

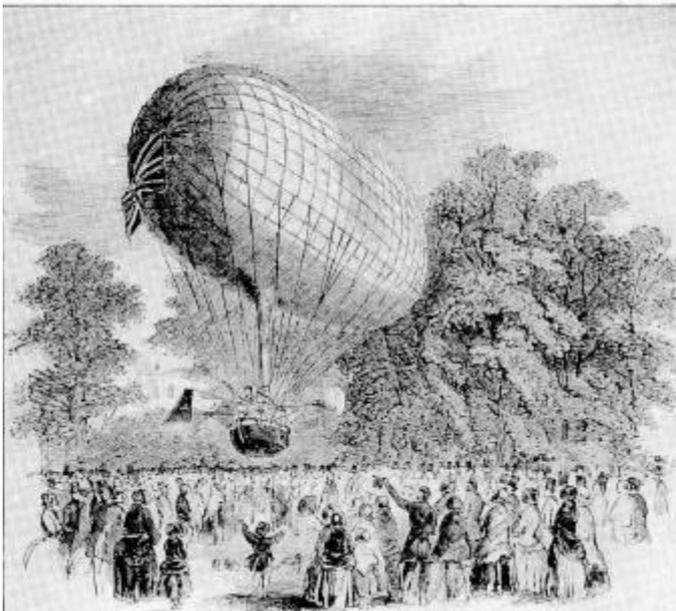
**Coupe verticale et vue extérieure du rotatif Burlat**

*Schéma en coupe longitudinale du moteur Burlat rotatif, Revue de l'industrie automobile & aéronautique, 15 mai 1912. Noter la position du carburateur, à gauche, et celle de l'arbre porte-hélice, à droite. (Collection de l'auteur).*

# Les moteurs d'aviation Burlat

## Le moteur de l'aéronef

Les premiers dirigeables sont propulsés par un petit moteur à vapeur, seule technologie disponible à l'époque. Par suite de la présence de la chaudière sous 2 500 m<sup>3</sup> d'hydrogène, Henri Giffard (1825-1882) fait une tentative de navigation aérienne audacieuse en 1852. Son engin atteint 7 km/h entre Paris et Trappes. Développant 3 ch, le moteur ne fournit à l'aéronef qu'une vitesse de deux mètres par seconde et il faut naviguer par un jour sans vent pour espérer revenir à son point de départ, ce qui condamne la solution en usage militaire.



Le ballon « dirigeable » de l'Anglais Bell aux Vauxhall près de Londres, 1850. Premier ballon mû par une hélice servie par des rameurs.

A Chalais-Meudon, vingt ans plus tard, les militaires ne sont pas plus avancés. Le capitaine Charles Renard (1847-1905) utilise un moteur à vapeur « vermiculaire » spécialement allégé en 1878, mais c'est un moteur électrique qui lui permet d'effectuer le 9 août 1884 le premier voyage en circuit fermé sur la France, une véritable navigation aérienne. En 1886, pour propulser un dirigeable militaire, il développe un formidable moteur à explosion de 100 ch consommant de la gazoline et de l'hydrogène. Il lui faudra sept ans d'efforts pour réaliser le moteur, et devant le danger d'explosion<sup>1</sup>, il revient aux moteurs à vapeur.

1. La proximité d'un moteur à explosion alimenté à l'essence sous la masse de l'hydrogène ou du gaz d'éclairage, deux gaz explosifs, conduit à des accidents. Le 12 mai 1902, le dirigeable *Pax* explose avenue du Maine à Paris, tuant son équipage de deux hommes. Le 24 juin 1908, le dirigeable de Lebaudy *République* s'écrase au sol à Avrilly, près de Moulins, une pale d'hélice ayant déchiré l'enveloppe, causant la perte de quatre hommes.

Les dernières années du XIX<sup>e</sup> siècle voient naître le moteur à explosion à pétrole. A Tempelhof près de Berlin en 1896, le Docteur Wolfert expérimente le premier un dirigeable à moteur Daimler à essence de 8 ch. En France Santos-Dumont (1873-1932) réalise le même exploit peu après en dotant son dirigeable d'un moteur automobile de Dion de 3 ch. L'Autrichien David Schwartz en 1897, avec un moteur Daimler de 12 ch, réalise à Tempelhof la première ascension d'un dirigeable rigide.



Dirigeable militaire français Lebaudy Patrie à Moisson (Yvelines).

Jusqu'en 1909, les meilleurs dirigeables militaires, des machines dont le prix d'achat par l'armée est très élevé, cherchent encore un bon moteur. Les industriels se sont déjà emparés de la construction de la machine. Les frères Lebaudy, industriels du sucre, se lancent en 1899 dans la réalisation d'un dirigeable, le *Jaune*, réalisé par Henri Julliot, directeur technique des sucreries. La firme automobile de Levallois Clément-Bayard construit des dirigeables pour l'Aéro-Club de France et pour l'armée, suivie par les Etablissements Surcouf, devenus Astra en 1908. Simultanément, chaque motoriste automobile propose un moteur aérien.

Jusqu'en 1909, les meilleurs moteurs à essence, développant plus de 50 ch, pèsent encore près de 200 kg, sans compter le poids du carburant, le poids de l'eau de refroidissement, du radiateur et des circuits. Le dirigeable *Comte de la Vaulx* en 1906 est propulsé par un V4 à explosion de 16 ch refroidi par eau conçu par l'ingénieur Clément Ader en 1901 et réalisé en 1903 pesant près de 100 kg. Des moteurs à essence 4-cyl Daimler de 40 ch pesant 150 kg propulsent les dirigeables types Lebaudy-Julliot en 1904. En 1906 le dirigeable *Ville de Paris* est propulsé par un moteur marin Chenu adapté à l'automobile développant 70 ch.

