d'eau. La canalisation d'échappement est également refroidie.

La partie la plus large du piston forme pompe aspirante et foulante. Cette pompe est complétée par deux petits pistons p formant tiroirs, portant des ouvertures latérales et entraînés par un arbre auxiliaire a tournant à une vitesse angulaire moitié de celle de l'arbre principal. Le second piston tiroir n'est pas figuré ; il est placé à côté de celui qu'on voit, il commande le refoulement du mélange gazeux comprimé dans le collecteur d'admission c .

Examinons d'abord comment fonctionne le dispositif d'admission. Lorsque le piston principal descend, le piston auxiliaire descend également et découvre l'ouverture du cylindre, de telle sorte que le mélange gazeux est aspiré par m dans la chambre c .

Lorsque le piston principal remonte, le piston p continue à descendre (puisque son arbre d'entraînement tourne à demi-vitesse) et la chambre c est close ; la compression du mélange gazeux s'y effectue. À la fin de la course ascendante du piston principal, les gaz comprimés sont envoyés dans le collecteur par le jeu du piston tiroir conjugué.

Le collecteur a un volume plus grand que celui d'une cylindrée.

Le fonctionnement du piston moteur est alors facile à comprendre : l'explosion venant de se produire, le piston descend et découvre d'abord l'orifice d'échappement E , ce qui provoque l'évacuation de la majeure partie des gaz brûlés. L'ouverture d'admission A est ensuite découverte ; le mélange gazeux comprimé vient

frapper sur le déflecteur *d*, qui le dirige vers le fond de la culasse; de cette façon, le mélange gazeux frais chasse les gaz brûlés restant dans le cylindre.

Ce moteur présente en outre les particularités suivantes :

Les organes de distribution sont commandés par des engrenages.

Les départs en arrière sont impossibles, car la distribution dédoublée que nous venons de décrire assigne au moteur un sens de rotation déterminé; on sait qu'il n'en est pas de même pour la plupart des autres moteurs à deux temps dont la distribution est faite à chaque tour de l'arbre principal.

Un assez grand nombre de moteurs comportent le piston à deux diamètres se déplaçant dans un cylindre à double alésage. Les gaz comprimés sont renvoyés par un tube latéral, dans la chambre de travail, lorsque le piston moteur découvre la lumière d'admission. Nous citerons dans cet ordre d'idées les moteurs **Amar** (brevet n° 319 327 du 5 mars 1912), **Brillié** (brevet n° 340 142 du 3 février 1904), **Gogolinski** (brevet n° 412 431 du 9 février 1910), **Millou** (brevet n° 421 220 du 4 octobre 1910).

Dans d'autres moteurs, le dispositif de distribution a été réduit à sa plus simple expression. C'est le cas du moteur **Billon et Brolliet** (brevet n° 421 289 du 10 octobre 1910). Comme dans le moteur **Colmant**, précédemment décrit, la tige du piston est guidée par une enveloppe cylindrique, dont le but est d'éviter toute communication entre le carter et la partie supérieure du moteur (*fig. 22*). L'aspiration du mélange gazeux est effectuée à travers la soupape automatique *s* lorsque le piston s'élève. Lorsque ce dernier redescend, il masque la lumière d'admission *A* et comprime le

mélange gazeux dans la chambre C' et dans l'espace annulaire C''. L'admission de ce mélange dans la chambre d'explosion C ne se produit qu'à fond de

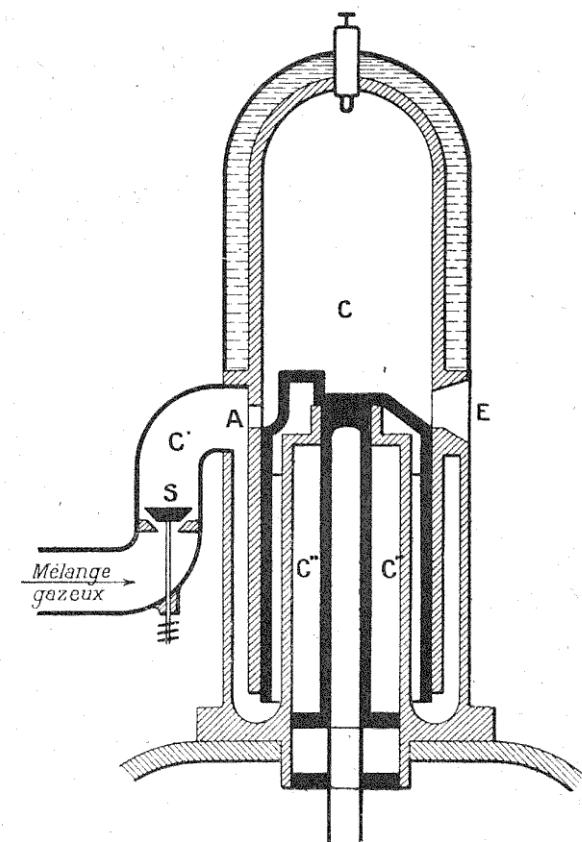


Fig. 22. — Schéma du moteur Billon et Brollet.

course, lorsque le piston découvre la lumière d'admission A (position indiquée sur la figure).

Dans le moteur Dubois et Uzac (fig. 23), le piston a deux diamètres; sa partie interne inférieure frotte sur

une paroi cylindrique, de telle sorte que l'embase du piston se déplace dans un corps de pompe annulaire. L'aspiration se fait au travers d'une soupape ; le mélange est transvasé par un tube extérieur qui vient débou-

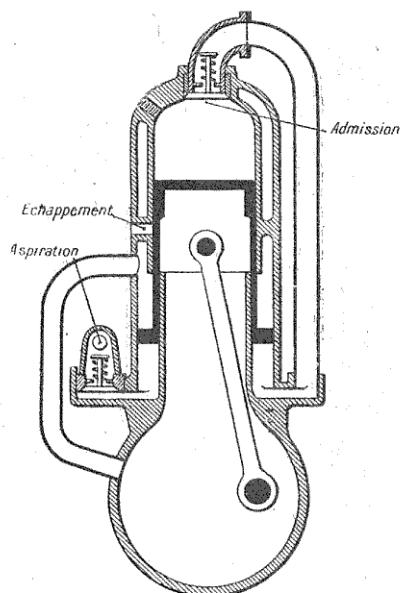


Fig. 23. — Moteur Dubois et Uzac.

cher au sommet du cylindre. Il est fermé par une sou-
pape. L'échappement se produit à fond de course.

Dans le moteur Legros (brevet n° 404 821 du 7 juillet 1909), la chambre de compression affecte une forme analogue, mais la distribution est assurée par un tiroir rotatif. Nous insisterons particulièrement sur ce mo-
teur dont la mise au point est actuellement parfaite.

Dans ce moteur, les cylindres ont un fonctionnement indépendant.

Chaque cylindre comporte des ouvertures A pour l'admission du mélange gazeux et des ouvertures E

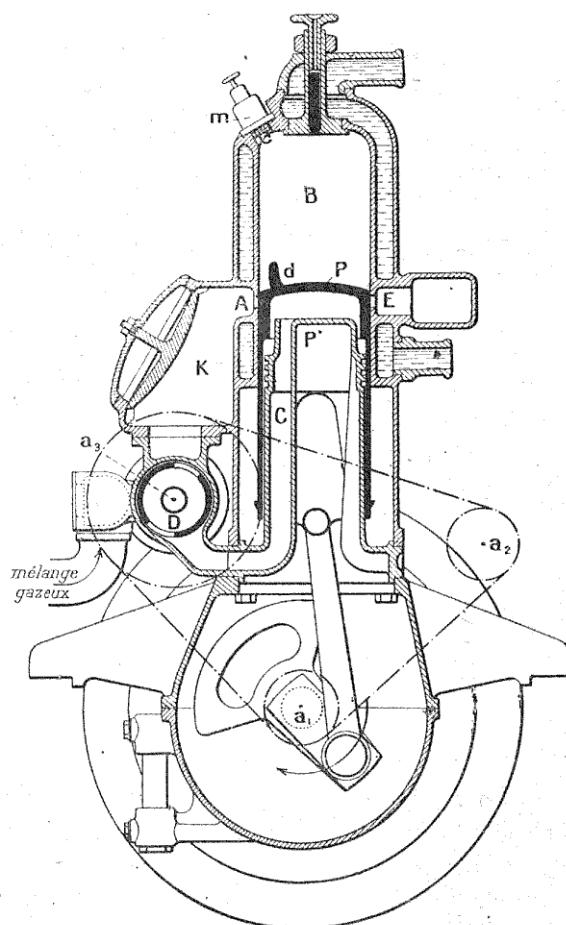


Fig. 24. — Coupe du moteur Legros.

pour l'échappement des gaz brûlés (*fig. 24*). Un piston mobile P, tout en se déplaçant dans le cylindre comme

un piston ordinaire, se déplace aussi relativement à un piston fixe P', placé de telle façon qu'il empêche toute communication entre le carter et la chambre de compression comprise entre lui et le piston mobile.

Dans le piston fixe est ménagé un canal C, qui relie la chambre de compression à une valve rotative de distribution D, calée sur l'arbre a_3 tournant à demi-vitesse de l'arbre principal a_1 . Cette valve permet d'établir une communication soit entre le canal d'aspiration venant du carburateur et le canal C du piston fixe, soit entre la chambre K et le même canal.

Les arbres a_1 , a_2 et a_3 (ce dernier commandant la magnéto) sont munis de pignons dentés et réunis par une chaîne sans fin.

Examinons maintenant le fonctionnement de ce moteur :

Supposons le piston P descendant dans le cylindre, arrivé vers le bas de sa course ; il découvre d'abord l'orifice E et les gaz brûlés s'échappent, puis l'orifice A est découvert.

Supposons que la chambre comprise entre le piston fixe et la paroi intérieure du piston mobile soit remplie de mélange gazeux ainsi que le canal C, ce mélange est comprimé pendant la période descendante du piston. La valve rotative ouvrant, à ce moment, un passage entre cette chambre et la chambre K, le mélange carburé pénètre dans cette dernière. Lorsque le piston, terminant sa course descendante, découvre l'orifice A, le mélange pénètre dans la chambre B. Le jet est dévié par le déflecteur d et le mouvement qui lui est donné contribue à chasser les gaz brûlés restant dans le cylindre, par l'orifice E encore ouvert.

Pendant que le piston remonte, la valve D met en communication le canal C et le carburateur et, sous

l'influence de la dépression créée par le mouvement du piston, le mélange gazeux est introduit dans la chambre comprise entre les deux pistons.

Résultats d'essais. — Au concours des moteurs à deux temps, dont les épreuves eurent lieu au Laboratoire d'essais de l'Automobile-Club de France, le moteur Legros a donné les résultats consignés dans le tableau ci-après :

MOTEUR LEGROS (2 cyl. 100 × 120).

Essais effectués au Laboratoire de l'Automobile-Club de France.

ESSAI	VITESSE ANGULAIRE moyenne en t : m.	PUISANCE moyenne en chevaux.	CONSOMMATION totale en essence, en kg. par heure.	CONSOMMATION spécifique en essence, en kg. par cheval-heure.	OBSERVATIONS
A pleine charge.	967,5	42,5	6,433	0,500	<i>Durée de l'essai.</i> 6 heures.
A demi-charge .	921,25	5,40	4,100	0,750	3 —
A vide.	920	»	3,900	»	3 —

Des essais, effectués depuis cette époque, d'une part sur un moteur à quatre cylindres de 90 millimètres d'alésage et 120 millimètres de course et, d'autre part, sur un moteur à deux cylindres de 100 millimètres d'alésage et 120 millimètres de course, ont permis de tracer les courbes reproduites ci-après (*fig. 25*). Les

courbes montrent que la puissance de tels moteurs est sensiblement constante pour des vitesses angulaires

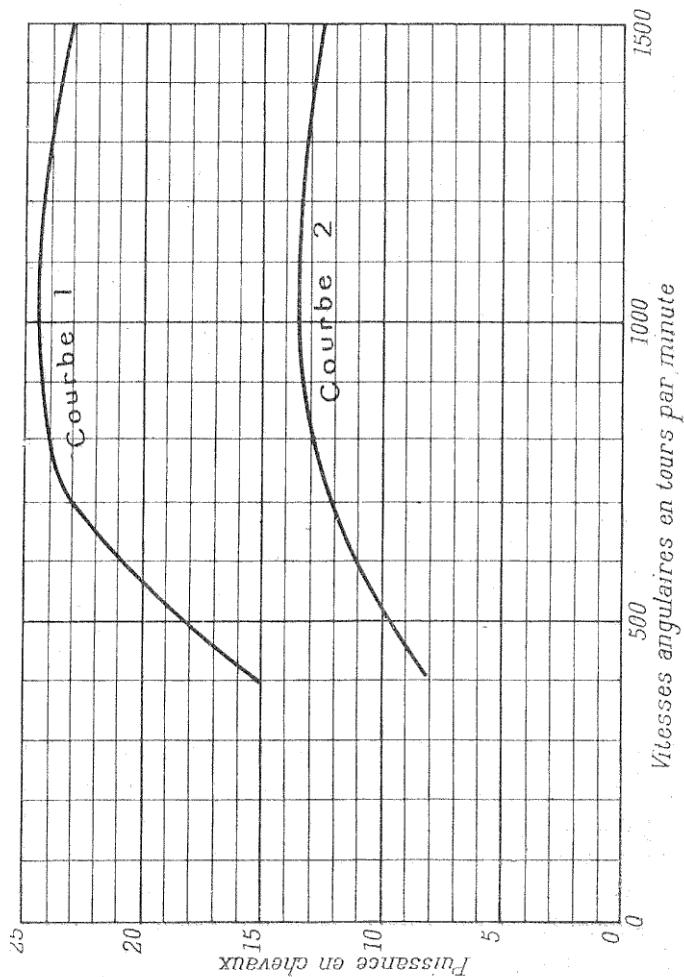


Fig. 25. — Essais du moteur Legros.
Courbe 1 : Moteur 4 cylindres 90 × 120. — Courbe 2 : Moteur 2 cylindres 100 × 120.

comprises entre 800 et 1.500 tours par minute, ce qui constitue une très précieuse qualité.

Parmi les moteurs de cette catégorie qui ont été réalisés et dont la mise au point a été étudiée, nous trouvons encore le moteur Peugeot, Tony-Huber (brevet n° 367356 du 22 juin 1906).

Ce moteur ne comporte qu'un cylindre vertical (*fig. 26*). Dans ce cylindre sont ménagées deux séries de deux ouvertures F pour l'admission du gaz frais et une ouverture E pour l'échappement des gaz brûlés. Le piston d'aluminium, dont la partie supérieure est munie d'un déflecteur *d*, est percé de deux séries de fenêtres F, par lesquelles le mélange gazeux pénètre dans la chambre de compression C. Cette chambre est fermée, à sa partie inférieure, par une glissière G qui l'isole du carter. Cette glissière est animée d'un mouvement de va-et-vient, dans un plan horizontal, résultant de l'oscillation de la bielle. Un joint rotulaire J assure la liaison de la bielle et de la glissière.

A l'intérieur de la chambre de compression est une masse *m* fixe, dont le rôle est de diminuer le volume de cette chambre et d'augmenter, par conséquent, la valeur de la compression.

En S est une soupape automatique permettant l'admission des gaz frais dans les canaux A₁ et A₂.

Fonctionnement. — Supposons le piston en haut de sa course au moment où l'explosion vient de se produire. Les canaux A₁ et A₂ sont en communication avec la chambre C ; en effet, d'une part, la série inférieure des fenêtres F établit la communication entre le canal A₁ et la chambre C ; d'autre part, le piston ayant complètement découvert l'ouverture du canal A₂, la chambre C est encore en communication avec ce canal.

La chambre C, ainsi que les canaux A₁ et A₂, sont remplis de mélange gazeux.

Le piston, en descendant, comprime ce mélange aussi bien dans la chambre C que dans les canaux, car la communication entre cette chambre et ces canaux ne cesse d'être établie pendant la période de descente.

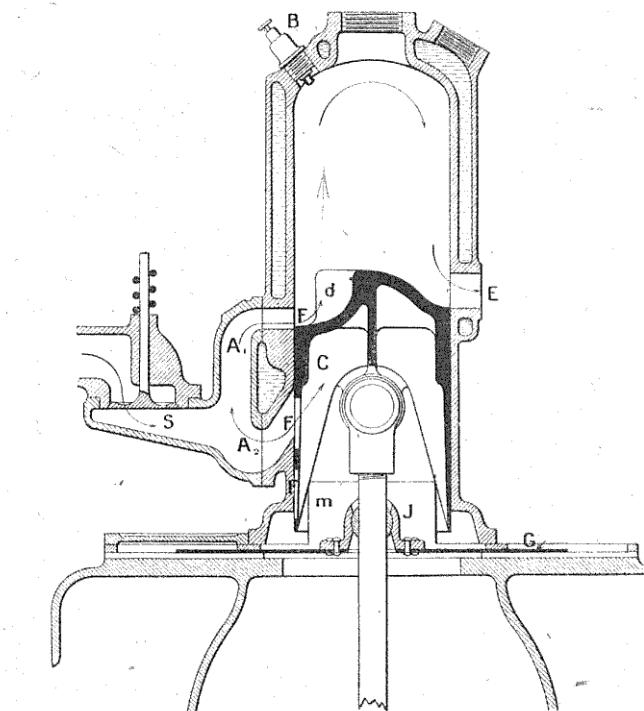


Fig. 26. — Schéma du moteur Peugeot, Tony-Huber.

A fond de course, l'orifice E est ouvert et les gaz brûlés s'échappent, tandis que les gaz frais sont introduits au-dessus du piston, par A₁, à la faveur de la pression qu'ils possèdent. Le déflecteur les dirige vers la culasse et ils contribuent à l'expulsion des gaz brûlés. En remontant, le piston ferme les ouvertures A₁ et E et

comprime la cylindrée qui va être allumée par la bougie B.

On peut remarquer que la chambre C est toujours en communication avec les canaux A₁ et A₂, de telle sorte que la soupape S, soumise à un effet progressif, ne vibre pas sur son siège.

MOTEUR PEUGEOT, TONY-HUBER (1 cyl. de 140 × 140).

Essais effectués au Laboratoire de l'Automobile-Club de France.

SPÉCIFICATION de l'Essai.	VITESSE ANGULAIRE moyenne en t. m.	PUISSSANCE moyenne en chevaux.	CONSOMMATION totale en essence, en kg.	CONSOMMATION spécifique en essence, en kg. par cheval-heure.	OBSERVATIONS ¹
A pleine charge.	1401,4	12,86	5,116 en 1 heure.	0,397	Durée de l'essai. 6 heures.
A demi-charge .	1427,6	6,40	4,430 en 1 heure.	0,690	3 —
A vide.	900	"	2,960 en 1 heure.	"	3 —

1. Poids du moteur en état de fonctionnement : 74kg,3, soit 5kg,77 par cheval.

Dans le même ordre d'idées est conçu le moteur Triphasé. L'inventeur s'est attaché à éviter la première phase de compression du mélange gazeux.

Le moteur « Triphasé » comporte trois cylindres dont les pistons sont reliés à des manivelles calées à 120° l'une de l'autre (*fig. 27*). La tubulure de refoulement

du mélange gazeux d'un cylindre est reliée à la tubulure d'admission du cylindre suivant dans l'ordre de succession des explosions. Par exemple, les explosions

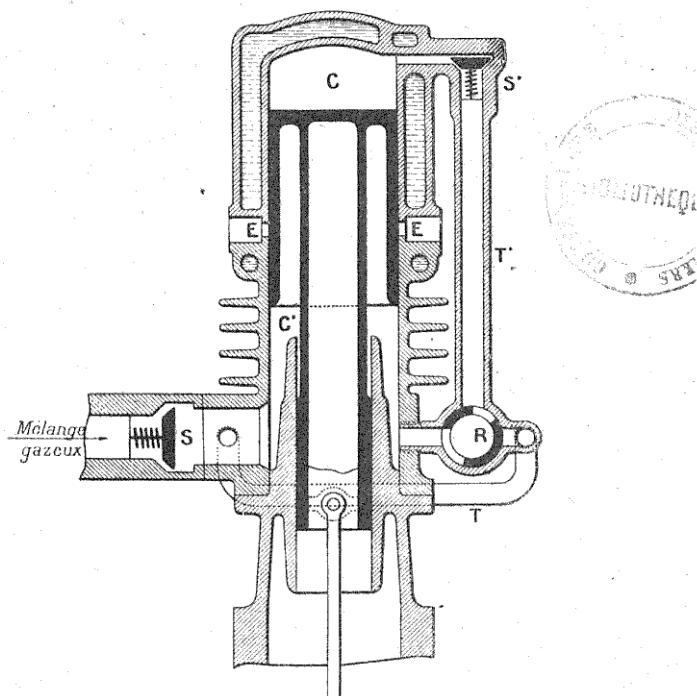


Fig. 27. — Schéma du moteur « Triphasé ».

ayant lieu dans l'ordre 1, 2, 3, le cylindre 1 alimente le cylindre 3, le 2 alimente le 1 et le 3 alimente le 2.

Voyons comment cette alimentation est réalisée. Dans chaque cylindre se meut un piston à double diamètre. La partie supérieure se déplace dans le cylindre moteur, la partie inférieure dans un fourreau. Deux chambres sont ainsi ménagées, l'une C est la chambre

d'explosion, l'autre C' est une chambre dans laquelle le mélange est préalablement aspiré à travers la soupape automatique S. La tubulure de refoulement T débouche dans le boisseau d'un robinet R à trois voies. Dans le même boisseau viennent déboucher un tube le reliant à la chambre C' et un tube T' allant s'ouvrir dans la chambre d'explosion (ce tube est [muni d'une soupape automatique S']).

On voit donc que l'admission des gaz dans la chambre d'explosion dépend de la position du robinet R.

Les trois chambres C' communiquent ensemble et aboutissent à un seul conduit à soupape unique, relié au carburateur.

Voici maintenant comment fonctionne ce moteur : Lorsque le piston découvre les orifices E d'échappement, le refoulement est déjà commencé dans le cylindre qui l'alimente, la pression est faible et suffit tout juste, à la faveur de la dépression résultant de l'échappement, à parfaire le balayage des gaz brûlés. Lorsque les orifices E sont recouverts par le piston, au cours de l'ascension de ce dernier, la compression du mélange se continue simultanément dans les deux cylindres communiquant et, lorsque l'un des pistons est arrivé à fond de course, il a refoulé la totalité du mélange dans l'autre. A ce moment, la soupape d'admission se ferme et la compression finale se complète dans la culasse. Il n'y a donc pas de travail perdu : l'introduction du mélange gazeux est obtenue non par la détente d'un mélange préalablement comprimé, mais d'une façon continue et sous pression constante.

