

LE  
MÉCANICIEN  
MODERNE

5<sup>ème</sup> Edition

# LA LOCOMOTIVE COMPOUND

---

## LA LOCOMOTIVE ET SON ROLE CIVILISATEUR

Certains écrivains du dix-huitième siècle attribuent les progrès de l'Humanité à l'invention de l'imprimerie par Gutenberg; ils étaient logiques pour leur époque car ils ne pouvaient prévoir l'avenir.

Firmin Didot écrivit en effet:

»La découverte de l'imprimerie sépare le monde ancien du monde moderne, elle ouvre un nouvel horizon au génie de l'homme et par son rapport intime avec les idées, elle semble être un nouveau sens dont nous sommes doués, une immense différence la distingue des autres grandes découvertes de la même époque, la poudre à canon et le Nouveau-Monde; celle même qui est contemporaine, la vapeur, ne saurait lui être comparée.

En effet, ces grandes et utiles découvertes n'ont agi que sur la partie matérielle de l'humanité: la poudre à canon en égalisant la force brutale; le Nouveau-Monde en nous complétant les dons terrestres du Créateur; enfin la vapeur en accroissant la force productive de l'homme, qu'elle délivre de l'excès de labour auquel il est condamné; tandis que l'imprimerie qui n'a pas encore fini sa mission de déclarer le monde sans incendier, élève le niveau de l'intelligence humaine en propageant la parole que l'écriture avait fixée.»

Sièyes disait en 1789:

»L'imprimerie a changé le sort de l'Europe, elle changera la face du monde. Je la considère comme une nouvelle faculté ajoutée aux plus belles facultés de l'homme; par elle, la liberté cesse d'être resserrée dans les petites agrégations républicaines, elle se répand sur les royaumes, sur les empires. L'imprimerie est pour l'immensité de l'espace ce qu'était la voix de l'orateur sur la place publique d'Athènes ou de Rome; par elle la pensée de l'homme

de génie se porte à la fois dans tous les lieux; elle frappe pour ainsi dire l'oreille de l'espèce humaine entière.»

Ceci paraissait être exact à cette époque, mais la marche du temps a montré que cet enthousiasme pour l'imprimerie n'était pas aussi mérité qu'il le paraissait.

Et qu'il n'en est plus de même pour celui qui à l'heure actuelle étudie sous ses divers aspects la marche de la civilisation.

En effet, que voyons-nous?

La Chine a inventé l'imprimerie plusieurs siècles<sup>(1)</sup> avant Gutenberg, et durant ces derniers siècles, et même durant ces toutes dernières années, non seulement elle n'a rien changé à ses archaïques habitudes, mais loin de faire des progrès, elle a plutôt décliné, puisque certains arts, comme les céramiques anciennes, les laques se sont perdus, et ce, malgré l'imprimerie.

D'autre part, sans aller si loin, regardons chez nous et supposons que l'on ait perfectionné l'invention de Gutenberg mais que l'on ne puisse imprimer qu'à l'aide de la presse à bras. Qu'en résulterait-il, que le livre serait un objet de luxe qui ne servirait qu'à de rares privilégiés. Supposons de plus que les moyens de transports fussent ce qu'ils étaient avant l'invention des chemins de fer.

Ces livres imprimés, coûteux, ne pourraient se répandre qu'avec une excessive lenteur et un coût très élevé, d'où un second motif de ralentissement.

La conclusion à tirer est que l'imprimerie a été un des leviers de la civilisation, mais que son rôle eût été très modeste et très limité si à côté n'était venu se placer un second levier, suivi lui-même d'un troisième, le plus puissant de tous.

Ce second levier est le moteur.

Du jour où le moteur prend droit de cité, l'imprimerie se l'adjoint et alors le livre d'un objet de luxe devient et est un objet de nécessité courante.

Mais là encore, ce livre devenu économique reste d'un emploi limité à la consommation locale, il ne peut se répandre, il ne peut se diffuser que s'il peut se transporter rapidement et économiquement.

Alors, apparaît la locomotive, avec elle, rapidité de transport et coût infime, solution de la diffusion de tout.

En effet, le moteur créé eut été un outil précieux, mais encore plus limité que le livre, si l'on n'avait pu le transporter, et pour nous en convaincre, il suffit de regarder ce qui s'est passé récemment en Chine et ce qui se passe dans nos colonies.

La Chine pouvait perfectionner sa civilisation, en employant le moteur, elle le connaissait, elle pouvait en acheter, mais si ce moteur pouvait s'installer dans le port où l'amenait le navire, il ne pouvait pénétrer à l'intérieur et alors son rôle devient si limité qu'il est presque nul et n'agit aucunement sur le mouvement économique du pays.

(1) 300 ans avant Jésus-Christ, soit il y a 23 siècles et 18 siècles avant Gutenberg (1420).

Prenons l'Afrique, les côtes de ce vaste continent sont habitées depuis un grand nombre d'années par des Européens, quelle transformation a-t-elle subie, l'on peut dire aucune.

Des ports se sont créés, des villes nouvelles fondées, mais dans ces villes tout y est limité, le commerce se borne à alimenter quelques caravanes, à acheter quelques produits très chers, comme l'ivoire, de l'industrie, il n'y en n'existe pas.

Au contraire, considérons ce qui se passe dès que la locomotive apparaît.