## Un défi technique

En 1909, le moteur aérien constitue un véritable défi technique. Puissant et léger, deux conditions contradictoires qui mènent à réaliser un moteur peu endurant. Si les aéroplanes naissants peuvent se contenter d'un moteur fonctionnant quelques minutes, le temps d'une envolée, les dirigeables doivent tenir l'air des heures et sans la puissance de leur moteur, ils sont désarmés. C'est pourquoi sur la plupart d'entre eux sont montés deux moteurs, généralement placés aux extrémités de la nacelle.

Type	Volume	Moteurs	Vitesse
N° 2	7 000 m <sup>3</sup>	2 Clément-Bayard 120 ch	54 nœuds
N° 3 Dupuy de Lôme	9 000 m <sup>3</sup>	2 Clément-Bayard 120 ch	51 nœuds
N° 4 Adjudant Vincenot	9 800 m <sup>3</sup>	2 Clément-Bayard 120 ch	49 nœuds
N° 5 livré à la Russie	9 600 m <sup>3</sup>	2 Clément-Bayard 130 ch	53 nœuds
Montgolfier	6 500 m <sup>3</sup>	2 Clément-Bayard 90 ch	60 nœuds

Dirigeables Clément-Bayard, 1909-1914.

L'ingénieur lyonnais Antoine Burlat créateur à Villeurbanne près de Lyon, rue Poizat, de la *Société des Moteurs Burlat* pour automobiles en 1904 présente quelques années plus tard un moteur aérien de 35-40 ch à huit cylindres en étoile (ou plus exactement en X) ayant une triple particularité : bi-rotatif, refroidi par air, à vilebrequin roulant dans le carter. Le fait que le moteur soit bi-rotatif constitue en soi une nouveauté. En effet, sur la plupart des rotatifs, le vilebrequin est fixe. Sur le moteur Burlat le bloc moteur et le vilebrequin sont tous les deux rotatifs. Le fait qu'il soit refroidi par air, une technique encore assez peu employée à l'époque, indique un moteur léger : 85 kg<sup>2</sup>. Un rapport poids/puissance de 2,4 n'est pas extraordinaire, mais ce qui fascine les observateurs est son système de vilebrequin roulant.

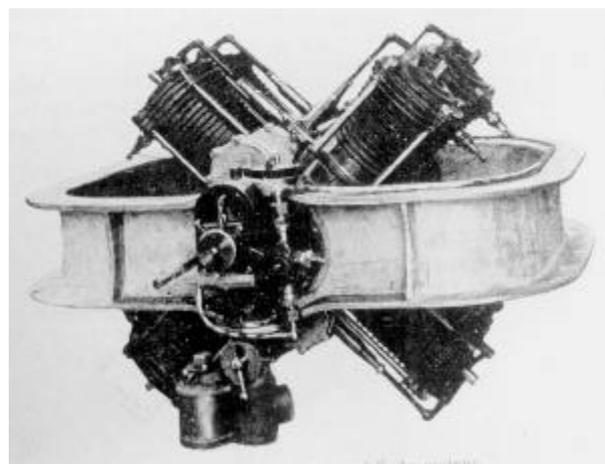
Type	Volume	Moteurs	Vitesse
Ville de Paris	3 195 m <sup>3</sup>	Argus 70 ch	32 nœuds
Ville de Bordeaux	3 300 m <sup>3</sup>	Renault 80-90 ch	38 nœuds
Ville de Nancy	3 300 m <sup>3</sup>	Clément-Bayard 115 ch	51 nœuds
Ville de Lucerne	4 500 m <sup>3</sup>	Clément-Bayard 115 ch	47 nœuds
Clément-Bayard I	3 500 m <sup>3</sup>	Clément-Bayard 115 ch	50 nœuds
Colonel Renard	4 200 m <sup>3</sup>	Panhard-Levass. 120 ch	38 nœuds
Espana	4 200 m <sup>3</sup>	Panhard-Levass. 120 ch	38 nœuds
Ville de Bruxelles	8 300 m <sup>3</sup>	Astra-Pipe 100 ch	51 nœuds
Astra-Torres vedette	1 590 m <sup>3</sup>	Chenu 55 ch	
Adjudant Réau	8 950 m <sup>3</sup>	2 Brazier 125 ch	52 nœuds
Lieutenant Chauré	8 850 m <sup>3</sup>	2 Panhard-Levass 110 ch	50 nœuds
Conté	6 650 m <sup>3</sup>	2 Chenu 80 ch	45 nœuds
Type XIII	9 800 m <sup>3</sup>	2 Chenu de 150 ch	59 nœuds
Astra-Torres XIV	8 700 m <sup>3</sup>	2 Chenu 150 ch	80 nœuds

Dirigeables Astra, 1909-1914. Les grosses puissances autorisent des vitesses élevées.

2. Le Gnome Omega développait 34 ch en mai 1909 pour 82 kg.

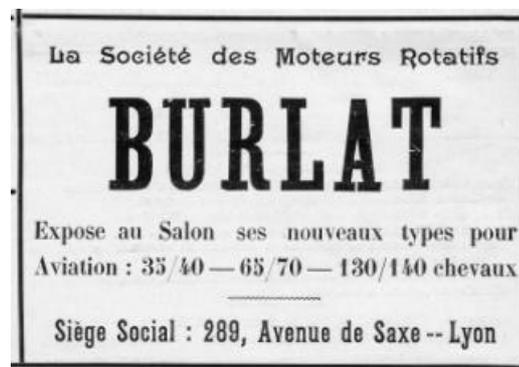
Certain de sa réussite, Burlat crée à Lyon début 1910 une société portant le nom de son invention, la *Société des Moteurs Rotatifs Burlat*.

Basé sur un brevet ancien puisque déposé le 9 avril 1904 (n° 23.079), le « bi-rotatif » Burlat de 35-40 ch est présenté à Paris au Salon de l'aéronautique en septembre 1909. Il fait sensation. Mais personne dans la presse n'est capable d'expliquer son fonctionnement. Bi-rotatif ? L'ingénieur chargé de sa présentation parle du théorème de Lahire. Du coup, personne n'y comprend plus rien. Mais ceci n'explique pas la mévente de la mécanique.