Le moteur anglais Hooper est basé sur un principe analogue mais il possède, comme le moteur Peugeot-Tony-Huber, une séparation à glissière qui isole du carter la partie du cylindre comprise au-dessous du

piston, partie dans laquelle a lieu l'aspiration du mélange et la production de la pression nécessaire au transvasement.

Dans cette catégorie se trouve également le moteur Kœchlin que nous décrivons dans le paragraphe consacré aux dispositifs de distribution.

b. — MOTEURS DANS LESQUELS LE MÉLANGE GAZEUX EST ASPIRÉ
DANS LE CARTER PAR LE PISTON MOTEUR

L'aspiration du mélange gazeux dans le carter offre plusieurs inconvénients :

1° Le mélange gazeux entraîne une certaine quantité d'huile de graissage dans la chambre d'explosion, ce qui peut avoir pour résultat d'encrasser les appareils d'allumage ;

2° Au bout d'un certain temps de fonctionnement, il se produit des fuites autour de l'arbre-manivelle, de sorte que les cylindrées sont de moins en moins bien remplies, ce qui correspond, d'ailleurs, à une augmentation de consommation en combustible ;

3° Si le moteur travaille dans une atmosphère poussiéreuse, les poussières pénètrent dans le carter, encrassent les organes enfermés dans ce dernier et peuvent contribuer à leur usure ;

4° Le mélange gazeux est comprimé dans une cavité de forme quelconque, les espaces nuisibles sont exagérés ; de plus, les gaz sont plus ou moins échauffés par la proximité de la chambre d'explosion : tout concourt donc à donner à cette pompe un mauvais rendement.

Hugo Güldner estime que, si l'on veut profiter convenablement des avantages du cycle à deux temps, il faut absolument comprimer le mélange gazeux au moyen

d'une pompe indépendante. La compression de ce mélange dans le carter est désavantageuse même dans le cas des moteurs de faible puissance et l'on ne peut

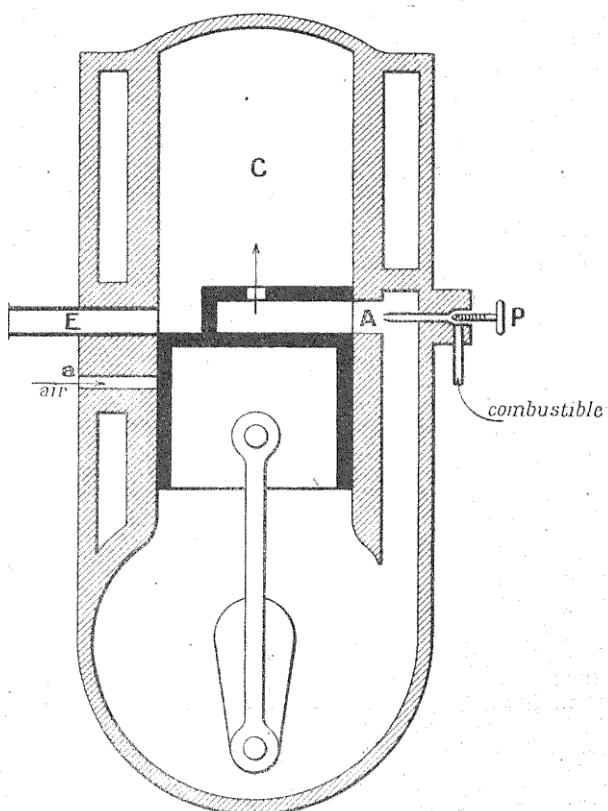


Fig. 28. — Schéma du moteur Söhnlein.

adopter cette solution que si, mettant de côté la question rendement, on ne vise que l'établissement d'un moteur léger et de construction économique.

L'utilisation du carter pour la compression de l'air

entrant dans la formation du mélange gazeux a été brevetée pour la première fois en 1895 par Söhnlein.

Dans ce moteur (brevet suisse, n° 4395), le piston, en remontant, crée une certaine dépression dans le carter (*fig. 28*). Au moment où le piston découvre le conduit *a*, de l'air pur pénètre dans le carter. Lorsque le piston descend, il comprime cet air et, au moment où il occupe la position indiquée sur la figure, cet air, en pénétrant dans la chambre C, entraîne une certaine quantité de combustible, dont le débit est réglé par le pointeau *p*. Le mélange gazeux, pénétrant dans la chambre C par l'orifice ménagé dans le double fond du piston, chasse les gaz brûlés qui se trouvent dans cette chambre jusqu'au moment où le piston, remontant pour compacter la charge, ferme l'orifice d'échappement E.

Ce moteur n'a pas été réalisé. Il est facile de prévoir que le balayage des gaz brûlés aurait été très incomplet, étant donnée la disposition de l'orifice d'admission par rapport à celui d'échappement.

Ce premier moteur présente en outre un des inconvénients signalés plus haut : l'espace nuisible de la pompe de compression est exagéré, de sorte que cette pompe travaille dans de mauvaises conditions. Un certain nombre d'inventeurs ont tenté d'obvier à cet inconvénient.

Dans le moteur Gérard (brevet n° 372 982 du 4 décembre 1906), le volant V tourne dans le carter ; il entraîne un disque *a* percé d'une ouverture qui vient, au moment voulu, se placer devant la tuyauterie d'admission A (*fig. 29*). Le volant possède une échancrure J qui permet aux gaz frais un libre acheminement vers le canal d'alimentation A₁. Le piston possède une échancrure supérieure lui permettant de découvrir l'orifice

supérieur du canal A_1 ; il est muni d'un déflecteur a et sa base est percée d'une ouverture pouvant venir se mettre en regard de l'orifice inférieur du canal A_1 .

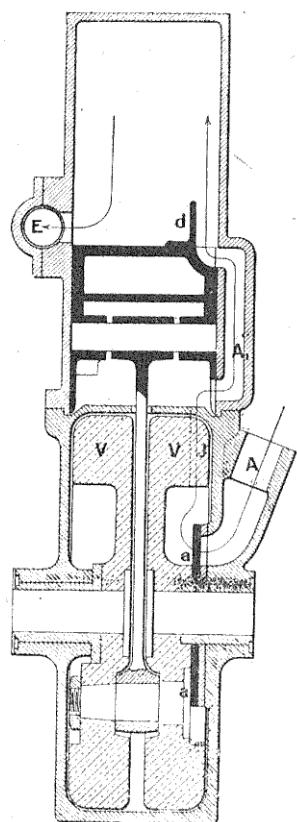


Fig. 29.— Schéma du moteur Gérard.

Un dispositif de distribution d'admission du même genre se retrouve dans le brevet Bouvret (n° 391 643 du 25 juin 1908) : un disque distributeur règle l'admission, tandis qu'un second disque, frottant contre la joue opposée du carter, empêche les fuites de gaz pendant la compression.

Le moteur Chase (*fig. 30*), dans lequel la compression est effectuée dans le carter, présente un dispositif spécial de transvasement des gaz du carter dans le cylindre. Ces gaz passent à travers une large ouverture ménagée dans la paroi du cylindre; ils contribuent ainsi au refroidissement du piston. Un modèle de ce moteur à

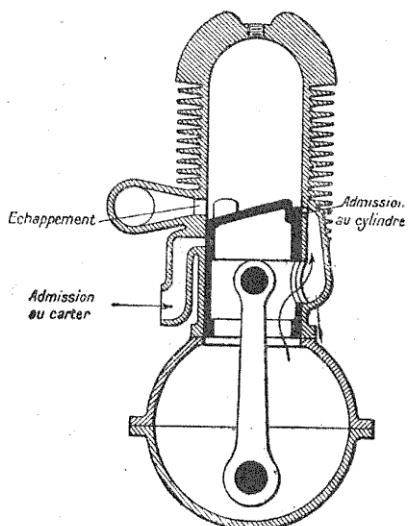


Fig. 30. — Moteur Chase.

trois cylindres 95×120 a été étudié pour les camions légers. Il développe 45 chevaux à la vitesse angulaire de 1.000 tours par minute.

Le moteur rotatif Farcot destiné à l'aviation (brevet n° 425961 du 11 février 1911) est composé de deux cylindres opposés, légèrement désaxés l'un par rapport à l'autre. Les embases de ces cylindres sont élargies et forment un carter de faible capacité. Le mélange gazeux est aspiré dans le carter à travers l'arbre creux A (*fig. 31*).

La compression est effectuée dans le carter par les

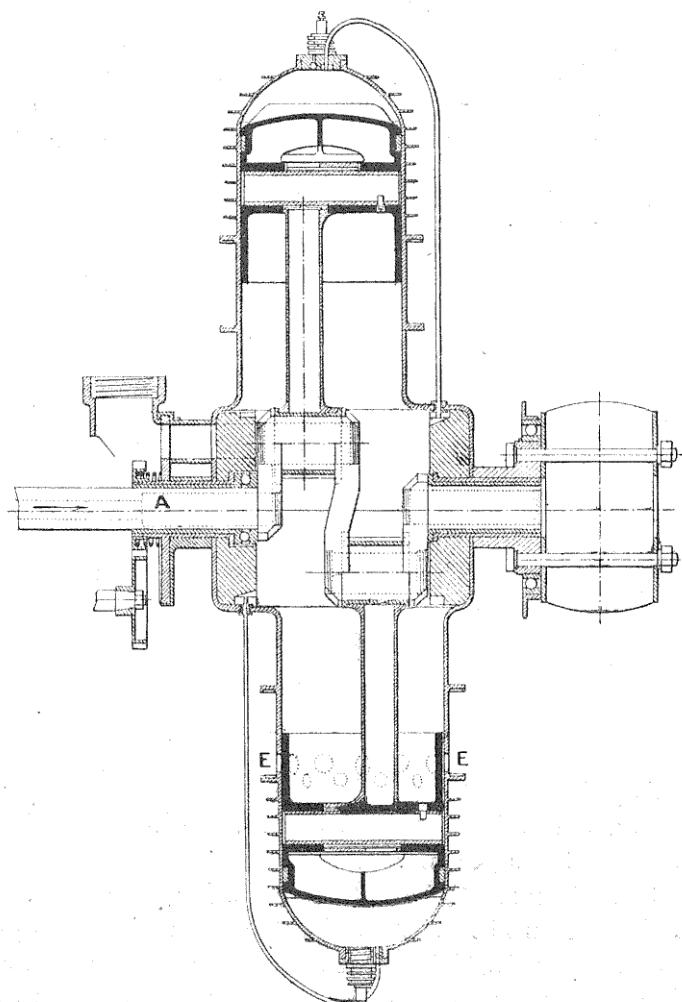


Fig. 31. — Coupe du moteur Farcot.

deux pistons qui se rapprochent simultanément. Le

mélange gazeux passe dans les chambres d'explosions à travers les pistons et les deux explosions se produisent au même instant dans les deux cylindres. L'échappement des gaz brûlés se produit par les ouvertures ménagées dans la partie inférieure des pistons, lorsque ces ouvertures viennent se placer, à fond de course, en regard des lumières E ménagées dans les parois des cylindres. Ces ouvertures sont indiquées, sur la figure, pour le cylindre inférieur.

Le refroidissement de ce moteur est assuré par l'air ; à cet effet, les cylindres sont munis d'ailettes.

Hugo Güldner a construit, en 1894, un moteur dans lequel il avait donné au carter des dimensions réduites permettant tout juste le passage de la bielle et de la manivelle.

¶ **M. Bidard** (brevet n° 340964 du 4 mars 1904) prévoit également une réduction aussi grande que possible des espaces nuisibles du carter. Il dispose, tout d'abord, à l'intérieur de la partie creuse du piston, une masse d'aluminium qui en réduit le volume intérieur. D'autre part, il attaque l'arbre moteur par une bielle s'articulant, non sur une manivelle, mais sur deux plateaux manivelles percés de trous cylindriques, qui ont été ultérieurement bouchés : ceux qui sont au voisinage de l'axe de l'articulation de la tête de bielle sont remplis par de l'aluminium, tandis que ceux qui ont été ménagés sur la partie opposée sont bouchés par du plomb.

Le même souci de la diminution des espaces nuisibles se retrouve également dans les brevets **Lefèvre** (brevet n° 322897 du 9 juillet 1902) et de la Société **Grégoire** (brevet n° 340976 du 5 mars 1904).

Ces différents dispositifs permettent bien de réduire les espaces nuisibles de la pompe, mais ils leur con-

servent généralement des formes telles que les frottements et les chocs des gaz sur les parois absorbent une

quantité de travail qui n'est pas négligeable, ce qui influe d'une façon déplorable sur le rendement de la pompe.

Un moteur mérite cependant d'être signalé en raison de la forme prévue pour son carter : c'est le moteur breveté par la Société générale de Bonnetierie et M. Lœw (brevet n° 352 650 du 27 mars 1905). Il comporte un piston de forme spéciale ; le corps cylindrique creux du piston ordinaire P est surmonté d'une tige creuse P', formant elle-même piston, percée de plusieurs ouvertures O dans sa partie supérieure, afin de pouvoir mettre en communication, au moment opportun, le tube d'aspi-

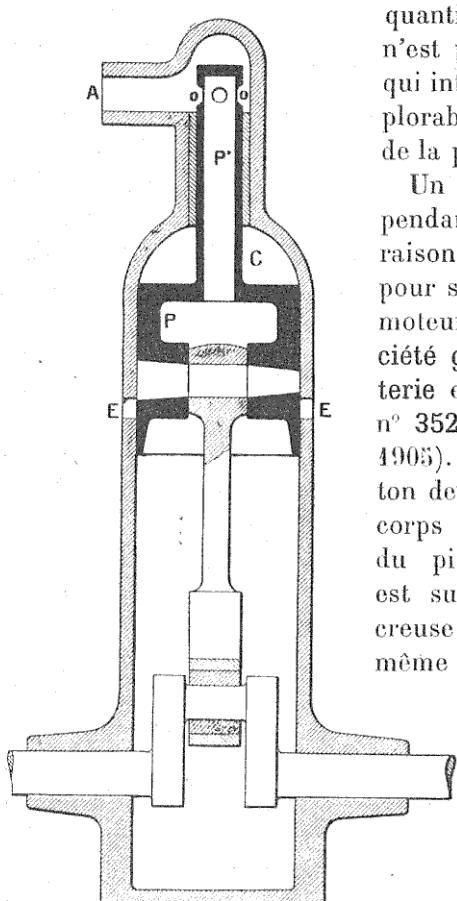


Fig. 32. — Schéma du moteur Lœw.

ration A et le carter (*fig. 32*). Voici comment fonctionne ce moteur : supposons le piston au bout de sa course, lorsqu'il s'élève il crée une dépression dans

le carter. Au moment où les ouvertures O sont découvertes, le mélange carburé est aspiré par A et se précipite dans le carter. Lorsque le piston P redescend, il comprime sous lui le mélange gazeux, ce dernier passe au-dessus de P lorsque les orifices O de la tige P' débouchent dans la chambre de compression C. Le piston P remontant, comprime les gaz frais jusqu'au moment de l'explosion. L'échappement des gaz brûlés se fait par les orifices E lorsque le piston les découvre. Ces gaz brûlés sont ensuite balayés par les gaz frais pénétrant à la partie supérieure de la chambre C.

M. Altham a proposé une solution toute différente qui semble préférable. Cet inventeur estime que, dans les moteurs à deux temps ordinaires, dans lesquels les gaz frais sont aspirés dans le carter, il est difficile d'opérer sur un volume de gaz assez grand à chaque coup de piston pour obtenir un bon mélange. Il propose, en conséquence, d'aspirer dans le carter un volume de mélange bien supérieur à celui d'une cylindrée ; mais, pour ne pas augmenter outre mesure les espaces nuisibles du carter, il donne à ce carter un volume variable, en prévoyant un dispositif qui augmente cette capacité lorsque le piston est à l'extrémité de sa course et lorsque les lumières d'admission au carter sont ouvertes. De cette façon, un plus grand volume de mélange est aspiré dans le carter. À la fin de la course motrice, ce dispositif produit une diminution du volume du carter, ce qui facilite beaucoup le passage de la charge dans le cylindre, tout en évitant de soumettre cette dernière à une pression considérable.

Ce dispositif est le suivant (brevet n° 386 483 du 23 janvier 1908) : sur la partie latérale du carter est adapté un second cylindre (*fig. 33*). Les pistons P et P' sont reliés, par leurs tiges, à la même manivelle M calée

sur l'arbre moteur, de sorte que leurs mouvements sont conjugués. La partie extrême du cylindre compensateur est munie d'un tube B lorsque le moteur comporte deux cylindres moteurs; ce tube met alors la culasse du cylindre compensateur en communication

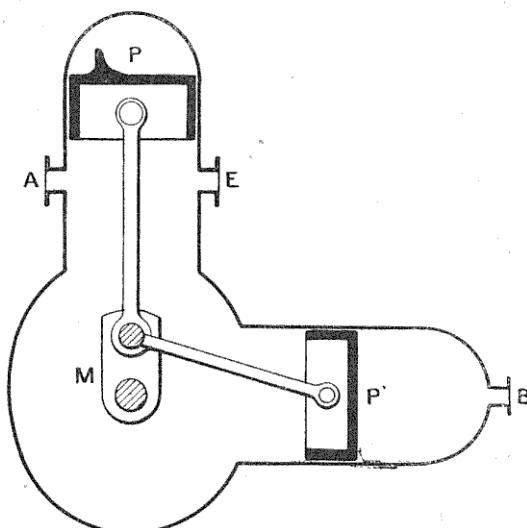


Fig. 33. — Schéma du moteur Altham.

avec le carter de l'autre cylindre moteur, de sorte que le piston P devient à double effet, et qu'un seul cylindre compensateur suffit pour deux cylindres moteurs.

Un grand nombre de brevets comportent l'aspiration du mélange et sa compression dans le carter. Dans presque tous, la distribution est effectuée par un tube latéral mettant en relation le carter et la chambre de travail, la lumière d'admission étant découverte au moment voulu par le piston moteur.

Dans d'autres, cette lumière est au fond de la cuisse ; une soupape commandée en permet l'ouverture. Nous signalerons simplement, à titre d'exemples, les moteurs **Lemaire** (brevet n° 321 932 du 18 juin 1902), **Hardt** (brevet n° 327 276 du 11 novembre 1902), **Busson** (brevet n° 338 894 du 27 juin 1904), **Senemaud** (brevet n° 348 288 du 3 février 1904), **Chouard et Clerc** (brevet n° 363 518 du 21 février 1906), **Violet et Hénon** (brevet n° 408 243 du 25 octobre 1909).

Examinons enfin le moteur **Lister**, dans lequel c'est l'air pur qui est comprimé dans le carter. Cet air sert au balayage des gaz brûlés et à la formation du mélange gazeux.

Le moteur Lister est composé de deux cylindres égaux placés côté à côté, dans lesquels peuvent se déplacer deux pistons identiques (*fig. 34*). Les deux bielles s'articulent en *a* et *a'* sur une manivelle oscillante reliée en *a''* à la manivelle qui est calée sur l'arbre moteur (cette dernière n'est pas indiquée sur la figure). L'oscillation de la première manivelle est produite par la bielle *b* articulée en *a'''*, et en un point de la manivelle oscillante plus rapproché de *a* que de *a'*. Ce système de bielles et de manivelles a pour but, lorsque l'explosion se produit dans la chambre d'explosion *C*, de faire descendre le piston *P* plus rapidement que le piston *P'*. De cette façon, le piston *P* découvre la lumière d'échappement *E*, par laquelle sont évacués les gaz brûlés contenus dans la chambre d'explosion double. Lorsque le piston *P'* découvre la lumière *A*, l'air comprimé par les pistons dans le carter est admis dans la chambre *C* et balaye les gaz brûlés qu'elle renferme encore. Ensuite a lieu la compression de l'air pur dans la chambre *C* par les deux pistons.

Le combustible est injecté, à la fin de la compression, au moyen d'une petite pompe spéciale, non représentée sur la figure.

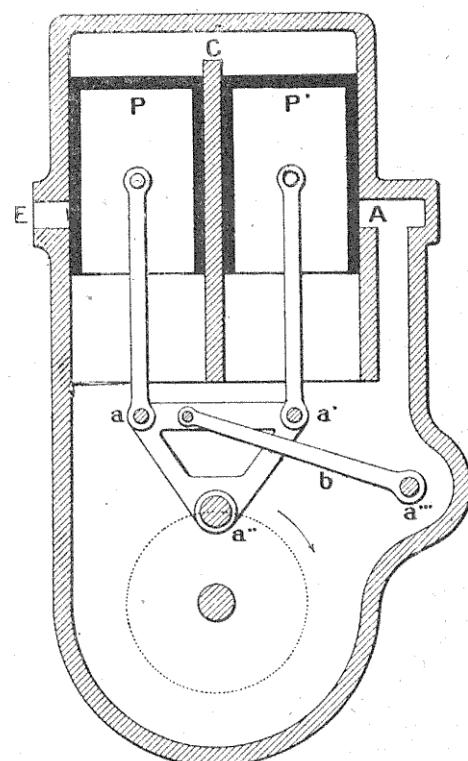


Fig. 34. — Schéma du moteur Lister.

Dans cette catégorie se trouve également le moteur d'aviation de la Société anonyme « Messpa » (Moteur équilibré sans soupapes pour aviation). Il est composé (fig. 35) de deux cylindres, comprenant chacun deux pistons dont les bielles agissent, deux par deux, sur un

vilebrequin. Sur chacun des axes moteurs est montée une hélice.