Tout se transforme, les ports voient le nombre des européens et des indigènes augmenter chaque jour; autour de chaque station de la ligne des villes nouvelles sortent de terre, des terrains inexploités se mettent en valeur et viennent déverser au port leurs productions.

Dans ces mêmes ports, des usines de transformation des produits naturels se créent des industries de fabrication d'objets se créent également, l'indigène transforme non seulement son vêtement, sa demeure, mais encore ses habitudes et ses mœurs.

Et pour avoir un exemple frappant considérons trois pays, l'Algérie et la Tunisie d'une part, le Maroc de l'autre.

Que voyons-nous: l'Algérie transformée en moins de trente ans, les villes arabes de jadis rivalisant avec les villes de la vieille Europe, par leur importance, leur constitution, leur commerce; le long de la ligne de fer, des villes, des villages se créent où vient se fixer à demeure l'arabe nomade d'hier.

En Tunisie, l'on crée dès l'origine de l'occupation, des chemins de fer, en moins de dix ans tout est transformé, les villes arabes tombent par morceaux et à leur place s'élèvent des rues bordées de constructions européennes, les tramways y circulent, la lumière s'y installe, le commerce et l'activité les accaparent.

Dans les campagnes, les fermes s'élèvent avec rapidité sous l'influence des colons qui accourent de toutes parts, mettent ces riches terres en valeur, qui hier ne produisaient rien et qui aujourd'hui envoient sur nos marchés, leurs vins, leurs blés, luttant avec les produits de notre vieille métropole.

Considérons le Maroc, voisin de l'Algérie, recevant les navires dans ses ports.

Quelle transformation a-t-il subie, aucune, le commerce n'existe que dans les villes du littoral, aucune sécurité n'y règne, le souverain n'a aucune autorité hors de la ville où il réside, tout européen y est considéré comme un ennemi

Il en est d'ailleurs, de même partout, les exemples abondent, dans toutes nos colonies, dans celles des autres nations, l'Amérique, le Japon, en sont des exemples plus puissants encore.

En Asie, nous avons de nombreux exemples, mais le plus typique est celui de Port-Arthur et de Dalny, un chemin de fer est créé, Port-Arthur hier, misérable bourgade, devient une ville forteresse de premier ordre, avant d'être finie, elle est trop petite une autre se place à côté, Dalny, qui en quelques mois se place au premier rang des port orientaux par son commerce.

L'on peut donc dire sans aucune contestation possible que la locomotive est le plus puissant levier de civilisation que l'homme ait créé.

## HISTORIQUE DE L'INVENTION DE LA LOCOMOTIVE

Comme toutes les inventions, la locomotive n'est ni le produit d'un homme, ni même celui d'un peuple; elle est le résultat des efforts d'hommes de génie de deux grandes nations, la France et l'Angleterre.

Son invention peut être divisée en plusieurs étapes.

De 1680 à 1784 on a l'idée qu'on doit arriver à la voiture marchant seule.

En 1769 essais de la première voiture à moteur.

En 1800 essais de la première locomotive.

De 1814 à 1830 période de tâtonnements.

De 1830 à nos jours mise en pratique.

L'invention de la locomotive fut précédée de l'invention de la voiture à vapeur et elle en est dérivée.

La première idée de substituer le moteur à l'animal pour la traction des véhicules est contemporaine de celle de la machine à vapeur et en 1680 Isaac Newton émit l'idée d'une voiture mue par la réaction de la vapeur s'échappant d'une chaudière, cette machine ne fut jamais réalisée, elle était d'ailleurs irréalisable.

Ce fut seulement en 1784 que Watt, le célèbre inventeur, signala le premier cette application dans un brevet pris à cette date.

Il fit construire un modèle de locomotive à grande vitesse devant développer 6 à 8 milles à l'heure, soit 10 à 13 kilomètres, cette machine ne fût construite qu'à l'état de modèle, lequel figure au musée de South-Kensington à Londres.

En 1790, Nathan Road reprit l'idée irréalisable de Newton.

Ce fut à un français, Nicolas-Joseph Cugnot, qu'appartint l'invention de la première voiture à moteur réalisable et réalisée en 1769; un essai fût fait et montra qu'avec diverses modifications l'invention pouvait être utilisable.

La mort de son auteur empêcha la continuation de l'œuvre.

**Cette voiture figure au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris.**

En 1756, Olivier Evans, le constructeur des premières machines à vapeur en Amérique indiqua l'emploi dans les voitures à vapeur de la machine à vapeur sans condensation, type qui fut employé et resta par la suite employé dans la locomotive.

Il avait prévu l'importance de cette découverte et il écrivit :

« Je ne doute pas que mes machines n'arrivent à faire marcher des bateaux contre le courant du Mississipi et des voitures sur les grandes routes avec grand profit.

« Le temps viendra où l'on voyagera d'une ville à l'autre dans des voitures mues par des machines à vapeur, et marchant aussi vite que les oiseaux peuvent voler, 15 ou 20 milles (24 à 32 kilomètres) à l'heure.

Une voiture partant de Washington le matin, les voyageurs déjeuneront à Baltimore, dîneront à Philadelphie et souperont à New-York le même jour. »

Il construisit plusieurs voitures, mais sa mort en 1819, l'empêcha de les rendre pratiques.

L'idée fût poursuivie en Angleterre et Trevithick en 1802, Griffith en 1821, Gurney en 1827, Hancock en 1836 construisirent des voitures et celles de ce dernier fonctionnèrent sur la ligne de Paddington à raison de 10 milles (16 kilomètres) à l'heure, durant cinq heures est demie par jour.