Moteur Burlat de 35-40 ch (1910) tournant dans son berceau en aluminium. Le carburateur est placé à l'un des axes de rotation, l'arbre porte-hélice à l'autre.

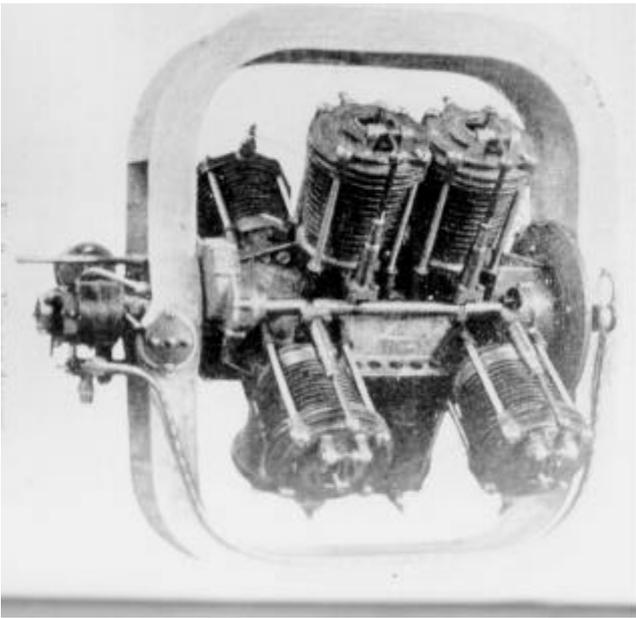
Testé par l'armée à Chalais-meudon en 1910, pour une utilisation dans un dirigeable, le 35-40 ch dont la cylindrée est de 6,8 litres développe en réalité 25 ch. Commercialisé fin 1910 pour la somme assez modique de 6 500 francs, le rotatif Burlat, malgré son mystère, est totalement dominé en performances par les produits de la Société des Moteurs Gnome, l'Omega, qui développe 50 ch en 1910 pour un poids de 76 kg, et l'Omega-Omega, un 14-cyl de 100 ch dont le rapport poids/puissance est proche de 1.



Publicité de la Société des Moteurs rotatifs Burlat, parue dans la Revue de l'industrie automobile et aéronautique, mai 1912.

## Les moteurs d'aviation BURLAT

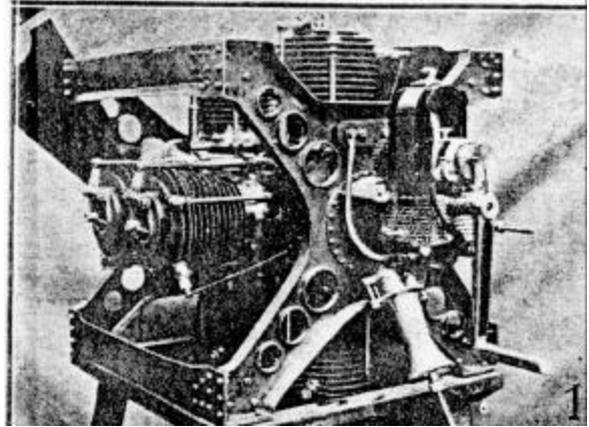
Les efforts de Burlat se reportent alors sur le 8-cyl de 65-70 ch (les techniciens du Génie à Chalais-meudon ne mesurent qu'une puissance de 55 ch à froid) dont la cylindrée est portée à 10 litres et sur le 16-cyl de 140 ch (qui développe 105 ch dans le meilleur des cas) dont la cylindrée est de 20 litres. Cependant le moteur bi-rotatif continue à fasciner, sans doute par suite du fait que personne ne comprend comment il fonctionne véritablement. Le 65-70 ch, rebaptisé plus justement 60 ch en 1912, est commercialisé 11 000 francs. Comme le 35-40 ch, ce moteur ne trouve aucun acquéreur.



Moteur Burlat de 35-40 ch vu par-dessus. On voit mieux la disposition des cylindres. (L'Aérophile).

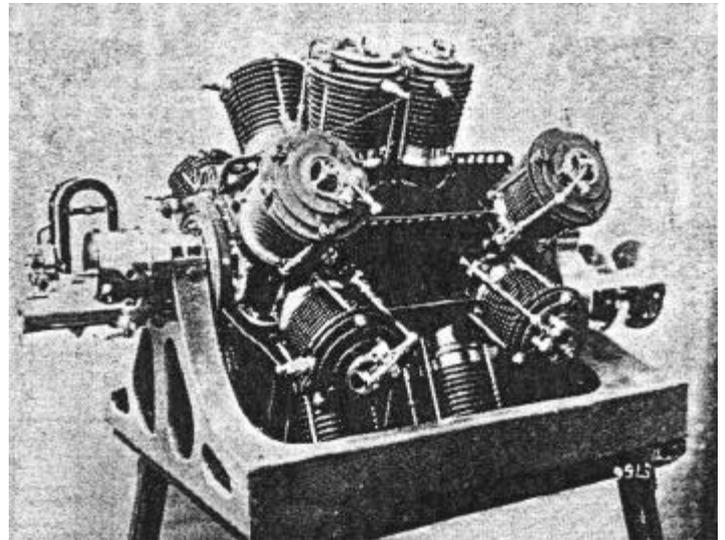
A la même époque, plusieurs ingénieurs français présentent des moteurs rotatifs non conventionnels. Breton présente un 12-cyl en étoile « à puissance variable » de 20 à 60 ch, bi-rotatif ; Beck présente un 75 ch dont les pistons sont courbes et tournent dans un cylindre unique de forme torique ; Canda commercialise un rotatif ne comportant pas de vilebrequin ; Collet chez Cyclone un rotatif de 90 ch sans aucune soupape, Demont un moteur dont les pistons « sont à double effet » censé développer 300 ch, Dhenain un moteur rotatif de 50 ch à distribution par pignons à engrenages, la société EJC un bi-rotatif de 60 ch à six-cylindres dont le vilebrequin et les cylindres sont fous (tournent sans appui fixe, comme sur le moteur Burlat), Esselbe un torique de 60 ch, Farcot un bicylindre deux temps de 80 ch rotatif, Filtz un 60 ch rotatif à six cylindres possédant un vilebrequin par piston, Helium des deux temps en étoile rotatifs de 60 ch et plus, Laviator des deux temps à trois cylindres en étoile, Ligez un trois cylindres en étoile bi-

rotatif dont la puissance est également donnée par le couple, la Société Rilhac & Cie sous la marque Siva un rotatif de 45 ch sans bielles ni vilebrequin.