Lorsque les pistons sont en haut de leur course, les gaz

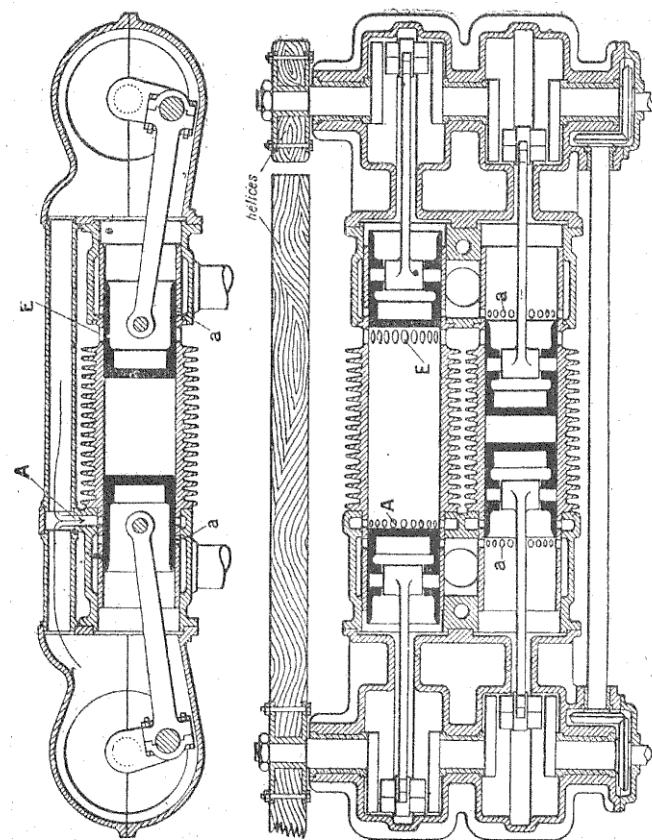


Fig. 35. — Coupes du moteur de la Société anonyme « Messpa ».

frais sont aspirés dans les carters par les orifices *a*; ils y sont comprimés légèrement lorsque les pistons sont chassés par l'explosion, puis transvasés dans la chambre d'explosion quand les orifices *A* se trouvent découverts;

ils chassent alors les gaz brûlés qui s'échappent, à fond de course, par les orifices E.

Le refroidissement doit être assuré par le courant d'air produit par les hélices; la partie médiane des cylindres est, à cet effet, munie d'aillettes.

c. — MOTEURS DANS LESQUELS LE MÉLANGE GAZEUX EST ASPIRÉ DIRECTEMENT PAR LE PISTON MOTEUR DANS LE CYLINDRE MOTEUR.

Nous ne trouverons que peu de moteurs dans cette catégorie. Voici d'abord le moteur Anzani (brevet n° 422 150 du 12 octobre 1910).

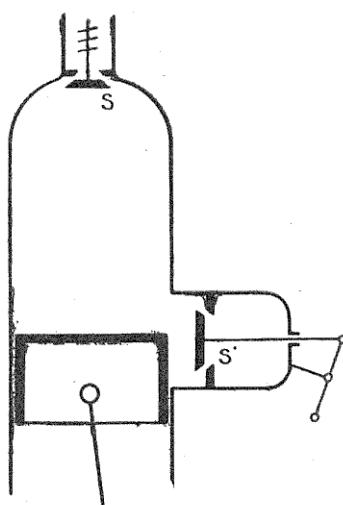


Fig. 36. — Schéma du moteur Anzani.

Ce moteur comporte deux cylindres opposés qui renferment chacun un piston dont les bielles attaquent le même vilebrequin. L'un des cylindres est représenté sur la figure 36. La soupape d'échappement S, automatique, est placée au fond de la culasse; la soupape d'aspiration S', commandée, se trouve sur le côté du cylindre à une distance du sommet plus grande que la moitié de la course.

Voici comment fonctionne ce moteur :

Le piston étant lancé par l'explosion, la soupape d'échappement S s'ouvre en grand, quand la moitié de la course est parcourue; les gaz brûlés se détendent

brusquement et créent une légère dépression dans le cylindre. A ce moment, la soupape S se referme. Lorsque le piston est arrivé à fond de course, il a diminué encore la pression du gaz contenu dans le cylindre, la soupape d'aspiration S' commandée s'ouvre et le remplissage s'effectue.

Le transvasement des gaz frais se trouve ainsi évité : tel semble avoir été le but de l'inventeur.

Ce transvasement n'a pas été évité dans le moteur Chérix (breveté en Suisse), où la compression s'effectue dans le piston moteur par un procédé assez curieux.

Le piston, de grande hauteur, commande, comme d'habitude, l'arbre principal par l'intermédiaire d'une bielle articulée autour de l'axe C. Dans le piston est placé un fourreau F pourvu, à sa base, d'oreilles O, entre lesquelles s'engage un doigt D solidaire de la tête de bielle. Ce doigt produit l'entraînement du piston, lorsque celui-ci monte ou descend, et produit, en même temps, pendant ce moment un déplacement du fourreau par rapport au piston. Dans l'intérieur du fourreau est placé le fond fixe H, relié au bâti du moteur par les tiges T. Dans ce bâti est ménagé un canal *a* d'aspiration du mélange gazeux, qui aboutit à une lumière *a₁*, ménagée dans la paroi du cylindre ; cette lumière permet une communication constante entre le canal *a* et le canal *b*, ménagé dans la face cylindrique extérieure du piston, et qui aboutit à une lumière A ménagée dans la paroi du piston. Celle-ci est obturée pendant une partie de la course du piston par le fourreau dans lequel est ménagée une ouverture *g* pouvant venir se placer devant A. Dans le fourreau est ménagée une seconde ouverture *g₁* qui, lorsque le piston arrive à fond de course, vient se placer entre la lumière *h* percée dans le fond fixe et une autre lumière ménagée dans la

paroi du cylindre. Celle-ci est reliée par un canal (non figuré) à la lumière d'admission du mélange dans le

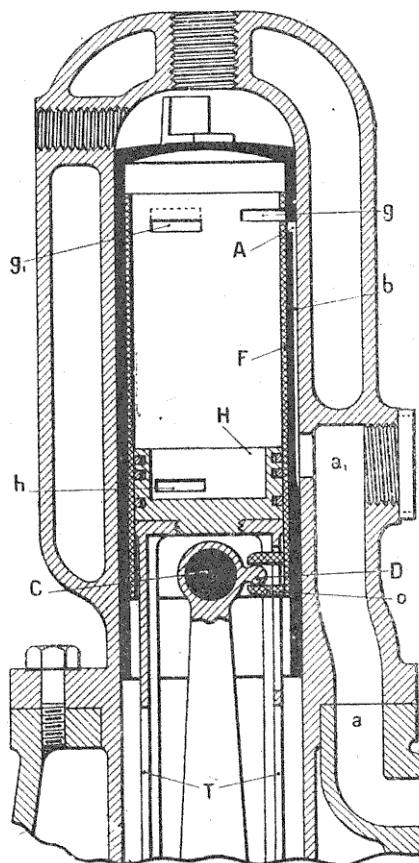


Fig. 37. — Moteur Chérix.

cylindre. Cette dernière, non figurée, se trouve à fond de course juste en face de la lumière d'échappement. Le déflecteur se trouve entre ces deux lumières.

Sans qu'il soit besoin de décrire point par point ce fonctionnement, on se rend compte facilement que la compression du mélange gazeux est effectuée dans l'espace compris entre le fond fixe, le fourreau et la face inférieure de la tête du piston. Le mélange comprimé est ensuite transvasé dans la chambre d'explosion en suivant le canal ménagé dans la paroi du piston.

La question du laminage des gaz, qui a cependant une certaine importance, ne semble pas avoir beaucoup inquiété l'inventeur de ce moteur.

Voici enfin un moteur dans lequel la simplification a été particulièrement recherchée. C'est le moteur Noël. Il se compose uniquement (*fig. 38*) d'un cylindre à fond rentrant et d'un piston présentant sa partie creuse vers le fond du cylindre. Lorsque le piston remonte, il coiffe le fond du cylindre en laissant à fond de course un certain espace. Les ouvertures d'échappement, ménagées dans les parois du cylindre et du piston, sont placées de telle façon qu'elles se trouvent en regard les unes des autres avant que le piston soit à fond de course.

Le fonctionnement comprend sept phases :

Premier temps : 1^{re} phase. — Le mélange étant comprimé et allumé, explose, le piston s'abaisse, la détente commence.

2^e phase. — Échappement au moment où les orifices

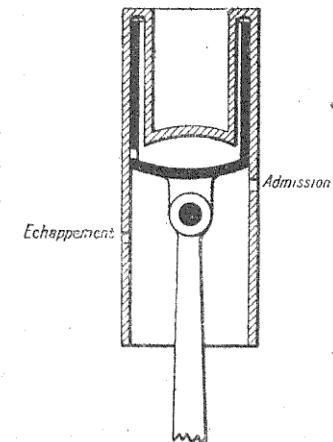


Fig. 38. — Schéma du moteur Noël.

d'échappement du cylindre et du piston se trouvent en regard les uns des autres. La section des orifices est largement calculée. L'échappement se produit vers le milieu de la course du piston, au moment où la vitesse linéaire de ce dernier est à son maximum.

3^e phase. — Le piston, continuant sa course et les ouvertures d'échappement se trouvant fermées, provoque une dépression dans le cylindre jusqu'au moment où les orifices d'admission se trouvent découverts, c'est-à-dire un peu avant le point mort inférieur.

4^e phase. — L'admission se fait par des orifices largement calculés.

Deuxième temps : *5^e phase.* — Dès que les orifices d'admission se trouvent recouverts par le piston qui remonte, la cylindrée commence à subir une première compression. Cette cylindrée renferme une certaine quantité de gaz brûlés, et l'inventeur suppose que ces derniers sont concentrés à la partie inférieure du piston.

6^e phase. — Le piston, en remontant, découvre une nouvelle série d'orifices permettant un échappement complémentaire.

7^e phase. — Compression définitive.

Nous avons vu fonctionner un mono-moteur cylindrique de ce type, mais, malheureusement, nous n'avons pas eu l'occasion d'effectuer des mesures de puissance et de consommation. Il est à noter qu'aucun des points de refroidissement n'a été prévu.

B. — ÉVACUATION DES GAZ BRULÉS.

La question de l'évacuation plus ou moins complète des gaz brûlés est particulièrement importante dans le cas du moteur à deux temps. Dans ce type de moteur,

l'expulsion des gaz brûlés est le plus souvent complétée, après détente de ceux-ci, par l'admission des gaz frais de la cylindrée suivante.

C'est dans le but de produire une expulsion aussi complète que possible des gaz brûlés, tout en ne perdant pas de gaz frais, qu'un grand nombre d'inventeurs ont étudié des dispositifs plus ou moins compliqués. Ces dispositifs seront examinés plus loin; dans ce paragraphe nous ne traiterons que la partie théorique de la question.

La présence, dans le cylindre d'un moteur, d'une certaine quantité de gaz brûlés d'une explosion, au moment de l'explosion suivante, a été le point de départ de nombreuses discussions. Certains prétendent qu'il faut absolument éviter la présence de gaz brûlés dans une cylindrée, au moment de l'explosion; tandis que d'autres cherchent à maintenir une certaine dose de ces gaz dans le cylindre, dans le but de donner au moteur des qualités spéciales.

Voyons d'abord les causes de l'évacuation incomplète des gaz brûlés. Ces causes peuvent être ramenées à deux :

1^o L'insuffisance de l'orifice d'échappement; dans ce cas, on oppose une résistance à l'écoulement des gaz brûlés et l'on comprend facilement qu'une certaine partie de ces gaz puisse rester dans le cylindre;

2^o Une fermeture trop prématuée de l'orifice d'échappement.

On voit d'après cet exposé qu'il serait facile d'obtenir une évacuation complète des gaz brûlés en ménageant à ces gaz une ouverture suffisante, eu égard à la vitesse linéaire du piston. Ce dernier donne à la masse gazeuse une énergie cinétique qui peut lui permettre d'être chassée complètement au dehors; la fermeture de l'ori-

fice d'échappement devra donc être opérée au moment précis où la vitesse d'écoulement des gaz passe par zéro.

L'énergie cinétique donnée à la masse gazeuse a pour effet la production d'une dépression à l'intérieur du cylindre et l'on voit que, si l'on parvenait à fermer l'orifice d'échappement au moment où cette dépression est maximum, il ne resterait dans le cylindre qu'une très faible quantité de gaz brûlés.

Par ce simple raisonnement, on se rend compte qu'on pourrait arriver au résultat cherché sans avoir recours, soit à des pompes auxiliaires, soit à des chasses d'air, soit à des compressions dans des cylindres distincts.

En réalité, ceux qui étudient les moteurs à deux temps, ne cherchent généralement pas à produire une évacuation absolue des gaz brûlés ; ils se contentent de faire un balayage aussi complet que possible.

Voyons maintenant quel est le but de cette préoccupation. Il est évident que, pour obtenir une bonne utilisation dans un moteur à explosions, il convient d'introduire dans une cylindrée le plus de calories possible, sous forme d'un mélange de combustible et d'air, et de produire une combustion aussi complète que possible de ce mélange. Or, ces conditions sont d'autant mieux remplies qu'il y a moins de gaz inertes dans le cylindre (l'azote de l'air excepté, bien entendu), puisque, d'une part, ces derniers occupent une certaine place, et que, d'autre part (si l'on admet la théorie de la stratification), les couches de gaz inertes peuvent arrêter la propagation de l'onde explosive et provoquer ainsi des combustions incomplètes.

De plus, les gaz brûlés restant dans le cylindre sont à température élevée ; ils peuvent dilater les gaz frais et,

en conséquence, contribuer au moins bon remplissage de la cylindrée.

Leur présence en trop grande quantité peut, enfin, produire des allumages prématurés et, dans d'autres cas, être la cause de ratés d'allumage.

En résumé, si l'on veut obtenir, dans un moteur, la meilleure utilisation possible du combustible, ce combustible étant introduit sous forme d'un mélange gazeux de composition déterminée, il est nécessaire d'assurer l'homogénéité de ce mélange.

Certains constructeurs cherchent, au contraire, à maintenir dans le cylindre une certaine proportion de gaz brûlés, dans le but de donner au moteur un fonctionnement spécial, ainsi que nous allons le voir.

Lorsqu'un moteur est établi de façon à ne pas permettre l'évacuation complète des gaz brûlés, c'est-à-dire lorsque l'échappement n'a pas lieu à fond de course, il doit rester dans le cylindre, aux grandes vitesses angulaires, une proportion plus élevée de gaz brûlés par rapport à la cylindrée totale.

En effet, lorsque la masse gazeuse brûlée est lancée par le piston, l'énergie cinétique qui lui est communiquée a pour effet d'en comprimer une certaine partie dans l'espace mort, et l'on comprend que cette compression sera d'autant plus élevée que la vitesse linéaire du piston sera plus grande. Il en résulte donc qu'aux vitesses angulaires élevées, toutes choses égales d'ailleurs, l'utilisation du combustible doit être moins bonne. C'est ce qui explique, dans une certaine mesure, pourquoi les courbes caractéristiques des moteurs ainsi conçus sont plus plates que celles des moteurs dans lesquels on recherche une évacuation plus complète. Rappelons que cette forme de la courbe caractéristique ne constitue pas un inconvénient, puisque cela permet d'obtenir

d'un moteur une puissance pratiquement constante entre d'assez larges limites, résultat qui caractérise la souplesse de ce moteur.

Examinons maintenant comment les gaz frais se comportent lorsqu'ils se trouvent en présence des gaz brûlés au moment de l'ouverture de la lumière d'admission.

Vers la fin de la course du piston, l'orifice d'échappement est découvert et les gaz brûlés, possédant alors une pression très supérieure à la pression atmosphérique, sont en majeure partie évacués au moment de cette ouverture. Au même instant, les gaz frais de la charge suivante pénètrent sous pression dans le cylindre et chassent devant eux, vers l'échappement, les gaz brûlés qui possèdent, à ce moment, une pression voisine de la pression atmosphérique. Cette introduction est faite soit par la partie supérieure du cylindre, soit, le plus couramment, par une lumière, placée, comme la lumière d'échappement, à la base de la chambre de travail. Dans ce dernier cas, le sommet des pistons est muni d'une sorte de cuiller (déflecteur), qui a pour but de renvoyer les gaz frais vers le fond du cylindre ; ces derniers suivent alors la courbure de la culasse et se dirigent vers l'échappement, en chassant devant eux les gaz brûlés restant encore dans le cylindre.

Le plus généralement, on cherche la complète évacuation des gaz brûlés et le plus parfait remplissage possible de la cylindrée ; il importe donc que les gaz frais ne se mélangent pas aux gaz brûlés, qu'ils les poussent devant eux jusqu'à l'orifice d'échappement, ce dernier devant être fermé au moment précis où les dernières portions de gaz brûlés viennent de le franchir.

La première de ces conditions est fondamentale,

puisque, si les gaz frais se mélangeaient immédiatement aux gaz brûlés, on n'obtiendrait jamais un remplissage parfait. Les expériences d'Otto, de Teichmann, de Dewar ont démontré que la stratification des couches gazeuses est un phénomène courant dans les moteurs à gaz.

D'après Otto, en introduisant l'air, puis le gaz, on obtient une telle stratification de la charge que cette dernière se compose, au fond du cylindre, d'un mélange pur, facilement inflammable et, près du piston, de résidus gazeux; cette stratification a pour résultat de ralentir la combustion et, par suite, d'abaisser le maximum de pression et celui de température. L'appareil d'allumage enflamme seulement les portions du mélange les plus rapprochées du point d'introduction (il s'agit ici d'un moteur à gaz); l'inflammation se transmet ensuite graduellement aux particules suivantes du mélange et progresse d'autant plus lentement que ces particules sont plus éloignées les unes des autres, c'est-à-dire que la zone de combustion se rapproche davantage du piston.

Quelques années plus tard, Teichmann refit les mêmes expériences et ses conclusions furent les suivantes¹:

« Les diverses parties de la charge d'un moteur à gaz, introduites successivement, ne se mélangent pas uniformément entre elles, mais présentent une composition différente suivant les endroits. Cette composition, il est vrai, n'est pas parfaitement régulière et ne peut se représenter au moyen d'aucune loi mathématique, mais on peut cependant, avec une forme de cylindre et un mode d'admission convenables, s'attendre, en toute sécurité, à trouver à certains endroits une composition

1. *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 1887, p. 271.

répondant à des besoins déterminés. J'ai prouvé, en outre, que cette répartition n'est pas modifiée par la compression, qu'elle a une influence très importante sur la manière dont s'opère la combustion et qu'on peut, en modifiant la façon dont s'opère l'introduction, la forme de la chambre de travail et celle du conduit d'admission, agir sur la marche de la combustion et la diriger d'une façon plus ou moins avantageuse. »

Dewar est parvenu à prélever, en différents endroits d'un cylindre, des échantillons de mélange gazeux après l'aspiration. Il a trouvé les résultats suivants¹ : aux environs du point d'allumage, tout près du fond du cylindre, le mélange contenait 10 p. 100 de gaz combustibles (ces essais furent faits sur un moteur à gaz); l'échantillon prélevé tout près du piston contenait 5 p. 100 de gaz, tandis qu'un échantillon prélevé entre ces deux points en renfermait 7 p. 100. Le premier échantillon s'enflammait facilement, tandis que le dernier ne pouvait plus être enflammé. Ces expériences ont été reprises plus tard par Teichmann et les résultats trouvés furent analogues.

Evidemment, le cas du moteur à deux temps n'est pas tout à fait comparable à celui du moteur à gaz qui a servi pour ces expériences, puisque, dans le premier cas, les gaz frais sont introduits sous pression, qu'ils sont mis en contact avec des gaz brûlés à haute température. Ces deux conditions seraient très favorables à leur mélange plus ou moins complet, mais il est un fait certain, c'est qu'on peut diminuer les chances d'opérer ce mélange en introduisant les gaz frais sous une pression très peu supérieure à la pression atmosphérique, ce qui est, d'ailleurs, très favorable à un bon rendement méca-

1. Les résultats sont rapportés dans l'ouvrage d'Hugo GÜLDNER, *Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren*, p. 544.

nique. Quoi qu'il en soit, il nous est possible de constater que, dans certains moteurs à deux temps, l'on est arrivé à obtenir de bons remplissages sans, pour cela, perdre une trop grande quantité de gaz frais par les orifices d'échappement.

Examen des gaz d'échappement.

Les constructeurs de moteurs à deux temps auraient le plus grand intérêt à étudier, au cours de la mise au point, la composition des gaz d'échappement. C'est le seul moyen de se rendre compte de l'utilisation du combustible ; seule l'analyse peut montrer si une certaine quantité de gaz frais a été évacuée par l'orifice d'échappement.

Il est beaucoup plus difficile de se rendre compte si une partie des gaz brûlés n'est pas restée, dans le cylindre, mélangée aux gaz frais. Des prélèvements d'échantillons ont pu être effectués dans les cylindres de moteurs fonctionnant au gaz d'éclairage, dont les pistons sont animés de faibles vitesses linéaires, mais le problème devient très compliqué pour les moteurs qui nous intéressent, dont les vitesses linéaires données aux pistons sont généralement élevées. Nous ne désespérons cependant pas de trouver un procédé qui permettrait de faire ces prélèvements, dont l'examen serait du plus haut intérêt pour les constructeurs de moteurs à deux temps.

Nous avons eu l'occasion de faire un prélèvement de gaz d'échappement sur le moteur Colmant dont les essais ont été relatés à la page 53 de cet ouvrage.

L'échantillon soumis à l'analyse a été prélevé au cours d'un essai effectué le 29 février 1912, alors que

ce moteur tournait à la vitesse angulaire de 1 420 tours par minute et développait une puissance de 40 chevaux.

Les gaz d'échappement ont été soumis à l'analyse au moyen d'un eudiomètre permettant une plus grande précision dans les mesures. Nous avons indiqué le mode opératoire dans les numéros 29 et 30 du *Bulletin officiel de la Commission technique de l'Automobile-Club de France*.

Les résultats de cette analyse sont groupés dans le tableau ci-après. Les lettres ont les significations suivantes :

- t est la température de l'eau entourant le réservoir de l'eudiomètre ;
- t' est la température de l'eau entourant le manomètre de l'eudiomètre ;
- t'' est la température de l'air ambiant ;
- H est la pression atmosphérique ;
- h est la pression du mélange gazeux, mesurée ;
- h_0 est la pression du mélange gazeux, ramenée à 0°.

La formule qui a été appliquée est celle que nous avons publiée dans le numéro d'octobre 1908 du *Bulletin officiel de la Commission technique de l'Automobile-Club de France*. Cette formule est la suivante :

$$h_0 = \frac{H (1 - 0,00016 t'') - h (1 - 0,00017 t')}{1 + 0,00364 t}.$$

Détermination du pourcentage et de la nature des hydrocarbures existant dans les gaz d'échappement.

Les résultats de l'analyse des gaz d'échappement que nous venons de donner indiquent :

1° La contraction qui a suivi la combustion des hydrocarbures existant dans le mélange (essai n° 7) ;

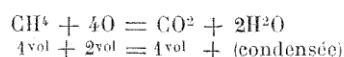
Analyse des gaz d'échappement prélevés dans le moteur Colmant.