Une machine marcha même à 20 milles (32 kilomètres).

Il dut abandonner ses tentatives, vu l'état des routes et la coalition des propriétaires de diligences (1).

En 1808, Trevithick, élève de Mardock, associé de Watt, construit une locomotive courant sur le rail, cette machine fonctionna quelques semaines à Londres, mais sa vitesse était trop faible et un accident l'a mise hors de service.

Cette machine était la première avec foyer intérieur, sans condensation et avait le tirage forcé par la vapeur, ses cylindres étaient conjugués avec manivelles à 90°.

Toutes dispositions encore utilisées de nos jours.

Le manque de ressource ne permit pas à l'inventeur de continuer ses essais.

La locomotive sur rail n'avait fait aucun progrès, car l'on était sous cette impression que l'adhérence sur le rail était insuffisante pour produire la traction.

Aussi en 1811 Blenkinshop essaya le rail à crémaillère, Chapman la remorque par chaînes, Brunton une locomotive à jambes articulées.

1. A cette époque, en effet, l'état des routes était plus que précaire et ne ressemblait en rien à celui des routes d'aujourd'hui et la pratique de l'automobile actuelle dans une mauvaise route (souvent excellente relativement à jadis) montre ce que pouvaient être les difficultés avec des machines lourdes, rudimentaires à tous points de vue, d'une construction ultra-primitive dont les rares spécimens de voitures à traction animale datant de cette époque donnent une faible idée.

A remarquer aussi la modification profonde des mœurs locales depuis la circulation des chemins de fer, où bien loin de s'élever contre les voies de fer ou les voitures automotrices, l'on ne s'élève contre les autorités que pour en réclamer là où il n'y en a pas.

En 1813 Hedley reprit l'idée de Trevithick et montra qu'elle était réalisable pratiquement.

Il construisit pour les houillères de Wylam une petite locomotive à 4 roues, marchant à la pression de 4 atmosphères; plus tard elle fut mise à 8 roues.

Une de ces machines, qui fonctionna jusqu'en 1862 est exposée au South Kensington

Si la locomotive avait trouvé ses éléments pratiques, sa force restait limitée par suite de la faible production des chaudières à bouilleur.

Ce fut le français Marc Séguin qui, en 1827, fit breveter la chaudière tubulaire et l'appliqua en 1831 à une locomotive qui fonctionna sur le chemin de fer de Gisors à Rives-de-Giers.

De cette locomotive dérivait la locomotive actuelle, elle avait pour caractéristique:

4 roues de . . . . .	1 <sup>m</sup> 30 (diamètre)
Chaudière tubulaire à . . . . .	3 atmosphères.
Longueur des tubes . . . . .	2 <sup>m</sup> 20
Nombre des tubes . . . . .	43
Surface de chauffe . . . . .	23 <sup>m</sup> 50
Cylindres verticaux . . . . .	0 <sup>m</sup> 24 (diamètre)
Course . . . . .	0 <sup>m</sup> 60
Poids total . . . . .	6.000 kilogrammes.

En effet, George Stephenson, simple ouvrier mécanicien de Wylam près de Newcastle sur Tyne (Angleterre) présenta en 1814, une machine le *Blücher* construite par lui avec l'aide d'un forgeron.

Puis une seconde à 2 cylindres avec les roues accouplées par chaînes; lesdites roues étaient en fer forgé au lieu de fonte, laquelle avait été employée jusqu'alors.

Il inventa un dynamomètre à l'aide duquel il étudia la résistance des trains et il arriva à montrer la supériorité du rail; en démontrant qu'une locomotive traîne dix fois plus avec une vitesse quatre fois plus grande sur rail, que sur route.

Ingénieur de la ligne de Darlington à Stockton, il parvint à faire adopter une machine de ce type.

Elle marchait à 20 kilomètres à l'heure, appliquée d'abord au service des marchandises — les trains de voyageurs étaient traînés par des chevaux — elle fût ensuite utilisée pour ces derniers.

Un concours fut ouvert en 1828, afin de choisir le meilleur mode de traction pour la ligne de Liverpool à Manchester. Une récompense de 300 livres soit 7.500 francs était le prix du concours.

La machine devait:

1<sup>o</sup> Brûler sa fumée;

2<sup>o</sup> Peser 6.000 kilogrammes et entraîner 20.000 kilogrammes à la vitesse de 16 kilomètres et à la pression de 4 atmosphères;

- 3° La chaudière devait avoir deux soupapes de sûreté indépendantes;
- 4° La machine devait reposer sur 6 roues par l'intermédiaire de ressorts, et 4<sup>m</sup>,60 de hauteur totale maximum;
- 5° La chaudière devait pouvoir résister à la pression de 16 atmosphères;
- 6° La chaudière devait avoir un manomètre à mercure indiquant les pressions supérieures à 3 atmosphères;
- 7° Elle devait être finie le 1<sup>er</sup> octobre 1829;
- 8° Son prix maximum être de 550 livres soit 11.400 francs.
- Quatre machines furent présentées;
- La *Persévérance* due à Burstall.
- La *Sans-Pareille* due à Hockwork.
- La *Nouveauté* due à Bractwock Ericson.
- La *Rochet* (la Fusée) due à Stephenson.

Les trois premières machines ne remplirent pas les conditions du concours; la Fusée seule y répondait au delà des données.