Moteur Burlat 75 ch exposé au Salon de l'aéronautique de Paris en décembre 1912. (L'Illustration).

Au Salon de 1912 à Paris, on ne compte pas moins de 450 moteurs différents destinés à l'aéronautique, aux dirigeables et aux aéroplanes. A l'exception de quelques motoristes, aucun de ces moteurs ne connaîtra le succès commercial. A ce moment, La Société des Moteurs Gnome, Le Rhône et Clerget dominent le marché des rotatifs, présentant une gamme particulièrement bien adaptée aux aéroplanes.



Moteur Burlat de 140 ch, tel que présenté au Salon de Paris, décembre 1912. On devine la position des seize cylindres, si on compare cette photographie à celle de la même page, en haut à gauche. (L'Aérophile du 1<sup>er</sup> novembre 1912).

La Société des Moteurs Rotatifs Burlat disparaît en avril 1914 après qu'elle ait déposé plusieurs brevets sur son moteur, n° 1400999 en France en date du 16 janvier 1913, n° 71501 en Suisse en date du 13 janvier 1914.

Par ce dossier, saluons, près d'un siècle plus tard, le dynamisme des petits ateliers

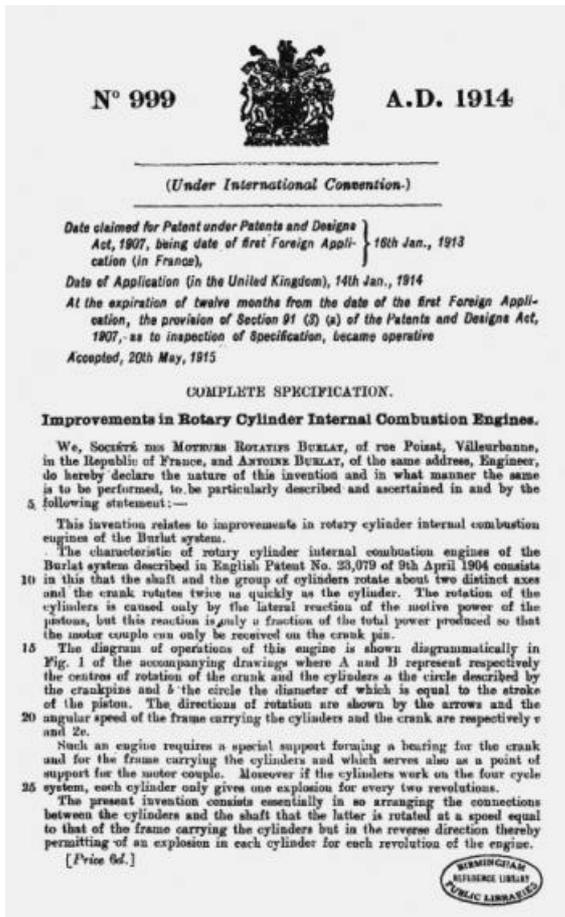
parisiens et français, lancés par l'automobile, et qui ont investi parfois des millions de francs, comme Burlat, dans la réalisation de moteurs, sans retour sur leur investissement.

Année créat.	Type	Puissance	Alésage Course	Poids	Prix
1909	8-cyl en X	35-40 ch à 1800 t	95 mm 120 mm	85 kg	6 500 F
1910	8-cyl en X	65-70 ch à 1800 t	120 mm 120 mm	120 kg	11 000 F
1911	16-cyl en X imbriqués	140 ch à 1750 t	120 mm 120 mm	230 kg	22 000 F

Moteurs rotatifs Burlat (1910-1913).



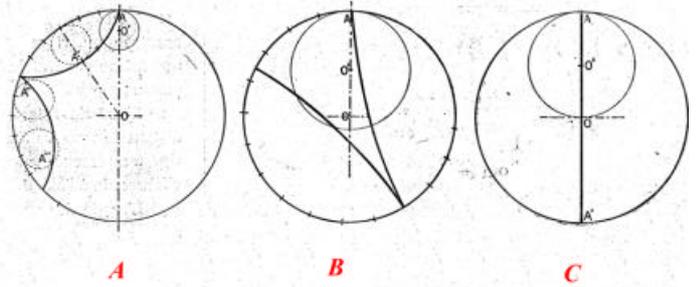
Action de cent francs de la Société des Moteurs Rotatifs Burlat.



Brevet Burlat déposé en Grande-Bretagne, 1913. (Office européen des brevets).

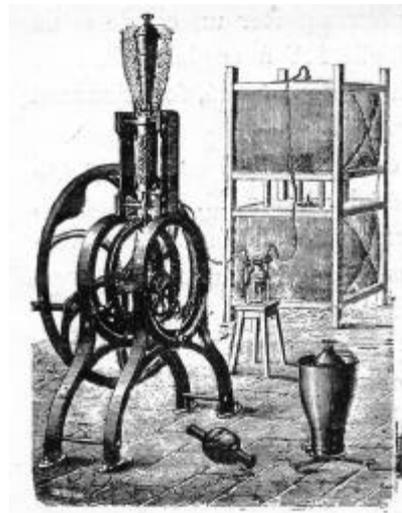
## Le théorème de Lahire

On doit au mathématicien français Philippe de Lahire (ou La Hire, 1640-1718) plusieurs théorèmes sur les engrenages épicycloïdaux, en particulier sur la rotation d'un engrenage à l'intérieur d'un autre. D'ailleurs, les engrenages intérieurs portent son nom.