N° de l'essai.	SPÉCIFICATION du dosage effectué.	<i>t</i>	<i>t'</i>	<i>t''</i>	H	<i>h</i>	<i>h₀</i>	POURCENTAGE en volume des gaz du mélange.	
								RAPPORTS des pressions.	
1	Mélange gazeux introduit	13	14	14	774	93,5	645,8	100	
2	Après absorption de l'anhydride carbonique	11	14	12	772,5	481,7	566,9	87,78	12,22 de CO ₂ .
3	— — de l'oxyde de carbone	12	15	12	768,2	475,8	566,4	87,70	0,08 de CO.
4	— — de l'oxygène	12	14	12	760	180,5	354	85,78	1,92 de O.
5	— — de l'acétylène	13	15	11	760	180,5	354	85,78	0 de C ₂ H ₂ .
6	— introduction d'oxygène et du gaz de la pile	14	15	14	766,5	60,3	670,6	103,83	
7	Après combustion des hydrocarbures	13	13,2	14,2	762	70	659,62	102,13	1,70 (contraction).
8	— absorption de l'anhydride carbonique formé	13,5	13,4	14	762	75,5	653,29	101,45	0,98 de CO ₂ .
9	Détermination de l'azote par différence)))))))	84,97 de Az.

2^o La quantité d'anhydride carbonique qui a pris naissance dans cette réaction (essai n° 8).

De ces deux chiffres, on peut déduire la nature des carbures qui ont été brûlés, si l'on se pose qu'il y en a deux prédominants.

Prenons, par exemple, le méthane (un des constituants de l'essence) ; son équation de combustion est



ce qui montre :

1^o Que la contraction rapportée au volume du méthane est de 2 ;

2^o Que le rapport du volume d'anhydride carbonique formé au volume du méthane est de 1.

Par conséquent, le rapport de la contraction au volume de l'anhydride carbonique est de 2.

Pour l'éthane (autre constituant de l'essence), ce rapport est de 1,25.

La contraction observée dans l'analyse ci-dessus étant de 1,70, et le volume d'anhydride carbonique de 0,98, le rapport est, dans ce cas,

$$\frac{1,70}{0,98} = 1,73,$$

ce qui nous permet de supposer que nous nous trouvons en présence d'un mélange de méthane et d'éthane.

Pour en déterminer les quantités respectives, nous pouvons écrire, en appelant x la quantité de méthane et y la quantité d'éthane, les deux équations suivantes :

$$\begin{aligned} 2x + 2,5y &= 1,70, \\ x + 2y &= 0,98, \end{aligned}$$

d'où nous déduisons

$$\begin{aligned} x &= 0,64, \\ y &= 0,47. \end{aligned}$$

Le mélange des deux gaz, c'est-à-dire le volume des hydrocarbures entraînés avec les gaz d'échappement, occupait donc le volume

$$0,64 + 0,47 = 0,81.$$

Ce résultat montre que, dans le moteur considéré, le balayage des gaz brûlés doit être complet, puisqu'une petite quantité de gaz frais a été évacuée par l'échappement. Cette quantité est cependant très faible et parfaitement acceptable. Ces deux considérations permettent d'expliquer la consommation spécifique relativement faible ($0^{kg},355$ au cheval-heure) relevée sur le moteur Colmant.

**Dispositifs destinés à produire l'élimination
la plus complète possible des gaz brûlés.**

La plupart des inventeurs ont adopté, pour leurs moteurs à deux temps, le procédé classique qui consiste à munir la partie supérieure du piston d'un déflecteur dont le rôle est de détourner le jet de gaz frais arrivant horizontalement, de l'envoyer vers le fond de la culasse d'où il se dirige ensuite vers l'échappement en chassant devant lui les gaz brûlés restant dans le cylindre.

Ce procédé est évidemment très simple, mais son efficacité ne peut être complète que pour une pression bien déterminée donnée aux gaz frais, par des dimensions d'orifices d'admission et d'échappement heureusement choisies et pour une vitesse angulaire constante du moteur. Il est évident que toute modification apportée à l'un des facteurs aura pour conséquence de faire varier le régime d'évacuation, et cette variation aura pour conséquence, soit d'augmenter la consommation spécifique du moteur, une certaine quantité de gaz frais s'échappant

au dehors, soit de diminuer la puissance, une partie des gaz brûlés restant dans le cylindre.

Un certain nombre d'inventeurs ne s'en sont pas tenus à ce dispositif; leurs solutions peuvent être classées en quatre catégories :

1° Formes spéciales données aux pistons dans le but de réduire au minimum l'espace mort ;

2° Modes spéciaux d'introduction des gaz frais ;

3° Balayage des gaz brûlés par un courant d'air pur ;

4° Aspiration des gaz brûlés à l'extérieur du cylindre.

1° FORMES SPÉCIALES DONNÉES AUX PISTONS
DANS LE BUT DE RÉDUIRE AU MINIMUM L'ESPACE MORT

M. Crespellé a cherché dans son moteur (brevet n° 358 492 du 27 septembre 1905) à réaliser une évacuation absolue des gaz d'échappement. À cet effet, les surfaces des pistons sont planes et peuvent venir au contact l'une de l'autre (*fig. 39*). Le piston moteur P est symétrique, les explosions agissent sur ses deux faces. Les deux cylindres comportent chacun un tube d'admission A, muni d'une soupape automatique et des lumières d'échappement E. Enfin, les pistons P' et P'' sont munis également de soupapes automatiques.

Aussitôt l'explosion produite entre P et P', ce dernier se rapproche du piston moteur et se trouve en contact avec lui lorsqu'il est à fond de course. À ce moment, l'expulsion des gaz brûlés est complète. Les pistons s'acheminent alors vers le fond du cylindre avec des vitesses différentes ; P', se déplaçant plus vite, vient toucher le fond du cylindre, ce qui a pour résultat de faire passer au-dessous de lui (entre P et P') les gaz frais que ce piston avait aspirés au moment de sa descente.

Le piston P, continuant sa course ascendante, comprime les gaz frais.

Les tiges des pistons P' et P'' sont commandées par l'arbre moteur. On voit qu'il n'y a aucune perte de travail par décompression du mélange gazeux comprimé au moment de son passage dans la chambre d'explosion.

Dans ce moteur, deux explosions sont produites à chaque tour de l'arbre, de chaque côté du piston : c'est donc un moteur à double effet.

Dans le moteur Dignat (brevet n° 386 191 du 14 janvier 1908), les deux pistons se déplaçant dans le cylindre sont également plats et peuvent venir au contact l'un de l'autre : les espaces nuisibles sont ainsi supprimés.

Dans le moteur Spenli et Vérot (brevet n° 356 626 du 4^e août 1905), le piston moteur P est traversé par la tige d'un second piston P'. Ces deux tiges sont reliées à des arbres différents, l'arbre correspon-

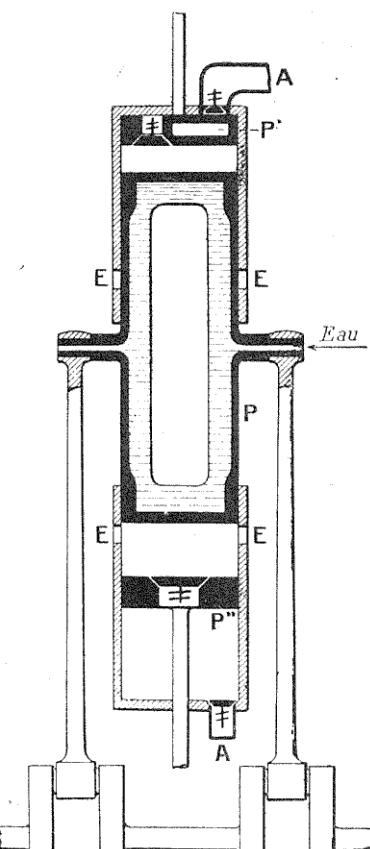


Fig. 39. — Schéma du moteur Crespelle.

dant au piston P' étant commandé, au moyen d'un engrenage, par l'arbre moteur, de telle sorte que les deux pistons

ne conservent pas toujours la même distance pendant le fonctionnement (fig. 40).

Le piston P' est percé de deux ouvertures O pouvant être obturées par le clapet C coulissant sur la tige prolongée de ce piston.

Lorsque l'explosion a lieu, les deux pistons sont accolés. Aux $\frac{4}{5}$ de la course, la soupape commandée E permet aux gaz brûlés de s'échapper. Le piston P' remonte alors vers la culasse et chasse les gaz brûlés qui restent dans le cylindre. Ce mouvement détermine une aspiration de gaz frais entre les pistons, la soupape du conduit A s'étant soulevée. Puis les deux pistons se rapprochent, la charge de gaz frais passe par les ouvertures O dans la partie supérieure du cylindre.

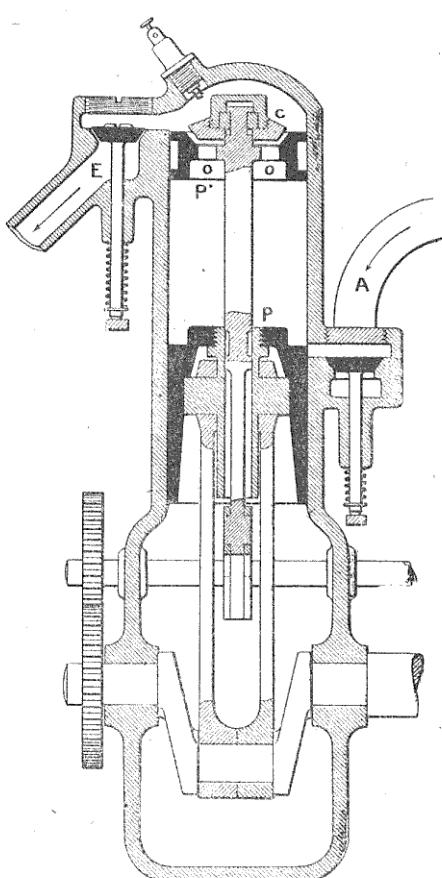


Fig. 40. — Schéma du moteur Spenli et Vérot.

Les gaz frais sont ensuite comprimés par les deux pistons accolés.

Dans ce moteur, le mélange gazeux comprimé ne subit pas de détente au moment de son introduction dans la chambre de travail.

M. Maillard s'est surtout préoccupé d'éviter le contact entre les gaz frais et les gaz brûlés. Dans son moteur (brevet 384 598 du 2 décembre 1907), les gaz frais ne servent donc pas à expulser les gaz brûlés. Dans le cylindre de ce moteur peuvent se mouvoir deux pistons P et P' (fig. 44) : l'un est moteur, l'autre est commandé par la pression des gaz d'échappement. A cet effet, ce dernier comporte un prolongement creux dans la partie supérieure duquel est logée une soupape automatique établissant la communication entre la chambre de travail C et une chambre close D. Ce piston P' porte une seconde soupape S'.

Supposons que les pistons occupent la position figurée ; dès que l'explosion a eu lieu, le piston P descend, une partie des gaz brûlés passent en D ; le piston P' ne bouge pas, tant que le piston P n'a pas découvert l'échappement E. En effet, à ce moment, la pression tombe brusquement dans C et, comme il existe en D une

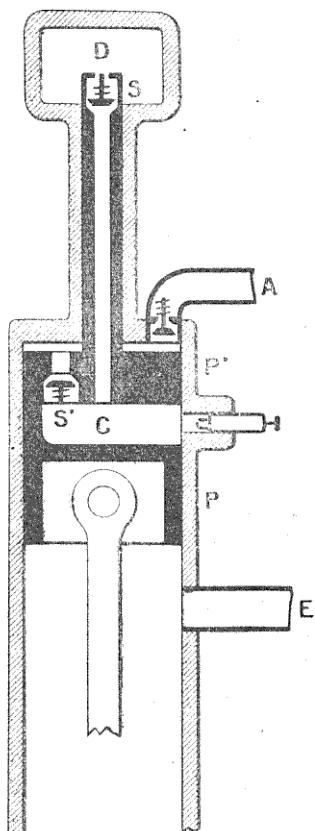


Fig. 44. — Schéma du moteur Maillard.

certaine pression, le piston P' vient rejoindre le piston P au bas de sa course chassant la totalité des gaz brûlés. Ce mouvement de descente produit l'aspiration par A des gaz frais. Lorsque P remonte, entraînant P' , le mélange gazeux passe dans la chambre C à travers la

soupape S'. La soupape S' est réglée de façon à ne pouvoir s'ouvrir que sous une pression légèrement supérieure au taux le plus élevé de la compression en C, afin d'éviter l'entrée de gaz frais dans la chambre D.

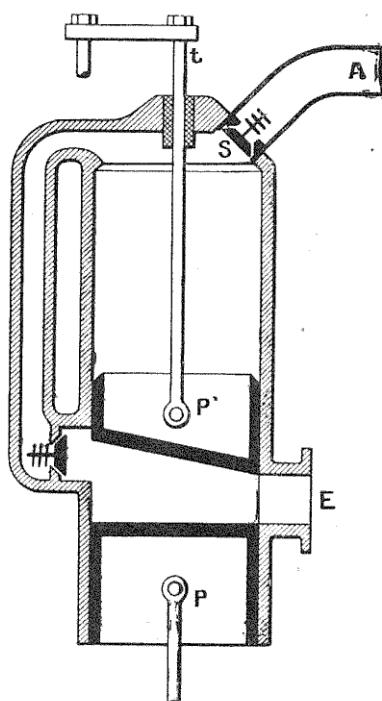


Fig. 42. — Schéma du moteur Maillan et Odoni.

MM. Maillan et Odoni (brevet n° 395 511 du 30 décembre 1908) se sont préoccupés d'obtenir également une évacuation complète des gaz brûlés. Dans chacun des cylindres de leur moteur se trouvent deux pistons P et P' , dont l'un, P , est le piston moteur et l'autre P' le piston compresseur (fig. 42). Ces pis-

tions sont indépendants. Le piston P' est actionné, par l'intermédiaire d'une tige t , au moyen de secteurs dentés recevant leur mouvement de cames commandées par l'arbre moteur. Le mouvement ainsi communiqué au piston P' est le suivant : ce piston obture le fond du

cylindre et reste dans cette position tant que le piston P comprime le mélange gazeux au-dessus de lui. Dès que l'explosion a eu lieu, il descend, aspire les gaz frais par A au travers de la soupape automatique S, en même temps qu'il refoule les gaz brûlés par E. L'introduction des gaz frais complète l'évacuation des gaz brûlés.

2^e MODES SPÉCIAUX D'INTRODUCTION DES GAZ FRAIS

La manière d'introduire les gaz frais dans le cylindre a une grande importance au point de vue de l'évacuation des gaz brûlés. Il faut éviter le plus possible qu'il y ait mélange des gaz frais aux gaz brûlés aussitôt qu'ils sont mis en présence, sans quoi on n'obtiendrait jamais un balayage complet. Otto, Teichmann et Dewar ont montré que, dans les moteurs à gaz où la vitesse linéaire du piston est relativement faible, il se produisait dans le cylindre une véritable stratification. Dans les moteurs à explosion qui nous intéressent, les vitesses atteintes par les pistons sont beaucoup plus élevées, et l'on s'avancerait peut-être trop en supposant qu'il ne se produit pas de mélange entre les gaz frais et les gaz brûlés. Nous avons eu l'occasion de constater, cependant, certains phénomènes de nature à donner des arguments aux partisans de la stratification : un moteur à explosion, tournant de 800 à 900 tours par minute, a pu fonctionner, dans certaines conditions, comme un moteur à gaz alimenté par *tout ou rien*; à un moment donné, les explosions cessaient, puis survenait une explosion défectueuse, bien que le dispositif d'allumage fonctionnait normalement, et les explosions redevenaient égales jusqu'au moment où les mêmes phénomènes se reproduisaient. Cette irrégularité dans l'allumage peut être expliquée par la présence d'un matelas de gaz inertes

demeurant sur le piston et prenant de plus en plus d'importance jusqu'au moment où, le piston étant en haut de sa course, les gaz brûlés viennent noyer la bougie et empêcher l'allumage de la charge.

Tout cela revient évidemment à des questions d'orifices et de vitesses données au gaz, mais ces questions sont mal définies et l'on ne saurait les résoudre, dans le moteur à deux temps, que par tâtonnements. Quoi qu'il en soit, un certain nombre de règles sont élémentaires et doivent être observées ; il est évident que si l'on veut éviter les remous, dont la conséquence est de provoquer le mélange des gaz frais aux gaz brûlés, il ne faut introduire les premiers ni sous une pression exagérée, ni dans une direction quelconque.

La solution la plus généralement adoptée consiste à diriger le jet de gaz frais horizontalement, sous une faible pression¹, contre un déflecteur qui le dirige vers la culasse. Ce jet suit alors

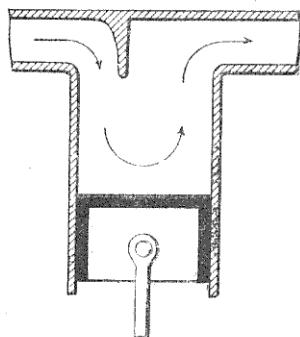


Fig. 43. — Schéma du moteur Richard et Grand'Eury.

la courbure de la culasse et se dirige de haut en bas vers l'orifice d'échappement. C'est le procédé que nous avons vu appliqué sur la plupart des moteurs que nous avons décrits ; il donne, dans certaines conditions, de bons résultats.

MM. Richard et Grand'Eury (brevet n° 394 432 du 24 août 1908) préfèrent placer le déflecteur au fond du cylindre ainsi que l'indique la figure 43. Cela conduit à

1. L'introduction des gaz frais sous faible pression, non seulement pour éviter une perte de travail par détente, mais encore pour éviter

munir de soupapes les conduits d'admission et d'échappement.

Dans le moteur de la Société Despland et C^{ie} (brevet n° 334 253 du 30 juillet 1903), les lumières d'admission et d'échappement sont disposées côte à côte. L'auteur suppose qu'au moment où elles sont démasquées, à fond de course, les gaz frais prennent un mouvement de rotation et chassent devant eux les gaz brûlés. Il est probable que, dans ces conditions, les gaz qui se trouvent dans la culasse ne sont pas intéressés par ce mouvement.

MM. Goldschmidt et Lepape (brevet n° 350 384 du 8 décembre 1904) introduisent les gaz frais par une

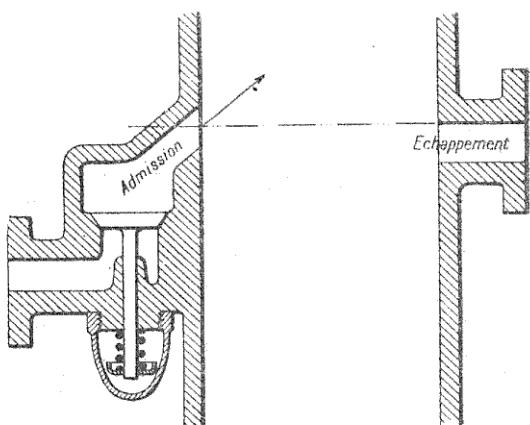


Fig. 44. — Schéma du dispositif d'admission Goldschmidt et Lepape.

tubulure dont l'axe est incliné par rapport à celui du cylindre et dirigé vers le fond de la culasse (*fig. 44*).

les tourbillons pouvant provoquer le mélange des gaz frais aux gaz brûlés a été revendiquée par M. Lemaître (brevet n° 321 932 du 18 juin 1902).

Dans le moteur Kiény (brevet n° 336 311 du 29 octobre 1903), les gaz frais sont admis en une colonne verticale dirigée vers le fond de la culasse. À cet effet, le piston comporte un double fond percé de deux ouvertures latérales qui, lorsqu'elles viennent se placer en regard des lumières d'admission A, permettent aux

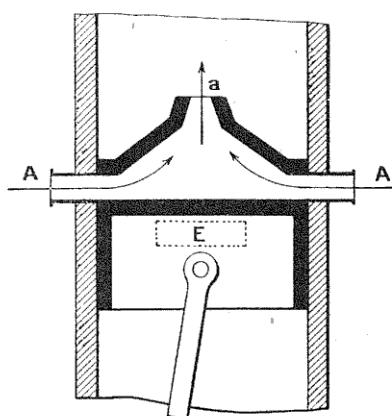


Fig. 45. — Schéma du moteur Kiény.

gaz frais de se diriger vers la buse *a* qui en dirige l'écoulement (fig. 35). Le jet gazeux frappe le fond de la culasse, s'épanouit et revient en léchant les parois. L'échappement se produit à fond de course, lorsque le piston découvre des lumières telles que E ménagées sur toute la périphérie du cylindre.

M. Behrend (brevet n° 394 219 du 11 septembre 1908) introduit également les gaz frais en une colonne verticale. Le piston de son moteur est muni, en son centre, d'une soupape commandée. L'échappement se produit, comme dans le moteur précédent, par des ouvertures latérales, à fond de course.

Un certain nombre d'inventeurs préfèrent admettre les gaz à une des extrémités du cylindre, les gaz brûlés étant évacués par l'autre. Cette disposition est adoptée dans le moteur **Lepape** (brevet n° 390 680 du 30 mai 1908) : le mélange est comprimé dans un réservoir distinct du cylindre et est admis à la partie supérieure de ce dernier; l'échappement a lieu à fond de course.

Nous retrouvons également une application de ce principe dans le moteur **Paratre** (brevet n° 387 836 du 5 mars 1908), mais, dans ce dernier moteur, l'admission est faite au bas du cylindre et l'échappement a lieu par le fond de la culasse; une soupape commandée règle l'ouverture de la lumière d'échappement. Dans le moteur **Collins**, où le mélange est aspiré dans le carter, puis transvasé à travers une soupape placée dans le fond du piston, l'échappement a lieu au travers d'une soupape commandée placée au fond et dans l'axe du cylindre.

Le moteur **Violet et Hénon** (brevet n° 408 243 du 25 octobre 1909) possède également l'échappement par la partie supérieure du cylindre.

Dans le moteur de **MM. Suteau et Strouble** (brevet n° 387 321 du 18 février 1908), l'admission est faite par la partie supérieure du cylindre et l'échappement par le bas, mais les gaz frais ne sont pas dirigés dans l'axe du cylindre.

Le cylindre contient deux pistons : l'un P est le piston moteur, l'autre P', dont la tige est commandée par le moteur, sert à comprimer le mélange dans la chambre C et à former tiroir pour l'admission (*fig. 46*). Lorsque P' remonte, les gaz frais comprimés qui sont

au-dessus de lui, entrent dans le cylindre par l'orifice A, suivent le profil du piston P', sont renvoyés vers la

partie de la paroi du cylindre opposée à l'orifice d'échappement E, et chassent ainsi les gaz brûlés devant eux : ainsi le pense du moins l'auteur de ce projet. En réalité, le choc du jet gazeux sur la paroi doit donner naissance à des tourbillons, dont le résultat est de favoriser le mélange des gaz frais aux gaz brûlés.