Cette machine était munie d'une chaudière horizontale traversée intérieurement par de nombreux tubes à fumée suivant la disposition de Séguin et qui multipliaient ainsi la surface de chauffe et par suite la production de vapeur; il y avait 25 tubes de 76 millimètres de diamètre. Les dimensions de la chaudière étaient de 1<sup>m</sup>,82 de long et 1<sup>m</sup>,02 de diamètre du corps cylindrique, sa surface de chauffe totale était de 10<sup>m</sup> 2,7, sur l'arrière était fixée une caisse quadrangulaire en tôle; cette caisse avait une grille et le foyer à sa partie inférieure et est devenue dans nos machines actuelles la boîte à feu.

L'espace entre les parois latérales du foyer et de la boîte à feu communiquait avec la chaudière par deux tubes placés extérieurement et était rempli d'eau.

L'avant en dessous de la plaque tubulaire et l'arrière étaient constitués par de la maçonnerie montant jusqu'aux parois.

Le ciel du foyer n'était pas, comme il l'est dans les machines actuelles recouvert d'eau, et cela n'amena aucun inconvénient par suite de la moindre activité de la pression plus faible.

Le foyer n'avait que 1<sup>m</sup>,80 et la grille 0<sup>m</sup> 2,55.

Les cylindres étaient disposés obliquement de chaque côté de la chaudière; la tige du piston portait une glissière et une bielle, laquelle attaquait directement un maneton porté par un des rayons de la roue montée sur l'essieu moteur unique.

La distribution était commandée par deux excentriques séparés agissant chacun dans un sens déterminé, dont les barres se terminaient par des fourches embrassant le bouton de la tige du tiroir et étaient actionnées par des tiges correspondantes manœuvrées par le mécanicien pour le changement de sens.

Cette disposition toute primitive fût remplacée dans les modèles suivants par la «*coulisse*».

Les roues de cette machine étaient en bois et cercles de fer, le diamètre de chaque roue motrice était de 1<sup>m</sup>,42, celui de la roue porteuse 0<sup>m</sup>,98.

Le poids de la machine 4 tonnes et demie.

Le poids du tender 3 tonnes et quart.

La consommation de combustible était de 0k,17 de coke par kilogramme d'eau.

Elle donna une vitesses de 40 à 50 kilomètres avec une voiture contenant 30 voyageurs, et 45 kilomètres en remorquant 13 tonnes de marchandises.

Ce concours et le succès de la *Fusée* déterminèrent définitivement et l'emploi du rail et la fixation des principes et des éléments de construction des locomotives.

La ligne fut inaugurée en 1830 et la *Fusée* y fonctionna pendant plusieurs années, elle figure aujourd'hui au South-Kensington.

Stephenson perfectionna sa machine en 1842 ses chaudières avait 3<sup>m</sup>,66 au lieu des 2<sup>m</sup>,74 de la *Fusée*, il y appliqua le système de manœuvre de la distribution qu'il avait inventé et qui encore en usage, porte avec raison le nom de «*coulisse de Stephenson*», il augmente le nombre d'essieux et le porte à trois et il augmente également le diamètre des roues et le poids de la machine.

Avec la machine on perfectionne le rail qui passe de 10 à 15 kilogrammes le mètre à 20 et 30 kilogrammes, perfectionnement continué jusqu'à nos jours, puis ce poids atteint jusqu'à 50, 60 et 70 kilogrammes.

Les perfectionnements commencés continuèrent et nous arrivons aux roues de 1<sup>m</sup>,52 de diamètre avec la machine connue sous le nom de son inventeur: la locomotive

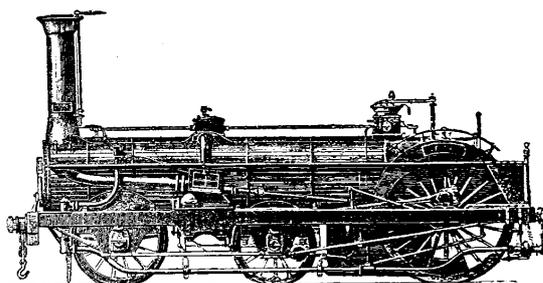


Fig. 1. — Locomotive à voyageurs à grande vitesse Crampton.

Crampton, qui réalisa en 1878 la plus grande vitesse connue, aujourd'hui les roucs ont 2<sup>m</sup>,10 2<sup>m</sup>,30 et même plus dans certains types.

Dans ce type la roue motrice a 1<sup>m</sup>,52, l'essieu moteur est reporté derrière la bouche à feu afin de ne pas trop relever le centre de gravité de la chaudière.

Cette machine est encore en usage actuellement pour certains trains rapides, mais elle présente le défaut d'être trop faible pour entraîner les trains lourds.

Pour augmenter l'effort de traction, il faut augmenter le poids adhérent, ce qui a conduit à augmenter le nombre des essieux moteurs et à accoupler deux et trois roues par une bielle rigide agissant sur des boutons de manivelle portés par les roues.

L'emploi de ce dispositif a été facilité par les perfectionnements apportés au travail d'ajustage des roues et à leur constitution.

Les chaudières ont été considérablement allongées de façon à accroître leur puissance; cet allongement a été une cause de gêne pour le passage des courbes (gêne qui supprimera plus tard l'emploi du bogie) et qui est surtout très incommode dans les chemins de fer de montagne où les courbes sont fréquentes à rayons limités.