Tracés de l'hypocycloïde de Lahire, 1678.

Dans les trois cas de la figure ci-dessus, un cercle de petit diamètre se déplace à l'intérieur d'un cercle de plus grand diamètre. En A, le cercle intérieur a un diamètre inférieur au rayon du grand cercle. Au fur et à mesure que le petit cercle roule à l'intérieur du grand cercle, le point A du petit cercle trace une courbe dite hypocycloïde. En B, le petit cercle possède un diamètre supérieur au rayon du grand cercle. La courbe parcourue par le point A se matérialise autrement. En C, le diamètre du petit est égal au rayon du grand cercle. Dans ce cas, le point A parcourt une droite, la droite A A', d'avant en arrière et d'arrière en avant au fur et à mesure que le petit cercle roule à l'intérieur du grand.



Pompe servant à liquéfier le protoxyde d'azote, dû à Deleuil, Bianchi, Hempel et Breton frères, 1865.

## Les moteurs d'aviation BURLAT

En application de ce théorème, plusieurs ingénieurs au cours du XIX<sup>e</sup> siècle construisent des pompes aspirantes et refoulantes, le point A agissant sur un piston. Dans la machine de Deleuil, une manivelle agissant sur le grand cercle met en mouvement alternatif un piston chargé de comprimer l'azote.

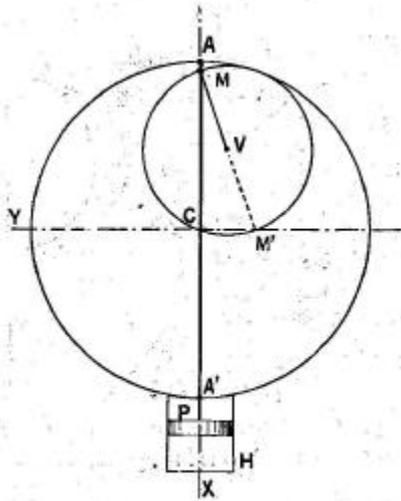


Schéma de principe du moteur Burlat.

CONFÉDÉRATION SUISSE

BUREAU SUISSE DE LA  PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

**EXPOSÉ D'INVENTION**

Publié le 17 janvier 1916

---

N° 71501 (Demande déposée: 13 janvier 1914, 8 h. p.) Classe 104 a  
(Priorité: France, 16 janvier et 6 mars 1913.)

**BREVET PRINCIPAL**

SOCIÉTÉ DES MOTEURS ROTATIFS BURLAT et Antoine BURLAT,  
Villeurbanne (Rhône, France).

**Moteur rotatif.**

L'objet de la présente invention est un moteur rotatif.

Il comporte, comme le dispositif de transformation de mouvement décrit dans l'exposé d'invention du brevet suisse principal n° 32900, des cylindres qui sont opposés deux à deux et dans lesquels jouent des pistons reliés deux à deux par des tiges communes E<sup>1</sup> à deux manivelles G<sup>1</sup> de l'arbre brisé C. Celui-ci est porté, par l'intermédiaire de roulements à billes, par des tourillons H H<sup>1</sup> de telle façon qu'il tourne autour de l'axe A-A' (voir aussi la fig. 1). Les tourillons H H<sup>1</sup> sont solidaires de manivelles P<sup>1</sup> P<sup>2</sup> appartenant à deux arbres coaxiaux I I' tournant autour de leur axe commun B-B', qui rencontre les axes communs des quatre cylindres. Les dimensions sont choisies de manière que le cercle décrit par l'axe des manivelles G<sup>1</sup> passe par l'axe B-B' de rotation des cylindres E et qu'il soit tangent à un cercle à ayant cet axe pour centre et un diamètre égal à la course des pistons E<sup>1</sup>. Les rotations ont lieu dans le sens des flèches de la fig. 1 et les vitesses angulaires de ces cylindres et de l'arbre C autour de leurs propres axes de rotation sont respectivement v et 2v.

Mais, il s'en distingue en ce que les cylindres sont reliés à l'arbre par au moins un engrenage.

Le dessin annexé représente, à titre d'exemples, plusieurs formes d'exécution de ce moteur.

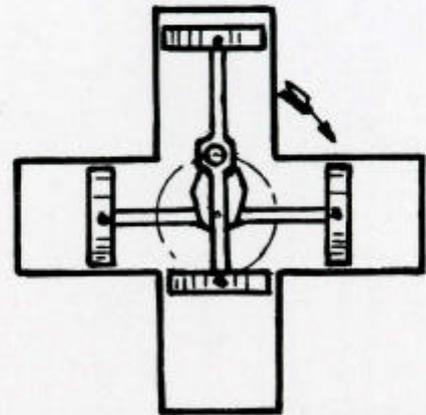
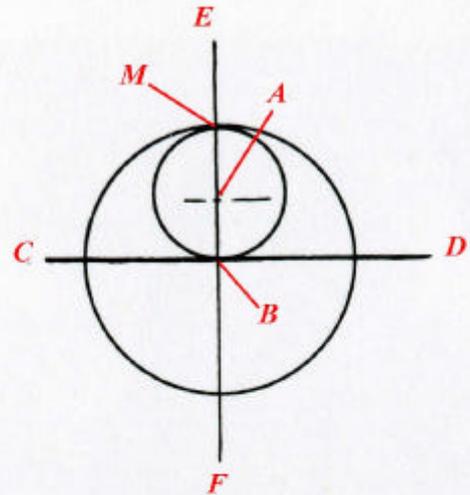
La fig. 1 est relative au fonctionnement des deuxième et troisième formes d'exécution;

Les fig. 2 à 5 sont des coupes axiales partielles desdites formes d'exécution;

La fig. 6 se rapporte au fonctionnement de la forme d'exécution que montre la fig. 5.

Brevet déposé en Suisse, janvier 1914. (Office européen des brevets).