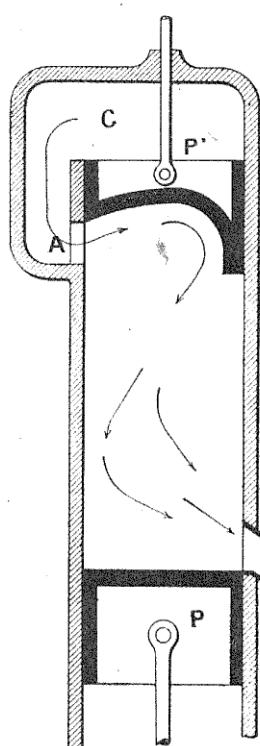


Fig. 46. — Schéma du moteur Suteau et Strouble.

atteindre le sommet de sa course, à mettre en communication le canal de transvasement avec l'air extérieur, par l'intermédiaire de l'ouverture c, ménagée dans la paroi du cylindre un peu au-dessous de l'ouverture d'admission. L'auteur de ce dispositif estime qu'à ce moment, à la faveur de la faible dépression qui existe dans le carter (rempli de gaz frais), une certaine quantité

L'inventeur du moteur Hardt s'est surtout attaché à diminuer le plus possible le mélange des gaz frais aux gaz brûlés. La compression se fait dans le carter et le transvasement par un tube latéral (*fig. 47*). Le piston comporte à sa base un renflement, dans lequel est creusé un canal destiné, au moment où le piston va

d'air pénètre dans le canal de transvasement. Lorsque le piston arrivera à fond de course, cet air entrera dans le cylindre avant les gaz frais et chassera devant lui les

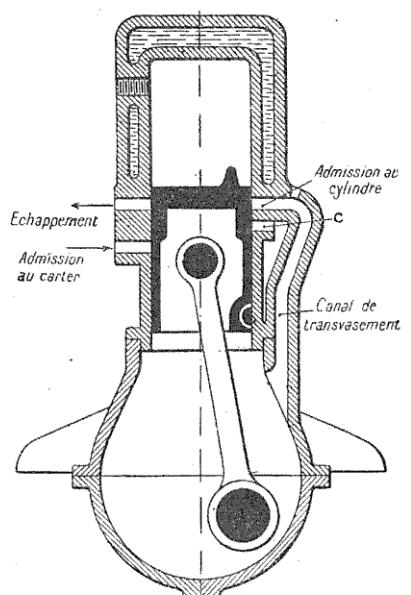


Fig. 47. — Moteur Hardt.

gaz brûlés restant dans le cylindre. L'auteur attribue, en outre, à ce dispositif l'avantage d'empêcher les retours de flamme vers le carter.

3° BALAYAGE DES GAZ BRULÉS PAR UN COURANT D'AIR PUR

Dans le moteur James Burton, les gaz brûlés sont chassés par un jet d'air pur. Le mélange carburé comprimé est ensuite introduit et remplace l'air que con-

tient le cylindre ; le balayage est donc effectué dans les meilleures conditions possibles.

Un piston P reçoit l'impulsion motrice par sa partie supérieure, tandis qu'il aspire et comprime de l'air pur par sa partie inférieure.

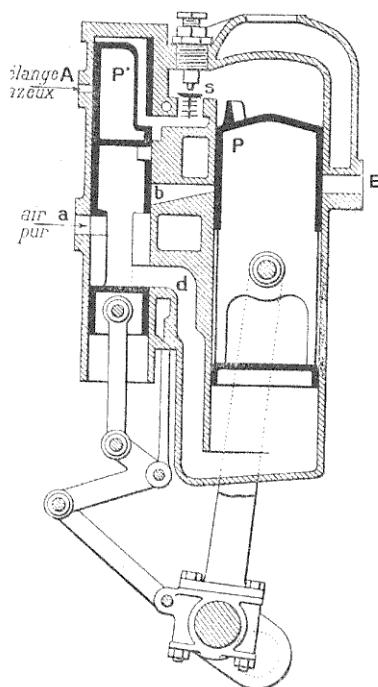


Fig. 48. — Coupe du moteur James Burton.

Voyons maintenant le fonctionnement du piston-valve P'.

Ce piston-valve, très long, a pour mission de démasquer et d'obturer les divers orifices en temps voulu. Son mouvement est décalé d'environ 60° par rapport à celui du piston P.

Au moment où le piston monte, il aspire de l'air par l'ouverture a; en descendant, l'ouverture d'échappement est découverte, et, en même temps, le piston-valve découvre l'orifice b en obturant l'orifice a. L'air contenu dans la chambre inférieure est donc refoulé par l'orifice d et, par l'intérieur du piston-valve P', dans le cylindre moteur, en produisant une chasse d'air violente qui produit l'expulsion des gaz brûlés en même temps que le refroidissement du cylindre. Lorsque le piston remonte, la chambre supérieure ne contient donc que de l'air pur.

C'est ainsi que, sur la figure, le piston P continue à monter, comprimant le mélange dans la chambre d'explosion et aspirant de l'air pur dans la chambre inférieure. Le piston-valve qui découvre, en ce moment, les orifices *a* et *d*, va commencer à descendre en obturant l'orifice *a*. L'air pur aspiré se trouvera donc enfermé jusqu'au moment où, simultanément, le piston P et le piston-valve P' découvriront l'orifice E. L'air pur, comprimé sous le piston, pénétrera alors dans le cylindre, comme nous l'avons dit, pour chasser les gaz brûlés.

Mais, dans sa course descendante, la partie supérieure du piston P' a produit au-dessus d'elle une dépression. Arrivé au bas de sa course, l'orifice A, qui est en communication avec le carburateur, a été découvert et un mélange riche a été aspiré. Le piston P' remontant, ce mélange a été comprimé jusqu'au moment où la soupape automatique *s* s'est soulevée et a laissé pénétrer ce mélange dans la chambre supérieure.

En résumé, les deux temps sont caractérisés de la façon suivante :

Premier temps. — Explosion et détente du mélange, compression et refoulement d'air pur dans la chambre C (et dans l'intérieur du piston-valve à la fin du temps), échappement des gaz brûlés par E et introduction d'air comprimé par *b*. Pendant ce temps, et un peu avant la fin aspiration du mélange gazeux par le piston-valve à travers l'orifice A.

Deuxième temps. — Compression de l'air dans la chambre supérieure, aspiration d'air dans la chambre inférieure. Pendant ce temps, compression du mélange gazeux par le piston-valve, et refoulement de ce mélange dans la chambre supérieure.

Le balayage des gaz brûlés est effectué, dans le moteur Burth (fig. 49), par un courant d'air comprimé introduit à fond de course. Le carter sert de compresseur d'air. L'entrée d'air est commandée par un tiroir T, fonction-

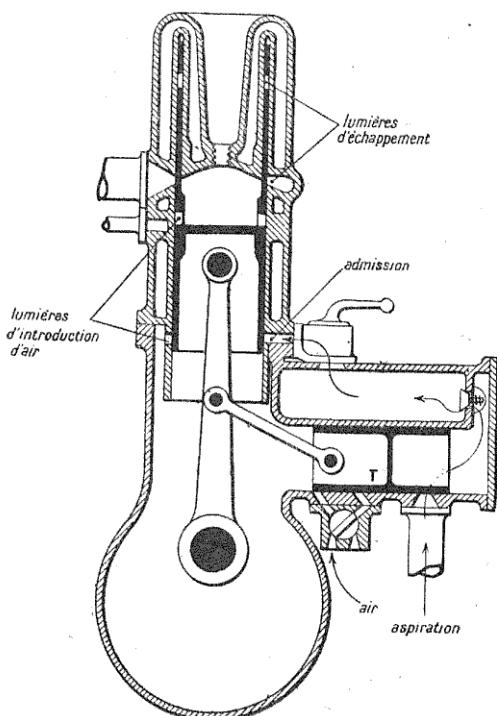


Fig. 49. — Moteur Burth.

nant dans un cylindre horizontal en communication avec le carter. Le même tiroir sert à aspirer les gaz frais et à les faire passer dans un réservoir, puis dans le cylindre.

La Société Grégoire a également fait breveter (brevet n° 340976 du 5 mars 1904) une disposition relative du

clapet d'aspiration d'air et des orifices par lesquels le mélange gazeux est introduit, telle qu'au moment de l'admission, une certaine quantité d'air pur est d'abord admise dans le cylindre. Cet air pur empêche, d'une part, le mélange de la masse gazeuse explosive avec les gaz brûlés et, d'autre part, une déperdition des gaz frais par les ouvertures d'échappement.

Dans le moteur Billet (brevet n° 396 881 du 27 novembre 1908) de l'air pur est d'abord admis dans le carter-pompe dans le but de produire, au moment voulu, une chasse des gaz brûlés. Un mélange carburé très riche est ensuite admis ; son addition à l'air pur, passé déjà dans la chambre d'explosion, produit un mélange gazeux de composition normale. Le passage du mélange riche dans la chambre d'explosion est opéré au moyen d'une soupape automatique placée au centre du piston ; cette soupape commande donc la communication entre la chambre d'explosion et le carter-pompe. Cette soupape est surmontée d'une buse convergente verticale, qui dirige les gaz vers le fond de la culasse.

Dans un certain nombre de moteurs, nous trouvons des dispositifs destinés à intercaler, entre la charge de gaz frais et les gaz brûlés, un matelas d'air dont le but est de chasser devant lui les gaz brûlés et d'empêcher la sortie, par les ouvertures d'échappement, d'une partie des gaz frais.

Le moteur Torrent (brevet n° 363 405 du 19 février 1906) est conçu dans cet ordre d'idées. Le constructeur pense qu'il se forme sur le piston un matelas d'air pur, dont le rôle est de chasser les gaz brûlés et d'empêcher les pertes de gaz frais par l'orifice d'échappement. L'air pur est admis sous pression ; les gaz frais, admis ensuite,

refoulent cet air par l'orifice d'échappement encore ouvert. Ce résultat est obtenu par la combinaison de deux cylindres dont les pistons ont deux diamètres (ces cylindres pouvant être opposés, accolés ou en tandem). Les parties annulaires des pistons servent de pompes et compriment, l'un de l'air pur, l'autre du mélange gazeux.

L'air et le mélange gazeux sont emmagasinés dans quatre tubes alimentant respectivement d'air et de mélange chacun des cylindres moteurs, par des lumières démasquées à fond de course.

La même idée se retrouve dans le moteur Appleton

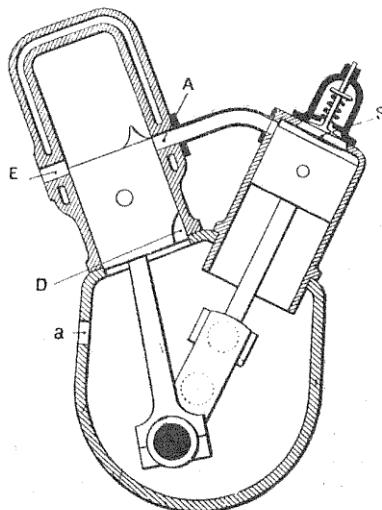


Fig. 50. — Schéma du moteur Appleton.

(fig. 50), mais ici le cylindre-pompe est distinct du cylindre-moteur et fait avec lui un certain angle. Les bielles reliées aux pistons sont calées à 180°. L'échappement a lieu par la lumière E et la charge entre par la

lumière A. Lorsque commence l'aspiration, la soupape s'ouvre d'abord et un mélange riche entre dans la pompe puis, lorsque le piston de la pompe est presque à fond de course, le piston moteur présente, devant la lumière A, l'encoche qui est ménagée à sa base, de sorte qu'une certaine quantité de l'air pur, qui est entré dans le carter par l'ouverture *a*, vient prendre place dans le canal de transvasement et dans le cylindre-pompe au-dessus de la couche de mélange gazeux. C'est cet air qui, au moment du transvasement, doit servir à balayer les gaz brûlés restant encore dans le cylindre moteur.

Dans le moteur Harding (fig. 51), on cherche également à constituer un matelas d'air entre la charge de gaz frais et les gaz brûlés. La disposition ne paraît pas heureuse ; elle comporte, en effet, une chambre d'explosion annulaire. De plus, les gaz frais et l'air entrent chacun par une extrémité de la capacité formée par l'intérieur du piston ; dans ces conditions, il est douteux qu'il n'y ait pas mélange.

Dans le moteur Albertini (brevet n° 344 507 du 1^{er} juillet 1904), on produit un balayage intensif et uni-

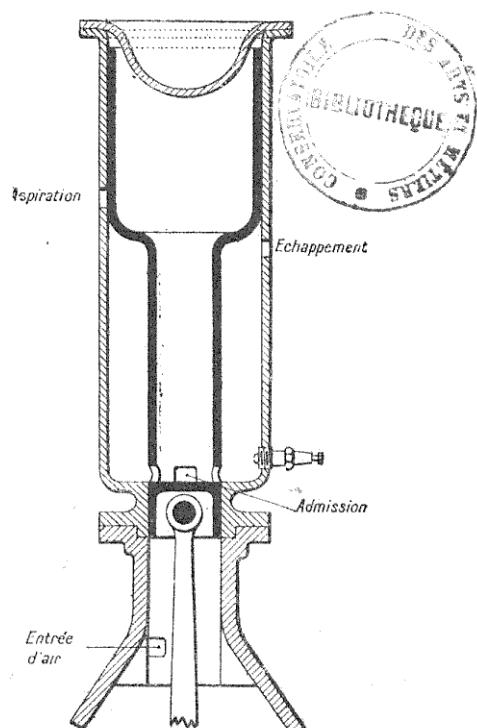


Fig. 51. — Moteur Harding.

forme des parois du cylindre : l'air de balayage arrive à une pression peu élevée et tout changement dans la direction de ce courant d'air est évité, de telle sorte que la possibilité d'un mélange de cet air avec les gaz brûlés est sensiblement réduite. A cet effet, le fond du cylindre et la tête du piston sont coniques ; le fond du cylindre se termine par le siège de la soupape d'air de balayage.

Il en résulte qu'à l'ouverture de cette soupape, il se produit un courant d'air annulaire qui, sans changer de direction, lèche les parois du fond du cylindre et chasse devant lui les gaz brûlés.

Dans le moteur **Senemaud** (brevet n° 426 336 du 30 avril 1910), la carburation n'est effectuée que lorsqu'une dose d'air pur comprimé a déjà balayé le cylindre. L'injection du combustible est réglée par un pointeau ; elle est faite dans le tube latéral amenant l'air comprimé du carter dans la chambre d'explosion.

Signalons enfin le moteur **Dyckhoff** (brevet n° 389 325 du 24 juin 1908), dans lequel les lumières d'aspiration sont munies de tuyères formant injecteurs avec des tubes amenant de l'air comprimé. Ces injecteurs servent à compléter, par l'air frais aspiré au dehors, le balayage rapide des gaz brûlés et à produire, dans le cylindre, l'introduction rapide de la nouvelle charge.

4^e ASPIRATION DES GAZ BRULÉS A L'EXTÉRIEUR DU CYLINDRE

Dans le moteur anglais **Samson**, les gaz brûlés se déendent d'abord par la soupape automatique S, dès que le piston a découvert les orifices d'échappement E (*fig. 52*). Le piston moteur possède une embase se déplaçant dans un corps de pompe en relation constante,

par l'orifice O, avec une capacité A. Lorsque ce piston descend, il crée une certaine dépression dans les espaces B et A, et, lorsqu'il est au bas de sa course, la soupape commandée S' se soulève ; les gaz brûlés restant dans

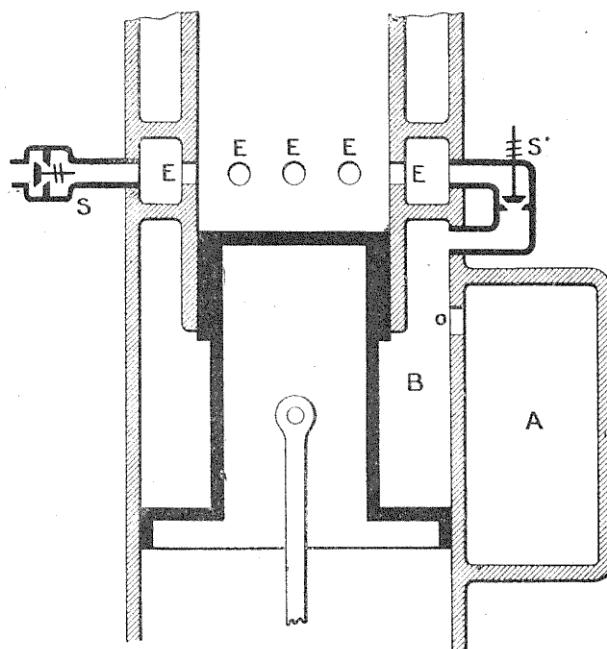


Fig. 52. — Schéma du moteur Samson.

le cylindre et le collecteur d'échappement se précipitent alors dans les cavités A et B.

On voit qu'on n'obtient ainsi qu'une raréfaction des gaz brûlés dans le cylindre et non une évacuation complète.

Une disposition analogue a été adoptée pour le moteur Pilain (brevet n° 433 761 du 4 novembre 1910).

Dans le moteur de MM. Milcent et Mahoux (brevet n° 379 914 du 13 juillet 1907), les gaz brûlés sont aspirés, à un moment donné, par une pompe rotative. Ces gaz sont remplacés par de l'air pur, ce dernier pénétrant dans le cylindre par une cheminée et une soupape placée au fond du piston. Le combustible est introduit, dans l'air pur comprimé que contient le cylindre, à la faveur d'une surpression produite dans le distributeur d'essence.

M. Guillot a accolé, au cylindre de son moteur (brevet n° 386 445 du 11 janvier 1908), une chambre dans laquelle

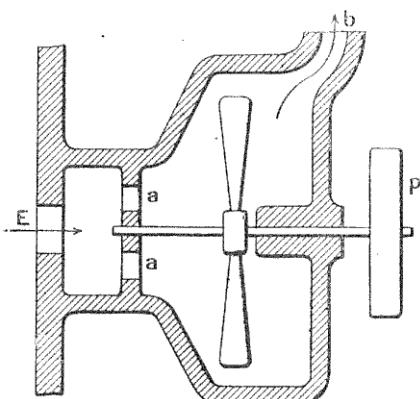


Fig. 53. — Schéma du dispositif de M. Guillot pour l'évacuation complète des gaz de l'échappement.

tourne un ventilateur. La lumière d'échappement E est découverte à la fin de la course du piston, et les gaz brûlés, aspirés, traversent les orifices a, puis sont refoulés au dehors par le canal b. Le ventilateur est actionné par l'arbre moteur par l'intermédiaire de la poulie p (fig. 53).

Une disposition analogue a été brevetée par M. Huchet (brevet n° 334 046 du 18 mai 1903).

M. de Schlumberger dispose la tuyauterie d'échappement de son moteur rotatif (brevet n° 411 622 du 17 janvier 1910), de manière à utiliser la force centrifuge pour produire l'expulsion des gaz brûlés et même l'admission des gaz frais.

M. Pruvost s'est attaché également à obtenir, dans son moteur (moteur Dop, brevet n° 376 181 du 28 mars 1907), une expulsion complète des gaz brûlés. A cet effet, il

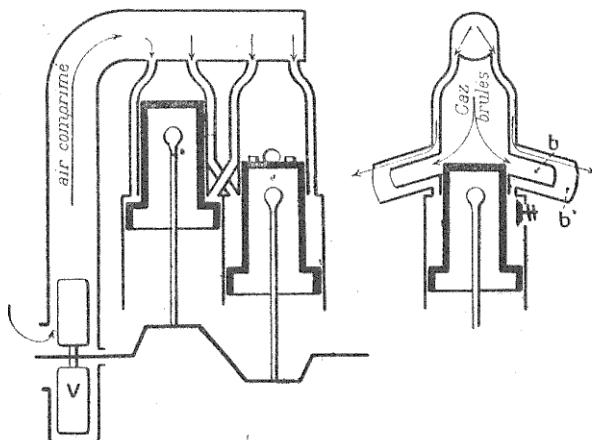


Fig. 54. — Schéma du moteur Pruvost.

monte sur l'arbre-manivelle un ventilateur V (*fig. 54*). L'air, comprimé par ce ventilateur, est dirigé dans des chemises entourant les portions des cylindres dans lesquelles se développe le travail moteur, de telle sorte que cet air sert, en premier lieu, au refroidissement du moteur. D'autre part, l'échappement se fait par des buses telles que *b*, placées à l'intérieur de buses plus grandes *b'* faisant corps avec les chemises d'air des cylindres. Au moment de l'échappement, les gaz brûlés

sont entraînés par l'air qui s'écoule par les buses *b'*.

On voit ainsi que l'évacuation totale des gaz brûlés, si toutefois ce dispositif permet d'arriver à un tel résultat, est achetée au prix d'une certaine complication et d'une perte notable de travail.

(Dans ce même moteur, le sommet de chacun des cylindres peut être pourvu de segments disposés suivant une rampe hélicoïdale, de telle façon qu'on puisse faire monter ou descendre un piston supplémentaire dans le but d'augmenter ou de diminuer le volume de la chambre d'explosion placée au-dessous de lui.)

Dans le moteur Cloudsley (fig. 55), on s'est surtout préoccupé d'éviter le mélange partiel des gaz frais aux gaz brûlés

et la perte d'une partie des gaz frais par l'échappement. L'admission du mélange, préalablement comprimé dans le carter, a lieu à fond de course, tandis que l'échappement se produit un peu avant par une ouverture ménagée vers le fond du cylindre. Pour faciliter l'écoulement des gaz brûlés, on a donné au piston une

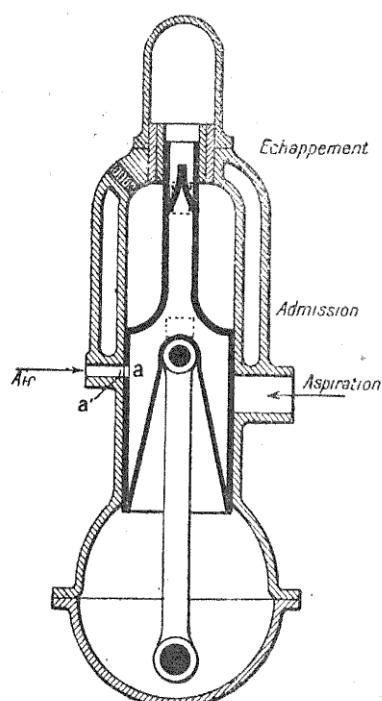


Fig. 55. — Moteur Cloudsley.

forme spéciale : son corps forme une cavité et sa tête est prolongée par une tubulure pouvant coulisser dans la partie supérieure du cylindre. Une lumière a , ménagée dans le piston, vient se placer, au moment de l'échappement, devant une lumière a' ouverte dans la paroi du cylindre. A l'extrémité supérieure de la tubulure est disposé un éjecteur. Ce dispositif a pour objet de produire, au moment de l'échappement, un courant d'air de l'intérieur de la tubulure vers l'extérieur, courant d'air qui a pour effet de favoriser l'expulsion des gaz brûlés et, en même temps, de refroidir le piston.