En 1851, pour la mise en exploitation de la ligne du Semmering, en Autriche, qui fût la première construite avec des rampes 33 millimètres par mètre, l'on ouvrit un concours.

Le prix offert — 2.400 ducats — fût obtenu par la machine la *Bavaria*, qui avait un poids adhérent considérable grâce à l'accouplement des essieux moteurs avec ceux du train articulé d'avant et du tender — accouplement réalisé par engrenages et chaînes de Galles.

Cette machine donna en service de mauvais résultats par suite des ruptures fréquentes des engrenages et des chaînes.

M. Engerth, essaya de relier les essieux du tender à ceux de la machine à l'aide d'engrenages, après plusieurs essais cette disposition dut être abandonnée.

Pour vaincre cet inconvénient, M. Fairlie a cherché à rendre permise une certaine oscillation du châssis par rapport à la chaudière. Dans ce but, sa machine comprend deux chaudières accolées par l'arrière de la boîte à feu, portées par un châssis reposant sur deux bogies articulés, placés l'un à l'avant, l'autre à l'arrière et tournant sur un pivot placé vers le centre de chaque chaudière.

Ces bogies portaient chacun deux cylindres et un mécanisme moteur.

La difficulté du passage des courbes était supprimée, mais au prix de complications très grandes pour l'envoi de la vapeur aux cylindres, et que l'on est arrivé à rendre pratique à l'aide de tubes articulés à emboitements sphériques.

La machine Petiet de la Compagnie du Nord était analogue et formée de deux machines, à trois essieux moteurs et à deux cylindres, alimentées chacune par une chaudière unique.

Les deux châssis oscillaient l'un par rapport à l'autre.

Aujourd'hui ces dispositions ne sont plus employées et l'on a recours aux machines à 2, 3 et 4 essieux couplés et aux machines à bogie (type décrit ci-après) qui résolvent d'une façon simple et pratique, ce problème du passage en vitesse des courbes de faible rayon.

En 1851, on fit un nouveau concours mais celui-ci ne donna aucun résultat.

A la suite des perfectionnements continus apportés dans la construction de ces machines, de l'invention en 1856 de l'injecteur Giffard, invention française, nous sommes arrivés aux types actuels dont l'un des plus puissants et des plus employés est décrit ci-après.

Comme on le voit par ce rapide historique, l'invention de la locomotive est due autant à la France, qu'à l'Angleterre, et l'on peut mettre côte à côte les noms de James Watt, Cugnot, Evans, Trewithick, Marc Séguin, Stephenson, Giffard, qui tous collaborèrent puissamment à la perfection de ce merveilleux outil civilisateur.

*Etat présent.* — Considérons une locomotive quelconque actuelle et examinons-la, nous constaterons que la locomotive est restée toujours la même, relativement à ses organes et à la disposition générale de son ensemble, mais que, nombreux sont les types créés pour répondre aux divers desiderata des besoins journaliers. Chacun d'eux répondant à un but déterminé leur classement peut se faire en :

Locomotive à voie étroite pour les usages industriels ou les petits parcours de marchandises et de voyageurs, et pour les services militaires.

Locomotive à marchandises, type lourd à forte puissance et à faible vitesse, pour remorquer les trains de marchandises.

Locomotive mixte pour le service des voyageurs et des marchandises par les mêmes trains, force moyenne inférieure à la précédente, mais dont la vitesse est plus élevée.

Locomotive à voyageurs, lesquelles comprennent deux types :

Un premier type qui est le plus courant, à force moyenne, mais à vitesse assez grande.

Un second, dit type à grande vitesse, à force élevée.

Chacun de ces types ayant son type spécial et les différences entre les diverses machines ne provenant en général que des dispositifs spéciaux employés par chaque constructeur et de légères variantes dans les dimensions.

*Machine à voie étroite.* — Ces machines sont établies pour marcher sur des voies de 0<sup>m</sup>,60, 0<sup>m</sup>,75, 1 mètre et 1<sup>m</sup>,20; leur parcours est très faible; ce sont des réductions des grandes machines; roues porteuses de faibles diamètres et constituant généralement la *machine-tender*.

Un type de ces machines est décrit à la fin de cette étude.

*Machines à marchandises.* — Ces machines spéciales à la traction des trains se distinguent par leur aspect lourd et massif; les chaudières sont très longues, elles ont 3 ou 4 essieux accouplés des roues de 1<sup>m</sup>,30 et un poids de 45 à 50 tonnes; elles peuvent développer un effort de 7.000 kilogrammes (fig. 2).

On a également en usage pour les fortes rampes, des machines dites *machines-tenders* dans lesquelles cinq essieux sont accouplés et dont le poids est de 60 tonnes; leur effort atteint plus de 8.000 kilogrammes.

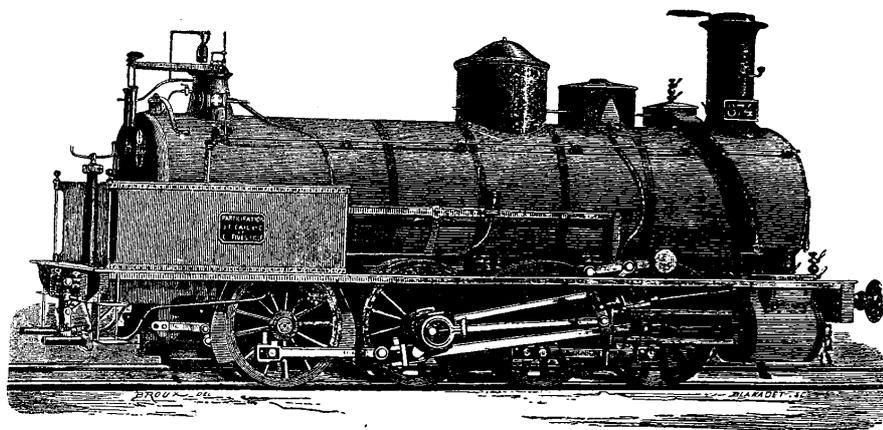


Fig. 2. — Locomotive à marchandises pour petite vitesse et lourdes charges.