Dans le moteur Burlat, le carter moteur intérieur joue le rôle du grand cercle. Le vilebrequin, d'un diamètre égal à la moitié de celui du carter, tourne à l'intérieur du carter. Figurant le maneton, le point M (voir figures ci-contre et ci-dessous) du cercle de centre V figurant le vilebrequin parcourt la droite A A' d'un mouvement alternatif, agissant par une bielle sur le piston P. On peut dire aussi que le cercle de centre V est l'arbre vilebrequin, M le maneton de ce vilebrequin, MX une bielle portant le piston P. Si une pression agit sur le piston P, par exemple tirant vers le bas X, le point M se rapproche de A' et le cercle V roule vers la droite autour de C. Le point M parcourant la droite A A', la bielle ne travaille jamais de biais, obliquement, mais toujours dans l'axe A A'.

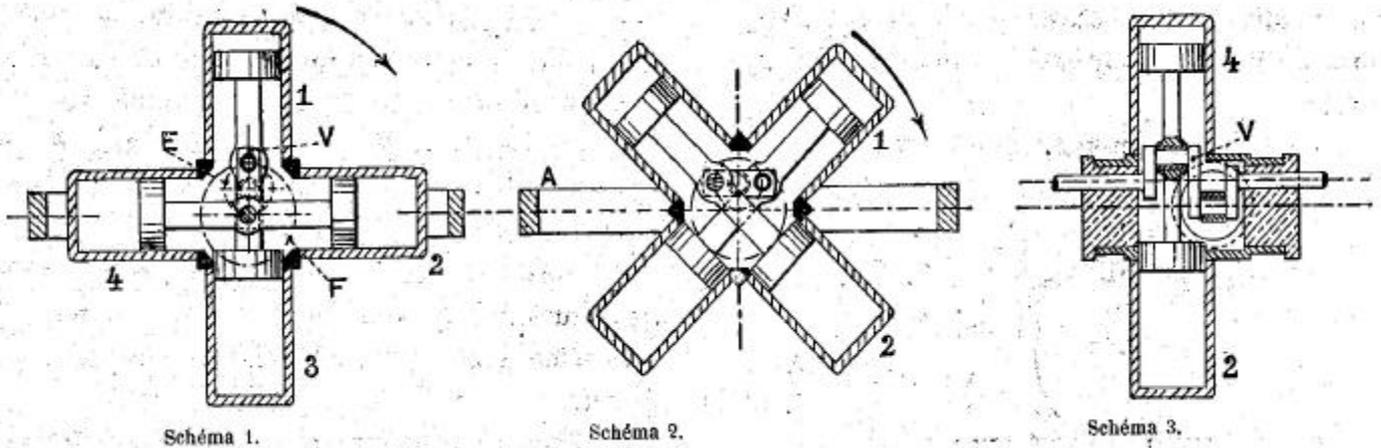


Moteur Burlat, principe de fonctionnement de l'embellage. Le vilebrequin comporte deux manivelles par groupe de quatre cylindres, décalées de 180°. Les pistons opposés sont solidaires.

## Le moteur Burlat en action

Le moteur Burlat est bi-rotatif en ce sens que les cylindres tournent dans le même sens que le vilebrequin autour d'un axe longitudinal, le vilebrequin tournant deux fois

plus vite que les cylindres. Sur les premiers moteurs, le moteur tourne à 900 tours par minute et entraîne une hélice de trois mètres de diamètre (dirigeables) tandis que le vilebrequin tourne à 1800 tours.



Moteurs Burlat, schéma trois vue, coupes transversales. Revue de l'industrie automobile et aéronautique, 15 mai 1912.

Le moteur 8-cyl est constitué de deux groupes de quatre cylindres montés en X à  $90^\circ$  ; un premier groupe est formé par les deux cylindres avant et les deux premiers cylindres du centre, le second groupe, semblable au premier est formé par des deux cylindres du troisième rang et des deux derniers. Dans chaque groupe, les quatre cylindres forment un X (schéma 1 ci-dessus) et attaquent deux manetons du vilebrequin qui comporte deux manivelles à  $180^\circ$ . Les cylindres 1 et 3 sont opposés et attaquent le même maneton V ; les cylindres 2 et 4 légèrement décalés dans le plan vertical, également opposés, attaquent l'autre maneton. Le vilebrequin du 16-cyl comprend quatre coudes décalés de  $90^\circ$ .

Examinons de fonctionnement d'un groupe de quatre cylindres. Le schéma 1 ci-dessus montre le moteur dans sa position initiale, le cylindre 1 étant au début du temps d'explosion. Le point V occupe une position excentrée par rapport à l'axe de rotation du moteur, l'excentrage étant déterminé par la longueur du coude du vilebrequin. Les manetons de bielle passent à tour de rôle par le centre de rotation du moteur. La rotation du moteur se fait dans le sens indiqué par la flèche.

Lorsque le moteur a tourné sur lui-même de  $45^\circ$  par rapport à la position initiale (schéma 2), le vilebrequin a tourné de  $90^\circ$ . Quand le cylindre 1 atteint le bas du dessin, le bloc moteur et ses huit cylindres a fait un demi tour et le vilebrequin un tour complet. A ce moment, le cylindre 1 est à fond de

course du temps d'explosion. Chaque temps d'explosion d'un cylindre dans un groupe correspond donc à un tour complet de l'arbre vilebrequin. Le cylindre 1 revient ensuite après un autre demi-tour moteur à la position du schéma 1 évacuer ses gaz brûlés ; au tour suivant se produiront les deux temps restants, admission et compression. Chaque cylindre d'un groupe a les mêmes temps aux même points de la circonférence décrite.