Le moteur Duchesne-Fournet (brevet n° 362 168 du 4 janvier 1906) possède également une tuyère de détente montée sur l'orifice d'échappement, dont le but est de provoquer un écoulement rapide des gaz brûlés et de créer une certaine dépression dans le cylindre. L'inventeur compte même utiliser cette dépression pour produire l'aspiration des gaz frais, mais cette prétention est évidemment exagérée.

La même idée se retrouve dans le brevet Berthon (n° 325 388 du 14 octobre 1902).

Dans le moteur Zoller (brevet n° 424 835 du 13 janvier 1911), c'est un véritable turbo-compresseur qui comprime l'air ou le mélange gazeux servant à l'évacuation des gaz brûlés. L'emploi du turbo-compresseur élimine l'inconvénient de la pompe à piston, qui est de fournir une pression constante quelle que soit la vitesse angulaire de l'arbre-moteur.

Avec le turbo-compresseur, la pression finale de l'air de balayage augmente en même temps que la vitesse angulaire qui est communiquée à son arbre. Aux vitesses élevées, la pression de l'air est plus grande et le balayage est effectué plus rapidement. M. Zoller

estime qu'il est préférable d'interposer le turbo-compresseur entre le carburateur et le moteur, car on obtient un mélange gazeux plus homogène en raison du brassage auquel il est soumis et de l'élévation de température qu'il subit.

C. — DISPOSITIFS DE DISTRIBUTION

L'ouverture et la fermeture des orifices d'admission et d'échappement sont assurées au moyen de divers dispositifs que nous pouvons classer de la façon suivante :

- a. Distribution par le piston ;
- b. Distribution par fourreau cylindrique animé de mouvement alternatif ;
- c. Distribution par tiroirs et disques rotatifs ;
- d. Distribution par soupapes.

Nous examinerons successivement ces quatre catégories de dispositifs.

a. — Distribution par le piston.

Les parois du piston sont pleines ; les parois du cylindre dans lequel il se déplace sont percées de lumières, généralement, une pour l'admission et plusieurs pour l'échappement. Ces lumières, convenablement disposées, sont découvertes, au moment voulu, par le piston.

Nous avons vu, au cours des descriptions données dans les chapitres précédents, que ces lumières étaient généralement placées en regard l'une de l'autre et que le piston les découvrait à fond de course. Nous avons, en outre, examiné, dans le chapitre consacré à l'évacuation des gaz brûlés, quelques dispositions spéciales

données à ces lumières ; nous n'y reviendrons donc pas.

Le procédé de distribution est le plus employé ; il a l'avantage de donner au moteur une très grande simplicité : c'est la raison principale pour laquelle les inventeurs s'y sont généralement tenus.

b. — Distribution par fourreau cylindrique animé de mouvement alternatif.

Dans d'autres moteurs, c'est un fourreau cylindrique qui remplit le même office que le piston moteur. Ce fourreau se déplace dans une gaine, dont les parois sont percées d'ouvertures convenablement placées.

Ces ouvertures permettent d'établir, au moment voulu, la communication entre le tube d'aspiration des gaz frais et la chambre de compression et, d'autre part, entre la chambre de compression et la chambre d'explosion.

Dans le moteur Hélium (*voir p. 40*), la distribution par fourreau est combinée avec la distribution par le piston. Le fourreau commande seulement le fonctionnement de la pompe à gaz ; un mouvement alternatif de faible amplitude lui est communiqué par l'intermédiaire d'un excentrique calé sur le vilebrequin.

Au moment de l'aspiration, ce fourreau découvre l'orifice d'un canal relié à un carburateur, et le referme pour le refoulement, tandis qu'il découvre un orifice opposé destiné à permettre ce refoulement.

Une solution analogue se retrouve dans le moteur Maubach, mais le fourreau est, dans ce cas, commandé par une came. Ce fourreau est fermé à sa partie supérieure, et la chambre qu'il forme avec la partie supérieure du piston sert de chambre de compression.

A titre d'exemple, nous décrirons le moteur Kœchlin, qui a été l'objet de plusieurs réalisations successives.

Chacun des cylindres comprend deux parties d'alésages différents.

La partie inférieure, possédant l'alésage le plus grand, constitue la pompe. A l'intérieur de ce cylindre peut se déplacer un fourreau F_2 , percé d'ouvertures a ; son rôle est d'assurer la distribution des gaz frais; le mouvement de ce fourreau est commandé par un excentrique.

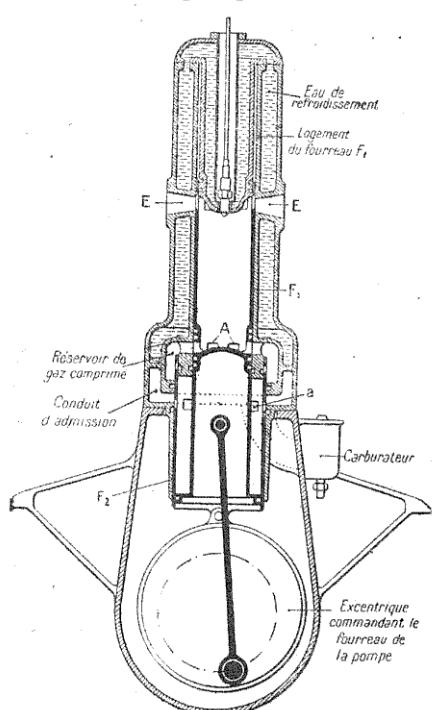


Fig. 56. — Coupe d'un cylindre du moteur Koechlin.

Le cylindre moteur est percé en bas et en haut d'ouvertures A et E , destinées à l'admission et à l'échappement. La distribution est assurée par un fourreau F_1 qui fait corps avec le piston moteur et, par conséquent, se déplace d'une longueur égale à la course. Un logement annulaire est ménagé

dans la partie supérieure du moteur pour recevoir ce fourreau.

Voici maintenant comment fonctionne le moteur : lorsque le piston arrive au bas de sa course, les ouvertures d'admission A (ménagées dans le fourreau F_1) démasquent les ouvertures correspondantes d'un petit

réservoir, dans lequel se trouve des gaz frais qui ont été comprimés par la pompe d'un cylindre voisin. Au même moment, les ouvertures d'échappement E sont découvertes; les gaz frais poussent donc devant eux les gaz brûlés qui restent dans le cylindre. Dès que le piston remonte, toutes les ouvertures se trouvent fermées et la compression commence. En même temps, la pompe comprime une nouvelle quantité de gaz frais qu'elle refoule dans le réservoir du cylindre voisin.

Le moteur comporte six cylindres, disposés en deux groupes de trois.

Dans le moteur Peache (fig. 57), un fourreau, à l'inté-

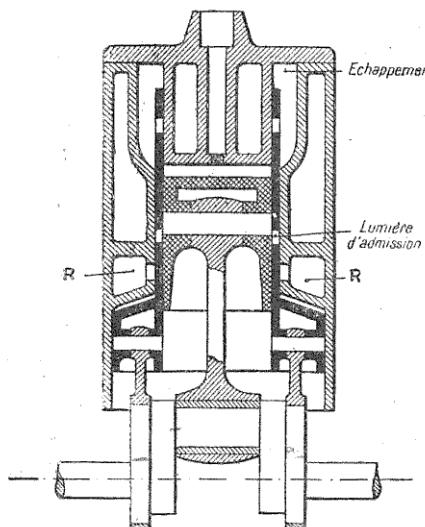


Fig. 57. — Moteur Peache.

rieur duquel se déplace le piston, est commandé par un excentrique qui lui permet une course atteignant environ la moitié de celle du piston. Le fourreau possède une

embase qui forme le piston d'une pompe. Pendant la course de compression du fourreau, la charge est transvasée dans le réservoir R. Lorsque le fourreau atteint l'extrémité de sa course supérieure (position figurée),

les lumières d'échappement et d'admission sont couvertes. Lorsque le fourreau et le piston redescendront, les lumières d'admission se présenteront devant celles du réservoir, en même temps que les lumières d'échappement seront découvertes. Comme le fourreau est légèrement en avance sur le piston, les lumières d'échappement seront fermées un peu avant les lumières d'admission. Il est à noter que, dans ce moteur, le mouvement du fourreau a une amplitude très réduite.

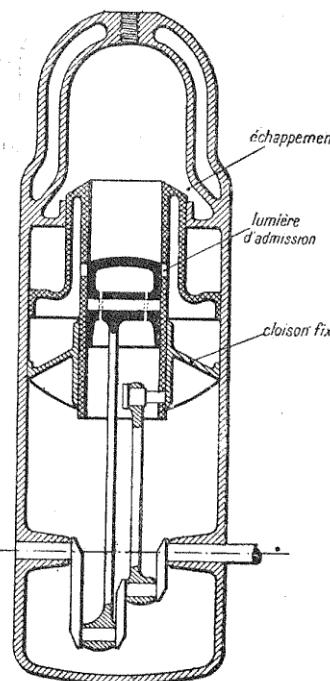


Fig. 58. — Moteur Rayner.

C'est également un fourreau animé d'un mouvement alternatif qui, dans le moteur Rayner, effectue l'aspiration du mélange, puis son transvasement, en même temps qu'il découvre les lumières d'échappement. Le piston et le fourreau sont commandés par le même vilebrequin par l'intermédiaire de deux bielles. *La course du fourreau est la moitié de celle du piston.* Le mouvement du fourreau est légèrement en avance sur

celui du piston ; il en résulte que les lumières d'échappement sont fermées avant que celles d'admission soient découvertes.

Dans le moteur de la Chevardière de la Grandville et

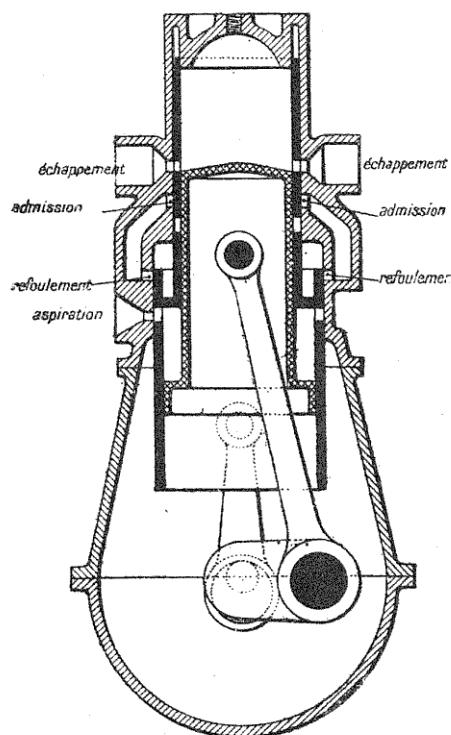


Fig. 59. — Moteur de la Chevardière de la Grandville et A. Guéret au moment où le piston vient de découvrir les lumières d'échappement.

A. Guéret, moteur qui comporte nécessairement plusieurs cylindres, la distribution est assurée par le déplacement relatif du piston et d'un fourreau percé de lumières convenablement placées. Ce fourreau est com-

mandé par une bielle dont le maneton est décalé d'environ 90° par rapport au maneton de la bielle maîtresse. La bielle est elle-même commandée par un excentrique qui permet au fourreau une *course très réduite* (*entre le 1/5 et le 1/7 de la course du piston*).

Le fourreau et le piston sont à double étage et leur déplacement relatif permet l'aspiration et le refoulement des gaz frais, le fourreau assurant la distribution de la pompe.

Les lumières sont placées et calculées de telle sorte que, d'une part, la lumière d'échappement est entièrement démasquée par le fourreau au moment où le piston commence à démasquer cette lumière, l'échappement étant refermé par le fourreau et, d'autre part, la lumière d'admission est démasquée par le fourreau lorsqu'elle est déjà démasquée par le piston et est, au contraire, fermée par le piston alors qu'elle est encore entièrement démasquée par le fourreau.

Les pompes des différents cylindres refoulent les gaz frais dans une sorte de canalisation, dans laquelle débouchent les lumières d'admission. Les lumières de refoulement sont donc en relation avec les lumières d'admission des différents cylindres et, tant que la lumière de refoulement de l'une quelconque des pompes est démasquée, la lumière d'admission de l'un quelconque des cylindres se trouve également démasquée, de sorte que les gaz frais peuvent être transvasés dans les différents cylindres sous une pression très faible, juste nécessaire pour opérer ce transvasement.

Il est à remarquer que, dans ce moteur, il n'est prévu qu'un très léger balayage des gaz brûlés ; l'admission se produit, en effet, lorsque les ouvertures d'échappement sont presque complètement fermées.

Dans les moteurs Sautter-Harlé, Colmant et Krebs

(voir aux pages 61, 52 et 60), le tiroir est analogue à celui d'une machine à vapeur ; il est placé dans la canalisation qui établit la communication entre la pompe de compression et la chambre d'explosion.

Le même dispositif se retrouve, en particulier, dans le moteur de MM. Ferrero et Franchetti (brevet n° 342 075 du 14 avril 1904).

Une autre solution est proposée par M. Valenta da Cruz (brevet n° 402 737 du 7 mai 1909). La distribution est assurée, dans son moteur, par un piston-tiroir solidaire d'un cylindre valve. Le premier servant à l'admission de l'air pur comprimé destiné au balayage, le second formant à la fois distributeur et corps de pompe à combustible (*fig. 60*).

Dans le cylindre moteur se meut une douille en acier *d*, qui forme, dans ce cylindre, une chambre *b* dans laquelle est engagé le piston fixe *P*. Cette douille commande l'arbre moteur au moyen de bielles non figurées. La partie supérieure de la douille forme le piston de la pompe à air de balayage. Le distributeur de cette pompe, placé sur le côté du cylindre, est commandé par un arbre tournant à même vitesse angulaire que l'arbre moteur. Il comporte un piston-tiroir *p*. À la partie inférieure du cylindre dans lequel ce tiroir se déplace est le piston *p'* de la pompe à mélange gazeux. Ce piston est commandé par le même arbre. La pompe à air de balayage admet, par le canal *B*, l'air pur, quand le distributeur est dans sa position inférieure ; elle comprime cet air dans le réservoir *C*, quand le distributeur est de position supérieure et découvre de nouveau le canal *B* en le faisant communiquer avec le réservoir *G*.

La pompe à gaz admet par l'orifice *A* et comprime dans le réservoir *C''*, dès que l'orifice 1 du distributeur est en regard de l'orifice 2.

Dans la douille *d* sont pratiqués les orifices d'admission d'air pur *B*, d'air carburé *A*, et l'orifice d'échappement *E* qui correspondent à des orifices identiques ménagés dans la paroi du cylindre. Quand la douille

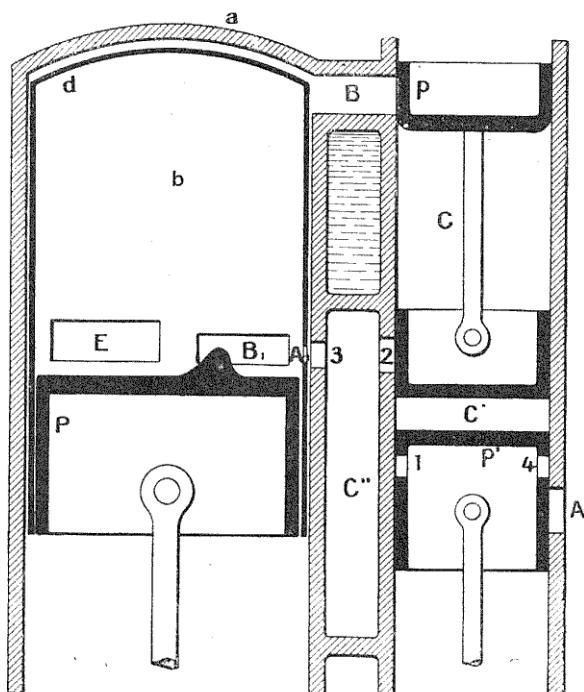


Fig. 60. — Schéma du moteur Valenta da Cruz.

est en haut de sa course, ces orifices sont découverts par le piston fixe *P* (position figurée) et sont en regard des orifices correspondants du cylindre. Lorsque cette douille descend, elle comprime le mélange gazeux. Lorsque l'explosion a lieu, la détente commence à l'intérieur de la douille. Dans la chambre *a* se trouve de l'air pur précédemment aspiré par *B*, tandis que l'espace *b*

se remplit de gaz brûlés. D'autre part, la chambre C' est remplie de gaz frais. Le moteur, continuant à tourner, fait monter la douille en même temps que le distributeur monte à son point mort supérieur et redescend dans la position figurée. Le piston-tiroir p fait communiquer, en montant, B et C, de sorte que l'air pur de α se trouve légèrement comprimé dans C à la fin de la course de détente de la douille.

En même temps, le piston p' est monté et a fait passer le mélange frais dans c'' , les orifices 1 et 2 étant venus en regard l'un de l'autre. Quand les orifices approchent de la position figurée, dès que E commence à se découvrir, l'échappement commence. Peu après, la lumière B₁ se découvre et l'air pur de balayage, légèrement comprimé, chasse les gaz brûlés restant dans la douille. Enfin, la lumière A₁ se découvre et le mélange gazeux pénètre dans la douille. En continuant, les lumières E, B₁ et A₁ sont fermées, la compression commence dans b. Le piston-tiroir, descendant à son point mort inférieur et remontant ensuite, découvre B et le fait communiquer avec l'atmosphère, ce qui permet à l'air extérieur d'être aspiré dans α . En même temps, le piston p' , descendant à son point mort inférieur pour remonter ensuite, fait communiquer l'orifice 4 avec A, aspire dans C' du mélange gazeux pour le refouler dans le réservoir C''.

c. — Distribution par tiroirs et disques rotatifs.

La distribution par tiroir rotatif a séduit quelques inventeurs, à cause de sa simplicité et de la facilité avec laquelle il peut être commandé.

Elle présente, par contre, un certain nombre d'inconvénients : dans les moteurs à plusieurs cylindres, ce tiroir présente une assez grande longueur, ce qui im-

plique une surface frottante considérable. Comme, d'autre part, il est nécessaire d'obtenir une étanchéité parfaite, le jeu doit être aussi faible que possible entre ce tiroir et son logement; il en résulte que ces pièces s'usent assez rapidement si les conditions dans lesquelles elles sont lubrifiées n'ont pas été particulièrement étudiées.

Ordinairement, ces tiroirs sont constitués par des tubes tournant à l'intérieur de logements cylindriques; les uns et les autres sont percés de lumières dont la coïncidence permet d'établir les communications désirées. Placés ordinairement dans la canalisation qui réunit la pompe de compression à la chambre d'explosion, ces tiroirs ne sont pas soumis à une haute température et leur graissage peut être opéré dans de bonnes conditions (moteurs Legros, « Triphasé », Carles).

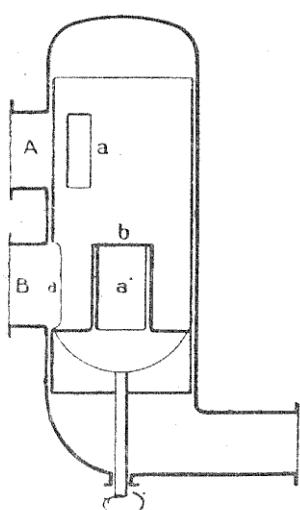
(Voir p. 65, 72 et 31.)

Dans le moteur Thomas (brevet n° 432 963 du 29 juillet 1911), le tiroir est constitué par un cylindre plein convenablement échancre, dont le rôle est de doser exactement la quantité de mélange nécessaire à chaque explosion; il tourne à même vitesse angulaire que l'arbre moteur.

Citons également le tiroir du moteur Pollet et de Coqueremaumont (brevet allemand, cl. 46, n° 244 235 du 13 décembre 1910).

Fig. 61. — Schéma de la distribution du moteur Pollet et de Coqueremaumont.

Ce tiroir consiste en un tube cylindrique tournant à l'intérieur d'une capacité cylindrique accolée au cylindre



moteur (*fig. 61*). Les ouvertures *a* du tiroir viennent successivement se présenter devant l'ouverture d'admission *A* du moteur. Les ouvertures *a'* sont divisées en deux séries par une paroi recourbée *b*, de façon que la partie inférieure de la chambre du tiroir, qui est reliée à la pompe de compression du moteur par la canalisation *B*, soit alternativement en communication avec la partie inférieure et avec la partie supérieure du tiroir.

Dans le moteur Chastannet (*voir p. 32*), où l'alimentation est produite à la partie supérieure des cylindres, le tiroir rotatif est placé directement au-dessus de ces derniers. Comme il est à proximité des chambres d'explosions, il est nécessaire de le refroidir énergiquement, car la dilatation inégale des pièces qui le constituent produirait un grippage très rapide. Ce refroidissement est assuré par un courant d'eau passant dans une canalisation ménagée suivant son axe.

La distribution du moteur Palmer-Moore, dans lequel les gaz sont aspirés dans le carter, puis transvasés dans le cylindre, est commandée par trois valves oscillantes. Un moteur de ce type a été réalisé : il comporte trois cylindres de 100 millimètres d'alésage et 100 millimètres de course et développe environ 18 chevaux.

Examinons maintenant les dispositifs de distribution par disques.

M. Moynet a disposé, au-dessus de la culasse du cylindre de son moteur (brevet n° 430 051 du 23 mai 1914), un disque horizontal tournant dans un logement et présentant une seule ouverture.

Cette ouverture peut venir, pendant la rotation du disque, se placer en regard de la lumière d'admission ou de la lumière d'échappement. Le mouvement donné au disque est tel que la compression et l'explosion se pro-

duisent lorsque ce dernier obture les deux lumières et que l'orifice d'échappement est découvert, aussitôt que le piston est à fond de course.