Des *machines-tenders* existent également pour les trains mixtes dans les faibles parcours; elles sont à deux ou trois essieux accouplés, leur poids est de 30 à 35 tonnes et leur effort maximum 3.000 kilogrammes environ.

*Machines mixtes.* — Machines destinées à la traction de trains mixtes à vitesse moyenne ou *omnibus* sur les lignes de niveau et les rampes moyennes; elles sont généralement à trois essieux accouplés, avec roues de 1<sup>m</sup>,50, leur poids est de 35 à 40 tonnes et leur effort est de 3.700 kilogrammes (fig. 3).

*Machines à voyageurs pour trains rapides.* — Ces machines ont pour type actuel la machine «Outrance» décrite ci-après, elles sont à deux essieux couplés, avec bogie à l'avant, leurs roues ont 2 mètres et plus de diamètre, leur poids varie de 30 à 40 tonnes et elles peuvent développer un effort de 2.000 kilogrammes.

*Le compoundage.* — L'un des plus grands progrès réalisés dans ces derniers temps a été le *compoundage* des machines.

Une machine à vapeur est dite «*compound*» lorsqu'elle utilise la vapeur suivant la méthode «*compound*».

Voyons en quoi consiste cette méthode.

Si nous prenons un cylindre et son piston et que nous envoyions de la vapeur dans ledit jusqu'à la fin de la course, la machine est dite «*machine simple*», si au contraire nous arrêtons l'arrivée de la vapeur à un certain point de la course du piston, celui-ci continue sa course sous l'action de la détente de la vapeur qui a été envoyée et la machine est dite à *détente*.

Supposons maintenant deux pistons voisins ou placés bout à bout. Envoyons de la vapeur à haute pression dans le premier durant toute ou seulement une partie de la course, puis faisons passer cette vapeur, non pas dans l'échappement, mais dans le second cylindre où elle se détendra, nous aurons alors la disposition «*compound*».

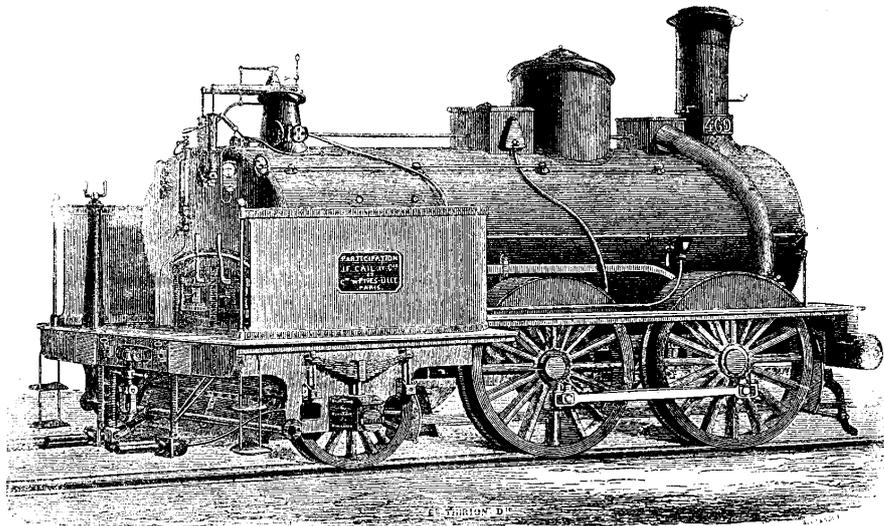


Fig. 3. Locomotive mixte pour service omnibus.

Laquelle consiste donc à employer de la vapeur à haute pression puis à la laisser opérer une faible détente dans un premier cylindre et à la faire détendre complètement dans second cylindre, marchant conjointement au premier.

Ce système qui permet une plus grande détente de la vapeur, en permet par suite une meilleure utilisation et donne une grande économie de combustible.

On a été long à l'appliquer aux locomotives, car la complication des doubles cylindres paraissait un obstacle insurmontable, lequel fût vaincu et appliqué, pour la première fois, il y a une dizaine d'années par un ingénieur des Arts et Manufactures attaché à la Compagnie de l'Ouest, M. Mallet.

Cet important perfectionnement est aujourd'hui universellement adopté.

# DESCRIPTION

DU

## MODÈLE DÉCOUPÉ

---

### *Locomotive à grande vitesse.*

#### TYPE DE MACHINE COMPOUND OUTRANCE

Le modèle représenté est celui du type de locomotive à grande vitesse connu en France sous le nom de machine *Outrance*, et dont l'emploi a été innové par la Compagnie des chemins de fer du Nord, et que l'on rencontre également dans les autres Compagnies.

Ce type se distingue des machines ordinaires.