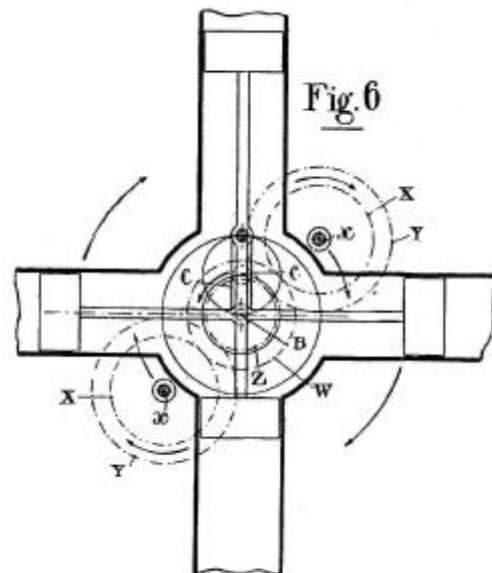
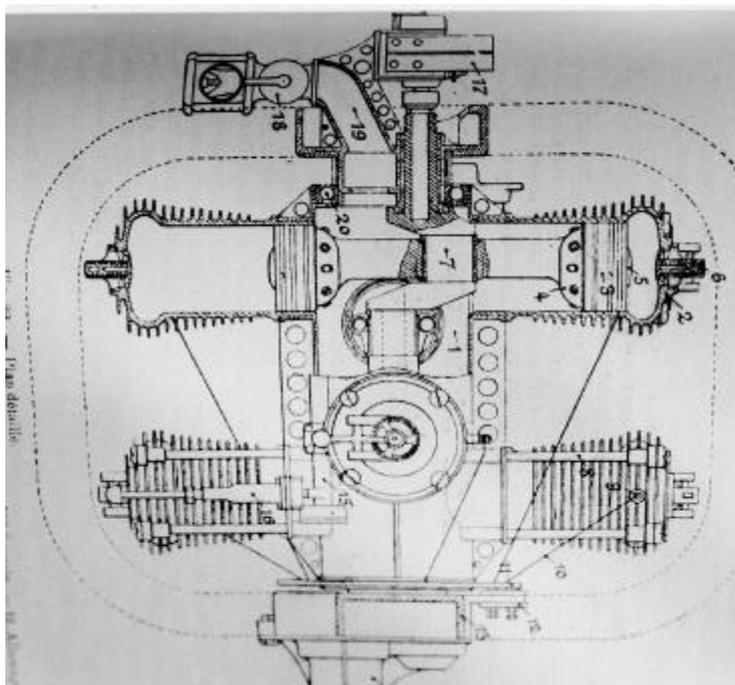


Schéma de fonctionnement du moteur Burlat décrit dans le brevet page 5.

## Moteur Burlat, description

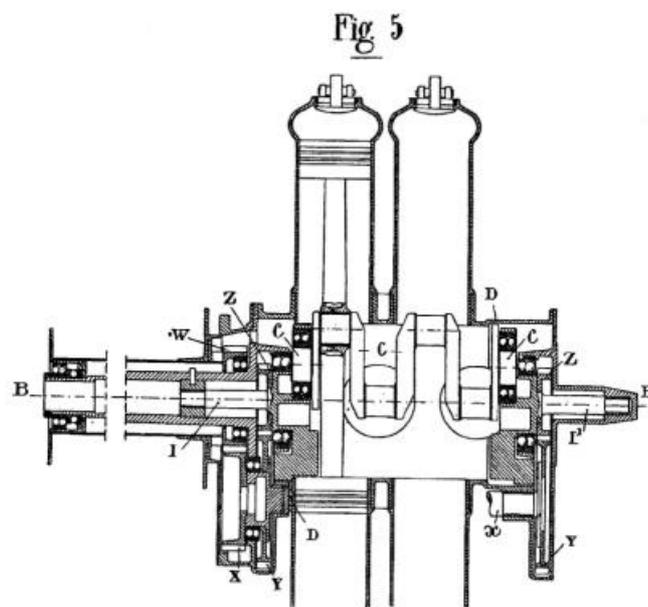
Le moteur rotatif Burlat d'aviation de 35-40 ch (1910) fait 6,8 litres de cylindrée de cylindrée pour un poids de 85 kg, berceau porteur en aluminium coulé compris. Il comporte huit cylindres placés en X comme illustré ci-dessous. De même architecture, le moteur de 65-70 ch (1911) fait près de 11 litres de cylindrée et pèse 120 kg, berceau en tôle emboutie et accessoires (carburateur, magnéto) inclus. Le moteur annoncé pour 140 ch fait pratiquement 22 litres de cylindrée et pèse 230 kg en ordre de marche.



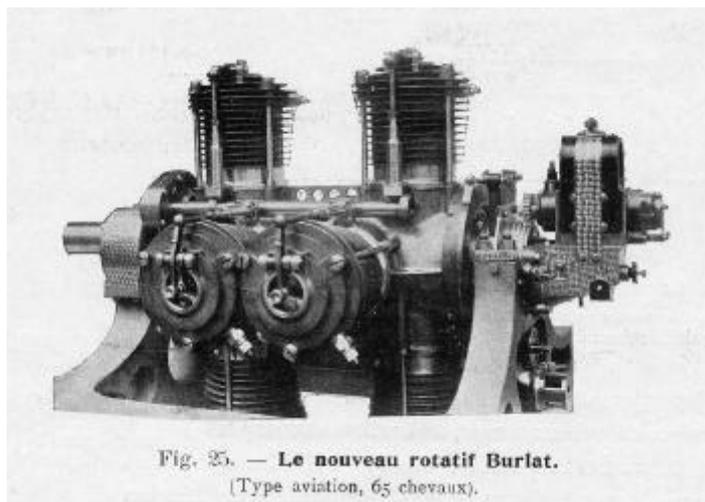
Moteur Burlat 75 ch, 1911. Ce dessin montre la disposition décalée des cylindres. (Revue Aeronautics 1912, document CAEA).