Cette disposition est très critiquable en raison des frottements importants qu'on ne peut éviter, de l'échauffement et des pressions considérables auxquels le disque est soumis et de la difficulté qu'on doit éprouver à lubrifier convenablement un tel organe.

Dans le moteur Heuer et Bruhn (brevet n° 433 308 du 5 août 1911), on retrouve un disque rotatif percé de lumières, mais il est destiné à régler l'admission dans le carter. Il est calé sur l'arbre moteur. Les auteurs prévoient même un organe du réglage, commandé par la force centrifuge, dont le but est de faire varier la grandeur de cette ouverture.

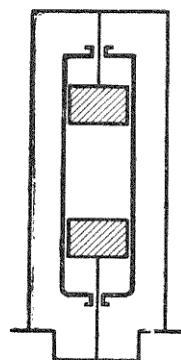


Fig. 62. — Schéma du moteur Dussoudeix et Floran de Villepigue.

Une sorte de tiroir, qu'on peut comparer aux tiroirs rotatifs, se trouve dans le moteur Dussoudeix et Floran de Villepigue (brevet n° 404 502 du 1^{er} avril 1909). Deux pistons se déplacent dans le cylindre ainsi qu'on peut le voir sur la figure 62. Ces pistons sont reliés par des bielles au même arbre moteur. L'un des pistons (*fig. 63*) comporte intérieurement un tiroir rotatif constitué par deux pièces annulaires, appliquées contre les parois du piston par un ressort R, et réunies par un assemblage à embrèvement. Ces deux pièces sont solidaires pendant la rotation, mais peuvent s'écartier légèrement de leur axe vertical; les ouvertures (1) peuvent venir en regard de celles (2) du piston. La commande de ce tiroir est effectuée par des coins K à

rampe hélicoïdale : lorsque ces coins pénètrent dans les ouvertures 2, ils font tourner d'un petit angle le tiroir, les ouvertures de ce tiroir viennent en regard de celles du piston, puis dépassent cette position, si bien que la

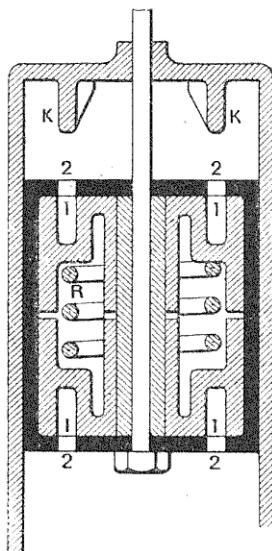


Fig. 63. — Schéma de la distribution Dussoudeix et Floran de Villepigue

pénétration des coins provoque d'abord l'ouverture, puis la fermeture de la chambre interne du piston. Il est à remarquer qu'aucun dispositif de refroidissement de ces pièces n'a été prévu, bien que cet ensemble soit destiné à supporter une température élevée.

d. — Distribution par soupapes.

Quelques inventeurs ont conservé la distribution par soupape dans le moteur à deux temps : la soupape est

alors placée sur le côté du cylindre. Ce dispositif est admissible, mais il faut alors donner à cette soupape une grande section d'ouverture, une grande course et même produire une prolongation de l'arrivée du mélange gazeux, alors même que les ouvertures d'échappement sont fermées. Par cette dernière précaution, on éloigne le début de la compression du point mort correspondant à l'échappement des gaz brûlés; cela a, cependant, moins d'inconvénients dans les moteurs à deux temps que dans les moteurs à quatre temps. En effet, dans ces derniers, il existe, dans le cylindre, une dépression pendant l'aspiration, dépression qui est négligeable dans les moteurs à deux temps (celle qui existe provient de la détente des gaz brûlés au moment de l'ouverture des orifices d'échappement).

Dans ces conditions, le seul inconvénient que la soupape puisse apporter est de ne pas produire une colonne gazeuse continue et, par conséquent, de favoriser le mélange des gaz frais aux gaz brûlés.

Nous avons vu que le moteur **Anzani** (*voir p. 88*) possédait une soupape d'admission commandée et une soupape d'échappement automatique à chaque cylindre, tandis que la soupape d'admission était automatique et la soupape d'échappement commandée dans le moteur **Collins**.

D. — DISPOSITIONS SPÉCIALES.

Variation des ouvertures d'admission et d'échappement.

M. Denison s'est proposé de faire varier les ouvertures d'admission et d'échappement, de manière que la quantité de gaz frais admise et celle de gaz brûlés évacuée soient les mêmes à toutes les vitesses angulaires du

moteur (brevet n° 412 034 du 29 janvier 1910). En effet, lorsque la vitesse angulaire d'un moteur augmente, la vitesse linéaire du piston, considérée entre les deux points extrêmes des lumières d'admission et d'échappement, devient telle que le temps d'ouverture de ces lumières peut n'être plus suffisant pour permettre un bon remplissage de la cylindrée et une bonne évacuation.

Cet inventeur fait donc varier simultanément les ouvertures effectives des deux lumières et peut, par conséquent, obtenir les variations de puissance de son moteur par le même procédé.

Régulation de l'admission par l'échappement.

Certains inventeurs entrentent la possibilités de produire, dans le cylindre, une diminution de la pression des gaz brûlés, aussitôt l'ouverture de l'orifice d'échappement, en injectant de l'eau dans la tuyauterie d'échappement. Ils espèrent ainsi provoquer, dans l'intérieur du cylindre, une dépression suffisante pour faciliter l'introduction des gaz frais et, de ce fait, économiser une partie du travail de compression préalable.

M. Heisig (brevet n° 362 878 du 31 janvier 1906) espère ainsi produire une résistance à l'échappement constante, quelle que soit la charge du moteur. Cette résistance à l'échappement doit être vaincue, non par le piston, mais par les gaz frais ; elle influence donc le courant intérieur de gaz frais, de sorte que celui-ci varie avec la charge ; il en résulte soit une évacuation incomplète, soit un entraînement de gaz frais par l'échappement.

Pour maintenir constante cette résistance à l'échap-

pement, M. Heisig introduit, dans la canalisation d'échappement, un dispositif d'étranglement quelconque : tiroir, clapet, papillon, etc., ou bien il entoure la canalisation d'échappement d'une chemise de circulation d'eau dans laquelle il fait varier le débit.

CHAPITRE III

LISTE DES BREVETS FRANÇAIS CONCERNANT LES MOTEURS A EXPLOSIONS A DEUX TEMPS DESTINÉS A L'AUTOMOBILISME ET A L'AVIATION

- N° 223 505. — 6 août 1892. — Compagnie française des moteurs à gaz et des constructions mécaniques. — Moteur à gaz ou à pétrole à deux temps.
- N° 24 7363. — 11 mai 1893. — Delannoy. — Nouveau moteur à deux temps.
- N° 250 904. — 11 octobre 1893. — Söhnel. — Moteur à deux temps.
- N° 250 340. — 20 janvier 1896. — Sohnlein. — Moteur à deux temps pour divers combustibles.
- N° 257 643. — 27 juin 1896. — Dufour. — Nouveau dispositif de moteur à pétrole à deux temps.
- N° 262 443. — 21 décembre 1896. — Oberlä. — Système de moteur rotatif à deux temps fonctionnant par explosion.
- N° 263 224. — 19 janvier 1897. — Conrad. — Moteur à explosions à un seul cylindre et à deux temps.
- N° 230 234. — 1^{er} août 1898. — Aillot. — Moteur à deux temps.
- N° 279 847. — 18 juillet 1898. — Tromont. — Moteur à deux temps à détente variable.
- N° 279 775. — 15 juillet 1898. — Revel. — Moteur à deux temps à quadruple effet.
- N° 279 653. — 9 juillet 1898. — Jasienski. — Moteur à deux temps.
- N° 281 266. — 14 septembre 1898. — Villain. — Moteur nouveau à deux temps.
- N° 282 442. — 25 octobre 1898. — Hirt et Horn. — Moteur à deux temps.
- VENTOU-DUCLAUX. — Moteurs à deux temps. 10

- N° 283 599. — 1^{er} décembre 1898. — Clément. — Moteur à deux temps.
- N° 284 478. — 29 décembre 1898. — Lagoutte. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 298 564. — 3 juin 1899. — Eckhardt. — Moteur à deux temps.
- N° 291 235. — 28 juillet 1899. — Pottier. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 291 846. — 18 août 1899. — Van Suylen et Windemüller. — Perfectionnements dans les moteurs à deux temps.
- N° 296 606. — 29 janvier 1900. — Genestin. — Perfectionnements dans les moteurs à deux temps.
- N° 299 982. — 4 mai 1900. — Salomon. — Nouveau moteur à deux temps à piston distributeur.
- N° 303 119. — 20 août 1900. — Cormery. — Moteur à deux temps à explosions sans soupapes.
- N° 307 068. — 12 janvier 1901. — Brzoza. — Soupape équilibrée pour moteur à explosion unique.
- N° 308 061. — 12 février 1901. — Claudel et Hopkinson. — Moteur à deux temps à récupération.
- N° 309 002. — 13 mars 1901. — Villemain. — Moteur à deux temps.
- N° 309 693. — 5 avril 1901. — Cordonnier. — Moteur *Ixion* à deux temps sans soupapes.
- N° 316 950. — 16 décembre 1901. — Mathieu. — Moteur à explosions à deux temps et à changement de marche.
- N° 347 465. — 24 décembre 1901. — Lepape. — Méthode de réglage des moteurs à gaz tonnants dits à deux temps.
- N° 347 323. — 27 décembre 1901. — De Clercq. — Moteur à deux temps.
- N° 349 327. — 5 mars 1902. — Amar. — Moteur à deux temps.
- N° 349 444. — 10 mars 1902. — Sohnlein. — Moteur à deux temps.
- N° 321 400. — 24 mai 1902. — Société Mont. — Moteur à deux temps.
- N° 304 634. — 31 mai 1902. — Pelletier. — Moteur à deux temps.
- N° 321 932. — 18 juin 1902. — Lemaitre. — Moteur à explosions à deux temps avec compression préalable du mélange sans compression spéciale.
- N° 322 397. — 9 juillet 1902. — Lefèvre. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 324 284. — 6 septembre 1902. — Vallière. — Moteur à explosions à deux temps.

- N° 325 388. — 14 octobre 1902. — Berthon. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 325 417. — 18 octobre 1902. — Boudreaux et Verdet. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 326 457. — 7 novembre 1902. — Société Thévenin, Séguin et Cie. — Moteur à deux temps réversible en pleine charge.
- N° 326 276. — 11 novembre 1902. — Hardt. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 307 068. — 6 décembre 1902. — Verley. — Moteur à explosions autorégulateur à deux temps.
- N° 328 460. — 13 janvier 1903. — Aubert. — Moteur à deux temps à grande détente.
- N° 329 264. — 10 février 1903. — Société Gillet, Forest, Bocandé et Cie. — Moteur à deux temps à compression préalable et à grande détente.
- N° 329 325. — 13 février 1903. — Semple. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 329 703. — 2 mars 1903. — Billioque. — Moteurs à explosions à deux temps à détente variable.
- N° 331 673. — 1^{er} mai 1903. — Gibaud. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 332 016. — 18 mai 1903. — Huchet. — Moteur à explosions à deux temp., à pistons couplés, et à évacuation des gaz brûlés par aspiration.
- N° 334 253. — 30 juillet 1903. — Société Despland et Cie. — Moteurs à explosions à deux temps.
- N° 336 452. — 5 septembre 1903. — Preston et Simmons. — Perfectionnements aux moteurs à deux temps.
- N° 336 334. — 29 octobre 1903. — Kiény. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 337 146. — 28 novembre 1903. — Forkarth. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 337 406. — 30 novembre 1903. — Lunet et Lemétais. — Moteur à explosions à deux temps, à simple ou double effet, à pression d'explosion constante et détente variable par le régulateur.
- N° 338 584. — 31 décembre 1903. — Chandeur. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 340 142. — 3 février 1904. — Brillié. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 340 976. — 4 mars 1904. — Bidard. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 340 978. — 5 mars 1904. — Société Grégoire et Cie. — Moteur à explosions à deux temps.

- N° 344 235. — 14 mars 1904. — Hallet. — Moteur à explosions à deux temps avec aspiration et compression variables.
- N° 341 574. — 24 mars 1904. — Simonet. — Groupe moteur à deux temps pour automobiles, canots, aérostats, etc.
- N° 342 005. — 13 mars 1904. — Petzel. — Moteur à explosions à deux temps avec deux ou plusieurs pistons opposés.
- N° 338 813. — 23 mai 1904. — Ravel. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 338 894. — 27 juin 1904. — Busson. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 304 075. — 11 avril 1904. — Ferrero et Franchetti. — Moteur à deux temps.
- N° 432 343. — 13 mai 1904. — Mertens. — Perfectionnements aux moteurs à deux temps.
- N° 343 780. — 7 juin 1904. — Tenting. — Moteur à deux temps et à changement de marche.
- N° 344 507. — 4^e juillet 1904. — Albertini. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 344 509. — 4^e juillet 1904. — Albertini. — Dispositif de distribution des soupapes d'admission pour moteurs à explosions à deux temps.
- N° 345 214. — 28 juillet 1904. — Roussat. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 345 397. — 6 août 1904. — Von Riedel. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 346 453. — 23 septembre 1904. — Carlsund. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 347 316. — 22 octobre 1904. — Claudel. — Moteur à explosions à deux temps.
- M° 347 719. — 7 novembre 1904. — Sohnlein. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 347 816. — 19 janvier 1904. — Goldschmidt. — Moteurs à explosions à deux temps.
- N° 348 288. — 3 février 1904. — Senemaud. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 349 528. — 31 mai 1904. — Mahout. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 350 354. — 8 décembre 1904. — Goldschmidt et Lepape. — Dispositif d'introduction des gaz frais pour les moteurs à explosions à deux temps.
- N° 352 650. — 27 mars 1905. — Société générale de Bonneterie et L. Loew. — Moteur à deux temps, sans soupapes à cylindrée complète.

- N° 354 436. — 19 mai 1905. — Uzac et Dubois. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 358 492. — 27 septembre 1905. — Crespelle. — Moteur à explosions à deux temps et à double effet.
- N° 358 997. — 27 octobre 1905. — Torrent. — Moteur à deux temps à deux explosions par tour.
- N° 361 056. — 29 novembre 1905. — Rigaud et Guinot. — Moteur à deux temps à gaz tonnants, à puissance variable.
- N° 362 463. — 4 janvier 1906. — Duchesne-Fournet. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 362 873. — 31 janvier 1906. — Heisig. — Commande d'échappement pour moteurs à deux temps.
- N° 365 405. — 19 février 1906. — Torrent. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 363 518. — 21 février 1906. — Chouard et Clerc. — Moteur à deux temps sans soupapes, à distribution extérieure par le piston.
- N° 363 840. — 5 mars 1906. — Strock et Strock. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 364 804. — 31 mars 1906. — Weitzer et Opawski. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 366 649. — 28 mai 1906. — Söhnlein. — Dispositif d'introduction du combustible dans les moteurs à deux temps et à pistons distributeurs.
- N° 366 835. — 5 mai 1906. — Lorenc. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 367 356. — 22 juin 1906. — Peugeot, Tony-Huber et de Los-talot. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 367 490. — 27 juin 1906. — Loreau. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 368 24. — 12 juillet 1906. — Kings. — Moteur à trois cylindres et à deux temps.
- N° 368 825. — 13 août 1906. — Cellerier. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 369 147. — 22 août 1906. — Carles. — Moteur à deux temps à cylindrée et durée d'admission variables.
- N° 369 224. — 26 août 1906. — Kolb. — Moteur à deux temps à double effet.
- N° 370 065. — 27 septembre 1906. — Banki. — Dispositif d'injection d'eau pour moteurs à deux temps.
- N° 370 567. — 17 octobre 1906. — De Bonal. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 370 862. — 27 octobre 1906. — Johansen. — Moteur à explosions à deux temps et à double effet.

- N° 371 045. — 2 novembre 1906. — Société française des moteurs et gazogènes Delassue. — Moteur à deux temps aspirant directement son gaz.
- N° 371 237. — 8 novembre 1906. — Howard. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 371 990. — 30 novembre 1906. — Société française d'exploitation des appareils *Kortling*. — Moteur à deux temps avec chambre de compression annulaire.
- N° 372 645. — 17 décembre 1906. — Barbey. — Moteur à deux temps, double effet et compression préalable.
- N° 372 982. — 4 décembre 1906. — Gérard. — Système de moteur à deux temps à distribution perfectionnée.
- N° 373 051. — 28 décembre 1906. — Kudlicz. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 374 978. — 23 février 1907. — Rondeau. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 375 538. — 1^{er} mars 1907. — Bruneau et Le Maire. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 376 181. — 28 mars 1907. — Pruvost. — Perfectionnements aux moteurs à deux temps.
- N° 376 849. — 17 avril 1907. — Keller-Dorian et Grayssac. — Moteur rotatif.
- N° 377 109. — 30 juin 1907. — Hugo Lentz. — Motogénérateur à deux temps.
- N° 378 037. — 28 juillet 1907. — Hugo Lentz. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 377 391. — 18 janvier 1907. — Steffen. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 378 347. — 8 mai 1907. — Junkera. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 378 332. — 14 mai 1907. — Chastanet. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 379 914. — 13 juillet 1907. — Milcent et Mahoux. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 381 285. — 26 août 1907. — Bauer. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 382 073. — 9 septembre 1907. — Gianotti. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 382 410. — 20 septembre 1907. — Colmant. — Moteur à deux temps à refroidissement direct par circulation d'air intérieure.
- N° 382 394. — 28 septembre 1907. — Suteau et Strouble. — Moteur à explosions à deux temps.

- N° 382 453. — 4^{er} octobre 1907. — Pouvarel. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 382 654. — 7 octobre 1907. — Da Costa. — Moteur à deux temps à pistons concentriques de courses différentes.
- N° 382 697. — 9 octobre 1907. — Malms. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 383 422. — 30 octobre 1907. — Fliecx. — Dispositif spécial de distribution d'un moteur à deux temps, pour tous les mélanges carburés.
- N° 384 321. — 23 novembre 1907. — Coulon. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 384 598. — 2 décembre 1907. — Maillard. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 385 887. — 30 décembre 1907. — Zsélyi. — Moteur à explosions à deux temps et à action immédiate.
- N° 384 324. — 23 novembre 1907. — Toulon. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 384 598. — 2 décembre 1907. — Maillard. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 384 819. — 7 décembre 1907. — Société A. Peugeot, Tony Huber et Cie et M. de Lostalot. — Fermeture coulissante pour cylindre de moteurs à deux temps.
- N° 384 422. — 7 janvier 1908. — Fliecx. — Dispositif spécial de distribution d'un moteur à deux temps pour tous les mélanges carburés.
- N° 386 415. — 11 janvier 1908. — Guillot. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 386 491. — 14 janvier 1908. — Dignat. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 386 483. — 23 janvier 1908. — Altham. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 386 546. — 27 janvier 1908. — Marchand. — Moteur à explosions ou à combustion interne à un et à deux temps.
- N° 386 609. — 27 février 1908. — Bauer. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 386 958. — 6 février 1908. — Schmidt. — Perfectionnements aux moteurs à explosions à deux temps.
- N° 387 321. — 18 février 1908. — Suteau et Strouble. — Moteur monocylindrique à deux temps sans soupapes et à deux pistons.
- N° 387 836. — 5 mars 1908. — Paratre. — Perfectionnements aux moteurs à explosions à deux temps.
- N° 388 531. — 26 mars 1908. — Guillemain. — Moteur à explosions à deux temps.

- N° 388 560. — 27 mars 1908. — Gardner et Mathieu. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 389 325. — 24 juin 1908. — Dickhoff. — Moteur thermique à deux temps.
- N° 391 940. — 11 juin 1908. — Mathis. — Système de démarrage des moteurs à explosions à simple ou double effet, à deux ou à quatre temps.
- N° 390 460. — 20 mai 1908. — Keller-Dorian. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 390 680. — 30 mai 1908. — Lepape. — Modes d'introduction des gaz combustibles dans les moteurs à deux temps.
- N° 391 643. — 23 juin 1908. — Bouvret. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 392 852. — 31 juillet 1908. — Rausky et Boulier. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 393 421. — 17 août 1908. — Besseyre. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 394 052. — 8 septembre 1908. — Camona. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 394 360. — 16 septembre 1908. — Baradat et Sanchez. — Moteur équilibré à deux temps sans soupapes.
- N° 394 219. — 14 septembre 1908. — Behrend. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 394 432. — 24 août 1908. — Richard et Grand'Eury. — Perfectionnements dans les moteurs à deux temps.
- N° 394 446. — 13 août 1908. — Vincent. — Dispositif permettant la transformation du cycle à quatre temps des moteurs à explosions en cycle à deux temps.
- N° 395 544. — 30 décembre 1908. — Maillan et Odoni. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 396 247. — 20 janvier 1908. — Roussat et Bonnet. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 396 669-396 670. — 4^e février 1908. — Société Peugeot, Tony-Huber et Cie et de Lostalot. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 396 849. — 27 novembre 1908. — Laurent-Champrosan. — Moteurs à deux temps à écrouillon.
- N° 396 884. — 27 novembre 1908. — Billet. — Moteur à explosions à deux temps.
- M° 397 049. — 3 décembre 1908. — Côte. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 397 525. — 16 décembre 1908. — Colmant. — Moteur à deux temps.
- N° 398 935. — 2 avril 1908. — Roche. — Moteur à explosions à deux temps.

- N° 403 435. — 16 septembre 1908. — Roger. — Moteur à explosions à deux temps utilisant une charge d'air comprimé pour torpilles automobiles.
- N° 398 439. — 12 janvier 1909. — Morrow. — Moteur à deux cylindres et à deux temps.
- N° 398 687. — 21 janvier 1909. — Roche. — Moteur rotatif à deux temps.
- N° 401 502. — 1^{er} avril 1909. — Dessoudeix et Floran de Ville-pigue. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 402 787. — 9 avril 1909. — Valenta da Cruz. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 403 455. — 1^{er} juin 1909. — Bouvier. — Moteur à deux temps à carburation réglable.
- N° 403 556. — 1^{er} juin 1909. — Scholes. — Perfectionnements dans les moteurs à deux temps à combustion interne.
- N° 404 247. — 21 juin 1909. — Saint-Clar Steven. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 404 821. — 7 juillet 1909. — Legros. — Perfectionnements dans les moteurs à deux temps.
- N° 405 703. — 17 mai 1909. — Maillan, Odoni, Donati. — Moteurs à explosions à deux temps.
- N° 406 859. — 8 septembre 1909. — Raison sociale Banque R. Bayer. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 407 000. — 14 septembre 1909. — Fornaca. — Moteur à combustion à deux temps.
- N° 407 449. — 6 juillet 1909. — Wright et Armstrong. — Moteur compound à deux temps.
- N° 408 077. — 19 octobre 1909. — Enderby et Johnson. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 408 230. — 23 octobre 1909. — Pollet. — Distributeur de gaz d'admission pour moteurs à deux temps.
- N° 408 243. — 23 octobre 1909. — Violet et Hénon. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 409 453. — 20 novembre 1909. — Dieudonné. — Moteur d'aviation à deux temps.
- N° 409 580. — 24 novembre 1909. — Société des moteurs Gnôme. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 408 594. — 3 novembre 1909. — Arzens. — Perfectionnements aux moteurs à deux temps.
- N° 408 609. — 3 novembre 1909. — De Lareinty-Tholozan. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 408 889. — 3 février 1909. — Gouin. — Moteurs à deux temps à explosions et à combustion, à puissance variable.