- 1° Par sa puissance;
- 2° Par l'emploi du bogie à l'avant;
- 3° Par l'emploi de la vapeur à double expansion à l'aide de quatre cylindres couplés deux à deux, dite type *Compound*.

Description :

La locomotive peut se diviser en trois parties :

- 1° Un châssis avec roues;
- 2° Une chaudière;
- 3° La machine à vapeur.

### *Châssis et Roues.*

#### PLANCHES I, II, V, XII.

Le châssis est formé par deux longerons (43) en tôle de fer de 28 millimètres d'épaisseur réunis à chaque extrémité par des traverses en fer à T (75) et vers le milieu par une pièce en acier fondu (137) placée sous le corps cylindrique de la chaudière.

Cette pièce (137) est munie d'une série d'ouvertures par lesquelles passent les diverses pièces de la distribution.

Une entretoise (51) est placée près du foyer, elle est formée par des tôles et des cornières, une autre est à l'avant et porte la boîte de pivot du bogie.

Les longerons portent des ouvertures rectangulaires (44) renforcées par des tôles rivées et servent à loger les boîtes à essieux (45).

Ces boîtes en fonte (45) portent des coussinets en bronze dans lesquels passent les essieux (46) des roues motrices.

Le châssis ne repose pas directement sur l'essieu, la boîte en fonte se prolonge (49) et porte un ressort horizontal en lames superposées (48), lequel a ses extrémités rattachées à deux parties en tôle (47) rivées sur le châssis, à l'aide de boulons (50).

Il est à remarquer que les ressorts porteurs ne sont pas réunis au levier d'équilibre.

Les roues motrices (105) ont 2<sup>m</sup>, 15, de diamètre et leurs essieux (46) supportent le châssis par l'intermédiaire élastique qui vient d'être décrit.

Les roues motrices sont couplées, les fusées ont de chaque côté de la machine une position semblable, les fusées gauches et droites sont placées en regard sous un angle de 90°.

*Essieu moteur.* — L'essieu moteur (136) est porté par la roue d'avant, il est quatre fois coudé suivant des coudes disposés à 90°, sur ceux du centre agit la bielle (114) reliée au gros cylindre (109) lequel est placé au milieu des longerons et supporté par eux.

Cet essieu porte en outre trois excentriques (135) (116) qui recouvrent les colliers (115) reliés aux tiges de distribution des cylindres.

*Bogie.* — L'avant de la machine est supporté par un bogie à quatre roues (pl. V, VI, XII).

Ce dispositif a pour objet de faciliter le passage de la locomotive, malgré sa grande longueur dans les courbes.

Le bogie est formé par un châssis rectangulaire (153) formé par deux longerons en tôle réunis à leurs extrémités par des tôles et des cornières et portent des fourches (160) dans lesquelles couissent les boîtes (159) des deux essieux porteurs (161) des roues (154).

Les boîtes de ces essieux (159) portent à la partie supérieure des ressorts (157-158) à lames portant à leurs extrémités des tiges de suspension (155-156) qui viennent se rattacher au longeron et le supporter.

Au milieu du bogie les deux longerons sont réunis par une sorte de poutre creuse en fer et en cornière (153) lequel porte au centre un axe servant de pivot à une pièce en fonte (167) autour de laquelle peut pivoter le bogie.

Le devant de la locomotive ne repose pas sur cet axe, mais sur deux segments à

billes (168) placés de chaque côté de l'axe et proches des longerons et reliés par des collets portés par la pièce centrale (166) et constitués de façon à imprimer un déplacement aux segments à billes lorsque l'avant du châssis subit un mouvement de rotation.

La cage (168) est déplacée vers le milieu au moment de la rotation sous l'influence de deux ressorts horizontaux en spirales qui relient cette pièce aux deux longerons du bogie.

Le châssis du bogie porte deux marches (162) et sur le devant un chasse-pierres (61), les deux roues d'arrière sont munies de protecteurs (163) en tôle.

*Arrière du châssis.* — La partie arrière supporte une plateforme et l'abri des mécaniciens (40); sous cette plateforme se trouve placée dans une cage la tige d'accouplement (74) rattachant le tender à la locomotive.

*Avant du châssis.* — L'avant du châssis pousse une traverse en bois (52) munie à chacune de ses extrémités d'une cage conique en fonte, dans laquelle se trouvent placés des ressorts à spirales (53) portant les tiges des tampons de choc.

Au-dessus des tampons se trouvent deux porte-lanternes (59) dans lesquels se placent les lanternes d'avant.

Au centre se trouve une tige à crochet (57) maintenue par un ressort à spirale (58) et portant un tendeur à vis (56) destiné à relier les wagons à la locomotive sans que celle-ci fût retournée.

Entre le crochet et les tambours se trouvent deux crochets munis de chaînes destinées à l'accouplement de sûreté.

Le châssis porte deux tiges verticales arrivant près des rails, ce sont les chasse-pierres (61).

*Frein.* — Le châssis porte le frein, lequel est un frein à air comprimé du système Westinghouse et permet le serrage des freins non seulement de la locomotive mais encore de toutes les voitures du train.

Le mécanisme du frein est composé d'un pompe à vapeur à action directe actionnant une pompe de compression placées verticalement sur le côté gauche de la machine (non vues sur le dessin).

La pompe de compression refoule l'air dans un réservoir porté par le châssis (68) sous une pression de 7 à 8 atmosphères.

De ce réservoir part une conduite (31) qui court sous la locomotive et sous les wagons, et qui est en communication avec des cylindres placés sous chaque voiture, chaque cylindre renferme un piston dont la tige actionne les sabots du frein.