**Cylindres.** — Les cylindres sont en fonte, sans chemise, munis d'ailettes de refroidissement. Leur alésage est de 95 mm (35-40 ch) ou 120 mm (autres moteurs). Le moteur tournant à faible vitesse, 900 tours, soit 30 mètres par seconde au niveau des culasses, leur disposition sur des plans décalés permet cependant un bon refroidissement. Vissés au bloc moteur en acier coulé, l'ensemble rotatif formé par la masse des cylindres et du carter tourne sur des rouleaux à billes.

**Embiellage.** — Les pistons, fabriqués en fonte, sont vissés sur les têtes de bielles. Les segments sont en fonte, comme les cylindres. Les pistons sont fixés par deux en opposition aux extrémités de deux bielles qui attaquent le vilebrequin en acier-nickel cémenté et trempé, reposant sur des coussinets en bronze phosphoreux.



Moteur Burlat, embiellage.



Le moteur rotatif Burlat, présenté à la presse en mai 1912.

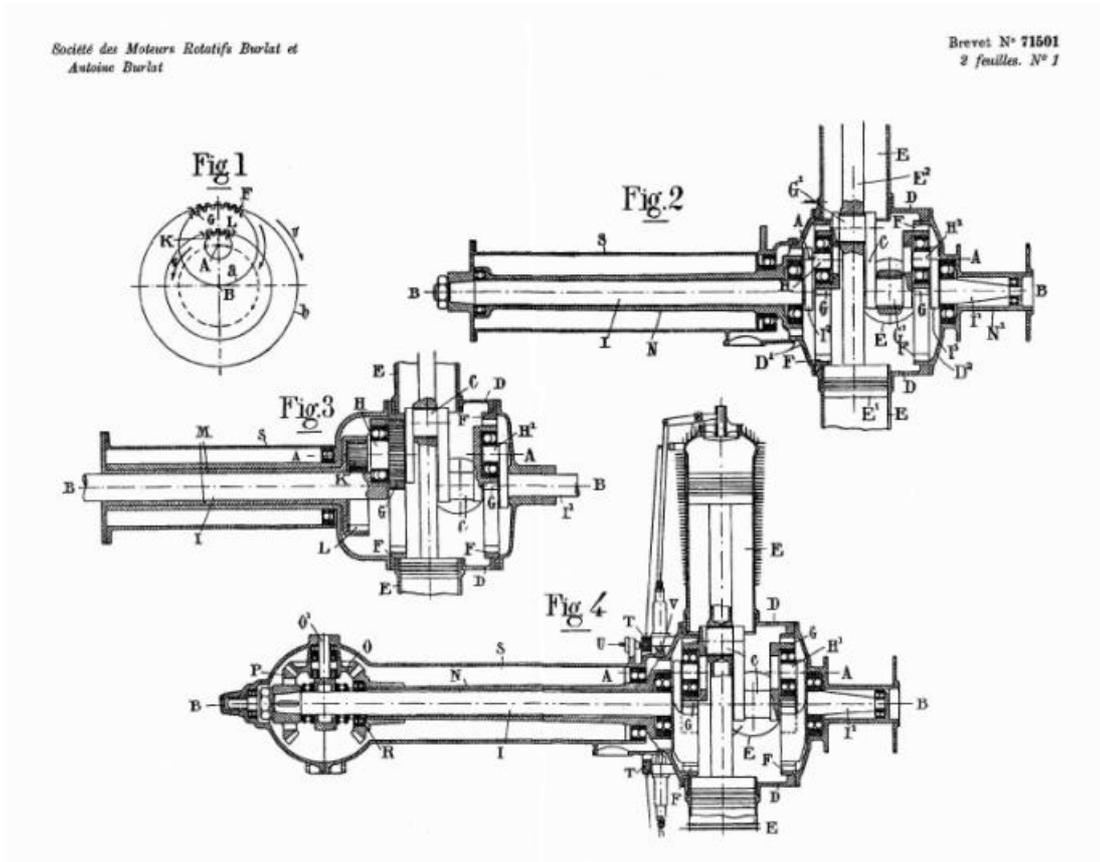
**Distribution.** — Chaque cylindre dispose d'une soupape d'admission, automatique et logée sur le piston, et d'une soupape d'échappement, commandée, placée sur la culasse. La soupape d'admission est équilibrée par une combinaison de ressorts et leviers à contrepoids de manière à équilibrer la force centrifuge résultant de la rotation du moteur. Dès que le moteur a atteint son régime de puissance, les leviers basculent et réduisent la compression, ce qui régule le régime.

Les soupapes d'échappement sont placées au sommet des cylindres et sont commandées par des arbres à cames. Un dispositif permet de régler le moment d'ouverture pendant la marche.

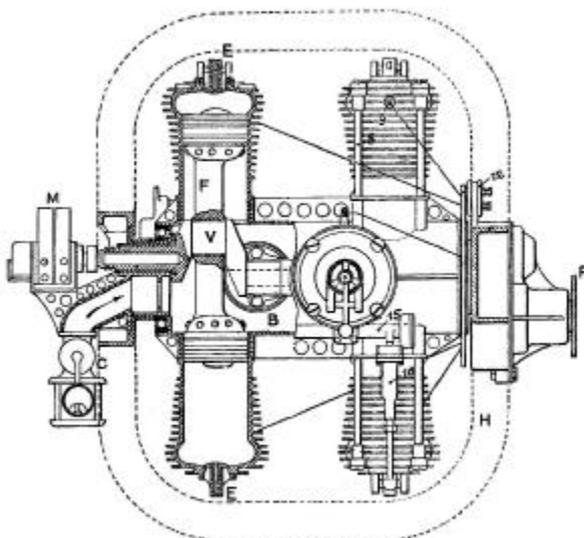
**Allumage.** – Logée à l'extérieur du berceau porteur, une magnéto haute tension communique le courant électrique aux bougies des cylindres par un distributeur monté sur le carter.

**Graissage.** – une pompe à huile à débit réglable, commandée par la rotation du moteur, envoie l'huile sous pression aux deux portées du vilebrequin.

Gérard Hartmann



*Schéma en coupe montrant le système de distribution.*



*Coupe verticale et vue extérieure du rotatif Burlat*