- N° 411 440. — 17 novembre 1910. — Chabaud. — Moteur à deux temps à vaporisation instantanée.
- N° 411 622. — 17 janvier 1910. — De Schlumberger. — Moteur rotatif à explosions à deux temps.
- N° 412 034. — 29 janvier 1910. — Denison. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 413 997. — 24 mars 1910. — Anzani. — Moteurs à deux temps à cylindres horizontaux opposés.
- N° 412 431. — 9 février 1910. — Gogolinski. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 413 426. — 2 février 1910. — Société Prini et Berthaud. — Moteur à deux temps à compression extérieure.
- N° 413 429. — 2 février 1910. — Radovanovic. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 413 338. — 7 mars 1910. — Da Costa. — Moteur thermique à deux temps à distribution par piston-valve.
- N° 416 816. — 6 juin 1910. — Société Sulzer. — Moteur à explosion à deux temps.
- N° 417 432. — 14 juin 1910. — Mirault. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 417 856. — 2 juillet 1910. — Mélinant. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 419 354. — 13 août 1910. — Société des moteurs Sabathé. — Dispositif de balayage pour moteurs thermiques à deux temps.
- N° 418 648. — 27 juillet 1910. — Société des moteurs Sabathé. — Cylindre pour moteurs à deux temps.
- N° 418 220. — 9 juin 1910. — Société Gebrüder Kryloff et Cie et Dollegeal. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 419 102. — 9 août 1910. — Montreuil. — Moteur d'aviation à deux temps.
- N° 420 336. — 12 septembre 1910. — Lanquetuit. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 420 337. — 10 septembre 1910. — Épinal. — Moteur à explosions à deux temps, à cylindres oscillants et rotatifs.
- N° 420 407. — 14 septembre 1910. — Hinschutz et Contal. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 420 790-424 847. — 26 septembre 1910. — Schwartz. — Cylindre pour moteur à combustion à deux temps.
- N° 421 220. — 4 octobre 1910. — Millou. — Moteur à explosions à deux temps sans soupapes.
- N° 424 289. — 10 octobre 1910. — Billon et Broliet. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 422 150. — 12 octobre 1910. — Anzani. — Perfectionnements aux moteurs à combustion interne à deux temps polycylindriques.

- N° 423 259. — 10 février. — Doux. — Moteurs à explosions à deux temps.
- N° 423 561. — 10 décembre 1910. — Esnault-Pelterie. — Moteur à deux temps à distribution par fourreau cylindrique à liaison élastique et momentanée.
- N° 423 777. — 19 décembre 1910. — Bruns. — Moteur réversible à deux temps.
- N° 423 999. — 3 décembre 1910. — Bertrand. — Moteur rotatif à deux temps.
- N° 424 245. — 30 novembre 1910. — Mossmeyer. — Moteur léger pour aviation, à deux temps, avec cylindre tournant autour de l'axe de la manivelle.
- N° 424 437. — 14 mars 1910. — Martha. — Dispositif d'alimentation pour moteur à deux temps.
- N° 424 714. — 9 janvier 1911. — Colmant. — Moteur à combustion interne, à deux temps, sans soupapes, à alimentation forcée.
- N° 424 835. — 13 janvier 1911. — Zoller. — Moteur à deux temps et à double effet sans presse-étoupe, avec distribution à pistons, particulièrement applicable à l'aviation.
- N° 425 064. — 20 janvier 1911. — Deprez et Richir. — Moteur à deux temps sans soupapes.
- N° 426 141-426 218. — 23 janvier 1911. — Maillan, Odoni et Donati. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 425 961. — 11 février 1911. — Farcot. — Moteur d'aviation équilibré rotatif ou fixe à deux ou quatre temps.
- N° 426 336. — 30 avril 1911. — Senemaud. — Moteur à deux temps sans soupapes.
- N° 426 774. — 3 mars 1911. — Martinière. — Moteur sans soupapes à deux temps.
- N° 427 005. — 3 mars 1911. — Cholesky. — Moteur à combustion, à deux temps, sans circulation d'eau et à grand rendement thermique.
- N° 427 732. — 25 mars 1911. — Schweizerische Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 427 837. — 28 mars 1911. — J. V. Svensons Motorfabrik. — Dispositif de renversement de marche pour moteurs à deux temps.
- N° 428 063. — 3 avril 1911. — D'Harveng. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 428 150. — 4 avril 1911. — Cornet. — Dispositif spécial de distribution applicable aux moteurs à deux temps.
- N° 428 304. — 17 juin 1911. — Mann. — Moteurs à explosions à deux temps.

- N° 428 418. — 12 avril 1911. — Doxen. — Moteur à explosions à deux temps à simple ou à double effet.
- N° 429 638. — 12 mai 1911. — Behrend. — Moteur à deux temps avec soupape d'arrivée disposée dans le piston.
- N° 430 051. — 23 mai 1911. — Moynet. — Moteur sans soupapes à deux ou quatre temps.
- N° 430 091. — 24 mai 1911. — Dobelli. — Moteur à réaction à deux temps.
- N° 431 669. — 23 juin 1911. — Charbotel et Berne. — Moteur à explosions rotatif à deux temps.
- N° 431 746. — 22 juillet 1911. — Chantraine. — Moteurs à explosions à deux temps.
- N° 742 673. — 24 juillet 1911. — Matrand. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 432 963. — 29 juillet 1911. — Thomas. — Système de distribution pour moteurs à deux temps.
- N° 433 308. — 5 août 1911. — Heuer and Bruhn. — Distributeur pour moteurs à deux temps.
- N° 433 761. — 4 novembre 1910. — Pilain. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 434 061. — 8 septembre 1911. — Montreuil. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 434 166. — 13 septembre 1911. — Krebs. — Perfectionnements dans les moteurs à explosions à deux temps.
- N° 435 728. — 21 octobre 1911. — Chavanon. — Moteur à deux temps à explosions sans soupapes.
- N° 436 807. — 7 janvier 1911. — Galy. — Moteur à explosions à deux temps avec pompe automatique de balayage et de charge.
- N° 435 852. — 31 octobre 1911. — Violet. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 436 592. — 25 janvier 1911. — Pilain. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 436 651. — 22 novembre 1911. — Spuhler. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 436 751. — 31 janvier 1911. — Hardy. — Dispositif pour le refroidissement des cylindres et le balayage des gaz brûlés dans les moteurs à deux temps. (Brevet belge n° 242 652 du 24 mars 1912.)
- N° 437 003. — 30 novembre 1911. — Noël. — Moteurs à explosions à deux temps.
- N° 437 284. — 13 février 1911. — Auduit. — Moteur à pétrole rotatif sans soupapes, à deux temps.
- N° 437 518. — 13 février 1911. — Valous et Beuse. — Moteur à explosions à deux temps.

- N° 437 670. — 14 décembre 1911. — Lauener. — Moteur à deux temps.
- N° 437 744. — 16 décembre 1911. — Silvestri. — Moteur à explosions à deux temps.
- N° 437 854. — 16 décembre 1911. — De Charette. — Moteur à deux temps perfectionné.
- N° 437 900. — 19 décembre 1911. — Barrière. — Moteur à deux temps.
- N° 438 604. — 2 janvier 1912. — Potdevin. — Moteur à deux temps.
- N° 439 327. — 24 janvier 1912. — Viard. — Moteur à deux temps.
- N° 439 390. — 26 janvier 1912. — Kœchlin. — Moteur à deux temps à distribution par pistons moteurs tubulaires.
- N° 439 894. — 19 avril 1912. — Senemaud. — Perfectionnements dans les moteurs à deux temps.
- N° 439 907. — 19 avril 1912. — Tessé. — Moteur à explosions rotatif à deux temps.
- N° 439 909. — 19 avril 1912. — Lelarge. — Nouveau cycle à deux temps pour moteurs à explosions et dispositif pour le réaliser.
- N° 440 398. — 2 mai 1912. — D'Eichtal. — Moteur à deux temps à aspiration séparée et à évacuation complète des gaz brûlés.
- N° 440 724. — 28 février 1912. — Sanciaume et Ducobu. — Moteur à deux temps,
- N° 441 293. — 13 mars 1912. — Soc. An. Fried. Krupp Ak. Germaniawerft. — Moteur à combustion interne à deux temps pour véhicules.
- N° 444 353. — 9 mars 1912. — Mettatt. — Moteur rotatif à cylindres en étoile donnant une explosion par cylindre à chaque tour.
- N° 442 059. — 24 février 1912. — Chérix. — Moteur à deux temps.
- N° 442 228. — 5 avril 1912. — Billon et Brolliet. — Moteur à deux temps.
- N° 442 229. — 5 avril 1912. — Soc. dite G. A. Bröuer et Cie. — Moteur à deux temps.
- N° 442 342. — 9 avril 1912. — Stoltz. — Moteur à deux temps.
- N° 443 094. — 27 avril 1912. — Le Bihan. — Moteur à deux temps.
- N° 443 217. — 1^{er} mai 1912. — Maubach. — Moteur à deux temps.
- N° 443 473. — 7 mai 1912. — Bénier. — Moteur à deux temps pour aéroplanes.
- N° 444 497. — 8 août 1911. — Gallet. — Moteur à deux temps sans soupapes.
- N° 444 616. — 30 mai 1912. — Vaganay. — Moteur à deux temps à piston transporteur.

- N° 445 000. — 8 juin 1912. — Cangro. — Moteur compound à deux temps non réversible.
- N° 445 253. — 14 juin 1912. — Gély et Calmel. — Moteur d'aviation fusiforme à cylindre tandem, cycle à deux temps et double effet.
- N° 445 476. — 2 mai 1912. — Jounieaux. — Moteur à deux temps.
- N° 445 526. — 27 juin 1912. — Kind. — Moteur à deux temps avec piston étagé de balayage.
- N° 446 205. — 15 juin 1912. — Dufour. — Moteur à deux temps.
- N° 446 727. — 27 juillet 1912. — Thomas. — Moteur à deux temps avec distribution sans soupapes.
- N° 447 014. — 27 juin 1912. — Pellisson. — Type spécial de moteur à deux temps avec fourreau fond de pompe mobile et orifices réglables.
- N° 447 266. — 3 juin 1912. — Sté Vöster et Widmann vorm. O. Tournier G. M. B. H. — Système de distribution en combinaison avec un carburateur pour moteur à deux temps.
- N° 448 134. — 10 septembre 1912. — Baré et Gaillat. — Dispositif pour moteur à deux temps sans soupapes.
- N° 448 200. — 27 août 1912. — Léonard. — Moteur à deux temps sans soupapes.
- N° 448 222. — 4 mars 1912. — Dupont. — Moteur circulaire rotatif à explosions à deux temps.
- N° 448 526. — 20 septembre 1912. — Bénier. — Moteur à deux temps perfectionné.
- N° 449 695. — 18 octobre 1912. — Stévenot. — Moteur à deux temps à détente prolongée.
- N° 449 799. — 24 octobre 1912. — Chateau. — Système de division du carter pour les moteurs polycylindriques à explosions à deux temps.
- N° 449 848. — 24 octobre 1912. — Société dite Etablissements mécaniques Horus. — Moteur à deux temps.
- N° 450 142. — 10 janvier 1912. — Pilain. — Dispositif de distribution sans soupapes pour moteur à deux temps.
- N° 450 370. — 19 novembre 1912. — Solne-Dehan. — Moteur à deux temps sans soupapes.
- N° 451 699. — 4 novembre 1912. — Zoller. — Moteur à combustion interne à deux temps avec compresseur rotatif pour l'air ou mélange de balayage.
- N° 451 992. — 17 décembre 1912. — Colmant. — Perfectionnements aux moteurs à deux temps.
- N° 452 196. — 19 décembre 1912. — Feidt. — Moteur à deux temps.
- N° 452 198. — 17 décembre 1912. — Monet. — Moteur à deux temps.

- N° 452 325. — 4 mars 1912. — Crayssac. — Moteur à deux temps sans soupapes.
- N° 453 306. — 18 janvier 1913. — Colmant. — Moteur à deux temps fonctionnant sans distributeur et sans carburateur.
- N° 453 491. — 23 janvier 1913. — Patrick et Pétersen. — Moteur à essence à deux temps.
- N° 453 634. — 24 janvier 1913. — Barlatier. — Moteur à deux temps.
- N° 455 275. — 7 mars 1913. — Roche. — Moteur à deux temps sans soupapes avec cylindres en étoile.
- N° 455 682. — 19 mars 1913. — Humblet. — Moteur à deux temps sans soupapes.
- N° 455 846. — 17 février 1913. — Fraser, Brummer et Murphy. — Perfectionnements aux moteurs à deux temps.
- N° 456 160. — 11 juin 1912. — Poyet. — Moteur à deux temps.
- N° 456 532. — 3 août 1912. — Pacuraro. — Nouveau système de moteur mono ou polycylindrique à deux temps.
- N° 457 151. — 4 juillet 1912. — Blake et Carteron. — Moteur rotatif à deux temps.
- N° 457 889. — 26 avril 1913. — Mc Donell. — Moteur à deux temps à un ou plusieurs cylindres.
- N° 458 057. — 19 mai 1913. — Ruva. — Moteur à deux temps.
- N° 458 691. — 8 juin 1912. — Audouit. — Moteur rotatif à deux temps sans soupapes.
- N° 459 080. — 10 juin 1913. — Daniel. — Perfectionnements aux moteurs à deux temps.
- N° 460 624. — 9 octobre 1912. — Maison Saint-Denis. — Moteur à deux temps.
- N° 461 783. — 8 août 1913. — Delorme. — Moteur à deux temps sans soupapes.
- N° 461 873. — 20 août 1913. — Sté An. Racine et fils. — Moteur à deux temps sans soupapes.
- Nos 465 465 et 465 466. — 28 novembre 1913. — Barkers et Stenbock-Fermor. — Moteur à deux temps sans soupapes.
- N° 466 052. — 11 décembre 1913. — Ruggles et Gaylord. — Moteur à deux temps.
- N° 466 086. — 12 décembre 1913. — Bénier. — Moteur à deux temps perfectionné.
- N° 466 159. — 22 février 1913. — Storz. — Moteur rotatif à deux temps.
- N° 466 854. — 23 décembre 1913. — Montbarbon et Chedru. — Perfectionnements apportés aux moteurs à explosions à deux temps et à pompe de mise en charge, tels notamment que ceux à distribution par fourreau.

- N° 466 904. — 7 juillet 1913. — Feyens. — Moteur à deux temps à injection de combustible.
- N° 467 249. — 13 janvier 1914. — Moussard. — Perfectionnements apportés aux machines telles, notamment et surtout, que les moteurs à deux temps.
- N° 467 297. — 14 janvier 1914. — Renault. — Moteur à deux temps.
- N° 467 543. — 20 janvier 1914. — Sté J. Kupp et Cie. — Moteur à deux temps à grand nombre de tours, sans soupapes ni tirroirs.
- N° 467 763. — 5 avril 1913. — Losse. — Moteur à deux temps.
- N° 468 392. — 13 février 1914. — Enders. — Moteur tournant à deux temps.
- N° 468 414. — 15 février 1913. — Audouit. — Moteur à deux temps rotatif sans articulations ni soupapes.
- N° 470 397. — 14 juin 1913. — Sire de Vilar. — Moteur à deux temps sans soupapes.
- N° 471 736. — 23 avril 1914. — Mojaroff. — Moteur à deux temps,
- N° 471 821. — 5 mai 1914. — Barillier. — Moteur à deux temps à deux cylindres s'alimentant inversement.
- N° 472 261. — 15 mai 1914. — Jallageas. — Moteur à deux temps sans soupapes d'échappement.
- N° 472 748. — 4 août 1913. — Hardy. — Moteur à deux temps.
- N° 473 385. — 17 septembre 1913. — Thomas et Guérin. — Distributeur rotatif pour pompes de moteurs à deux temps.
- N° 473 792. — 20 juin 1914. — Thomas et Guérin. — Perfectionnements aux moteurs à deux temps.
- N° 473 818. — 20 juin 1914. — Sté Le Moteur Berlize. — Distribution à mouvement alternatif spécialement applicable aux moteurs à deux temps.
- N° 473 819. — 20 juin 1914. — Sté Le Moteur Berlize. — Dispositif de cloisonnement du carter dans les moteurs à deux temps.
- N° 473 819. — 20 juin 1914. — Sté Le Moteur Berlize. — Dispositif de cloisonnement du carter dans les moteurs à deux temps.
- N° 475 035. — 11 juillet 1914. — Garelli. — Moteur à deux temps applicable, en particulier, aux motocyclettes.
- N° 476 598. — 23 novembre 1914. — Longard. — Moteur à deux temps.
- N° 477 551. — 6 février 1913. — Tidman. — Perfectionnements apportés aux moteurs rotatifs à deux temps et dont chaque cylindre comporte, outre le piston ordinaire, un diaphragme propre à aspirer le mélange détonant et à refouler les gaz brûlés en se déplaçant sous l'effet de la force centrifuge.

- N° 479 951. — 25 août 1915. — Chédru. — Perfectionnements apportés aux pistons tels, notamment, que ceux pour pompes de mise en charge des moteurs à deux temps.
- N° 479 953. — 21 septembre 1915. — Chédru. — Perfectionnements apportés aux moteurs à deux temps et à pompe de mise en charge.
- N° 480 080. — 26 octobre 1915. — Fornaca. — Cylindre composé à dilatation libre pour moteurs à deux temps.
- N° 480 734. — 17 janvier 1916. — Binche, Dupuis et Prignol. — Moteur à deux temps.
- N° 481 278. — 17 mars 1916. — Dutlinger. — Perfectionnements dans les moteurs à deux temps sans soupapes.
- N° 481 315. — 27 mars 1916. — Ruva. — Moteur à deux temps.

VENTOU-DUCLAUX. — Moteurs à deux temps.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

	Pages.
Principe du moteur à deux temps	4
Raisons qui militent en faveur du moteur à deux temps. — Régularité cyclique. — souplesse. — Point de vue thermique. — Point de vue mécanique (Pertes par les frottements)	3
Consommation en combustible	48

CHAPITRE II

RÉALISATION DU MOTEUR À DEUX TEMPS

4. — DISPOSITIFS D'ALIMENTATION	24
1 ^o Moteurs dans lesquels le mélange gazeux est aspiré dans un cylindre indépendant du cylindre moteur (moteurs Côte, Kolb, Carles, Chastannet, Junkera, Söhnlein, Strock, Lunet et Le Métais, Morrow, Simonet, Billard, Prini et Berthaud, Rondeau, Cellérier, Enderby, Johnson, <i>Hélium</i> , Dieudonné, Laurent-Champrosay, <i>Laviator</i> , de la Société Gnôme)	23
2 ^o Moteurs dans lesquels le mélange gazeux est aspiré par le piston moteur :	
a. Dans une capacité adjointe au cylindre moteur (moteurs Collmant, Krebs, Sautter-Harlé, Amar, Brillié, Gogolinsky, Milliou, Billon et Broillet, Legros, Peugeot-Tony-Huber, <i>Triphasé</i>)	51
b. Dans le carter par le piston moteur (moteurs Söhnlein, Gérard, Bouvret, Farcot, Bidard, Lefèvre, Société Grégoire, Société générale de Bonneterie et M. Löw, Altham, Lemaitre, Hardt, Busson, Senemand, Chouard et Clerc, Violet et Hénon, Lister)	75
c. Dans le cylindre moteur (moteur Anzani)	88

<i>B.</i> — ÉVACUATION DES GAZ BRULÉS	92
Examen des gaz d'échappement	99
Dispositifs destinés à produire l'élimination la plus complète possible des gaz brûlés	103
1 ^o Formes spéciales données aux pistons dans le but de réduire au minimum l'espace mort (moteurs Crespelle, Dignat, Spenli et Vérot, Maillan et Odoni)	104
2 ^o Modes spéciaux d'introduction des gaz frais (moteurs Richard et Grand'Eury, Société Despland et Cie, Goldsmichdt et Lepape, Kiény, Behrend, Lepape, Paratre, Violet et Hénon, Suteau et Strouble)	109
3 ^o Balayage des gaz brûlés par un courant d'air pur (moteurs James Burton, Société Grégoire, Billet, Torrent, Albertini, Sénemaud, Dyckhoff)	113
4 ^o Aspiration des gaz brûlés à l'extérieur du cylindre (moteurs Pilain, Milecent et Mahoux, Guillot, Huchet, de Schlumberger, Pruvost, Duchesne-Fournet, Berthon, Zoller)	122
<i>C.</i> — DISPOSITIFS DE DISTRIBUTION	128
<i>a.</i> Distribution par le piston	128
<i>b.</i> Dispositif par fourreau cylindrique animé de mouvement alternatif (moteurs <i>Hélium</i> , Sautter-Harlé, Colmant, Krebs, Ferrero et Franchetti, Valenta da Cruz)	129
<i>c.</i> Distribution par tiroirs et disques rotatifs (moteurs Thomas, Pollet, Chastagnet, Moynet, Heuer et Bruhn, Dussoudeix et Floran de Villegue)	137
<i>d.</i> Distribution par soupapes (moteur Anzani)	141
<i>D.</i> — DISPOSITIONS SPÉCIALES	142
Variation des ouvertures d'admission et d'échappement (moteur Denison)	142
Régulation de l'admission par l'échappement (moteur Heisig) .	143

CHAPITRE III

LISTE DES BREVETS FRANÇAIS CONCERNANT LES MOTEURS A EXPLOSIONS
A DEUX TEMPS DESTINÉS A L'AUTOMOBILISME ET A L'AVIATION 145

ÉVREUX, IMPRIMERIE GH. HÉRISSEY