Mais pour rendre ce frein automatique et éviter les causes de non fonctionnement

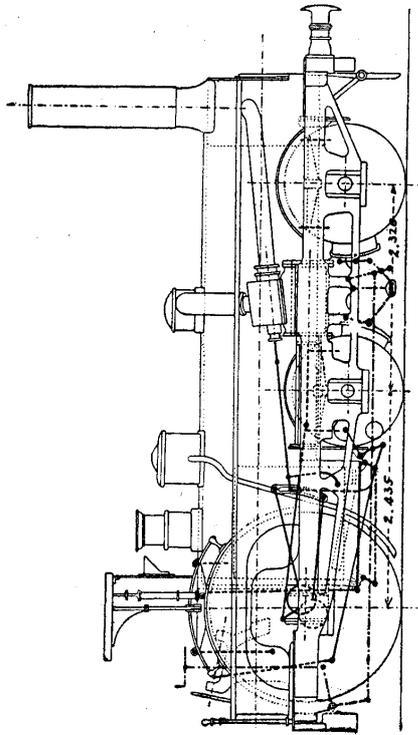


Fig. 4. — Machine Crampton.

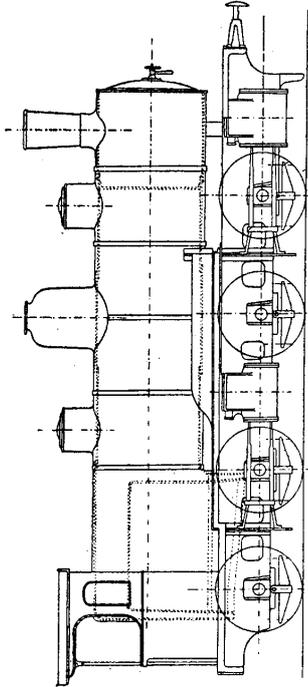


Fig. 5. — Locomotive Mallet des chemins de fer badois.

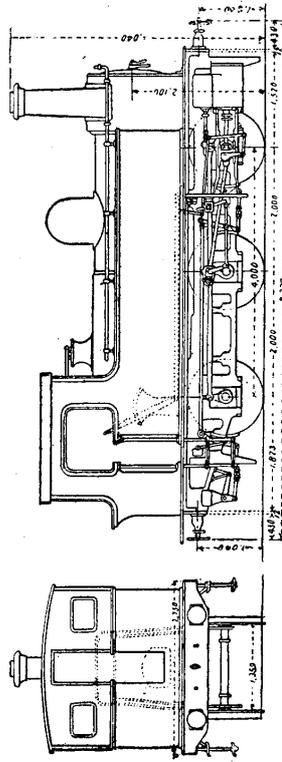


Fig. 6. — Type 11 de l'Etat belge.

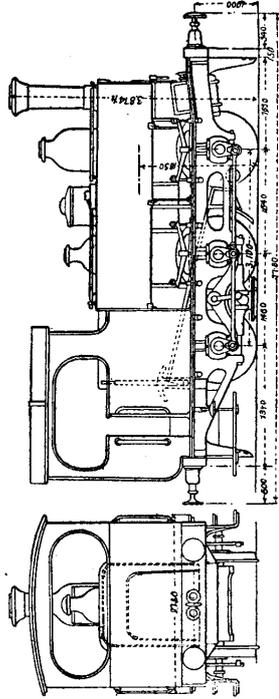


Fig. 7. — Type 61 de l'Etat belge.

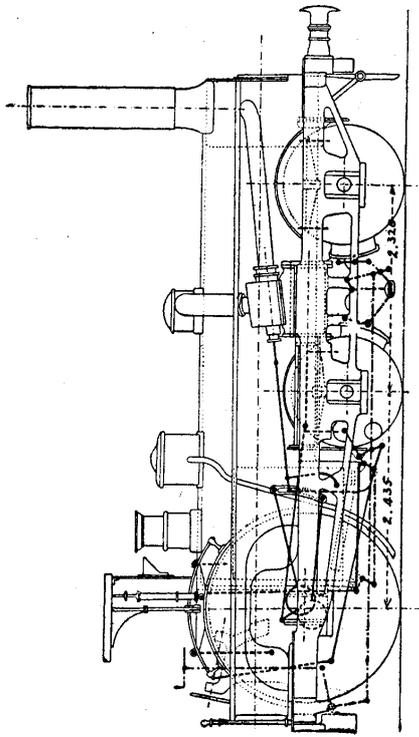


Fig. 4. — Machine Crampton.

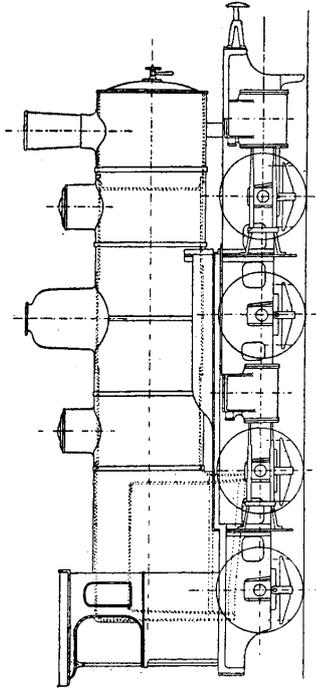


Fig. 5. — Locomotive Mallet des chemins de fer badois.

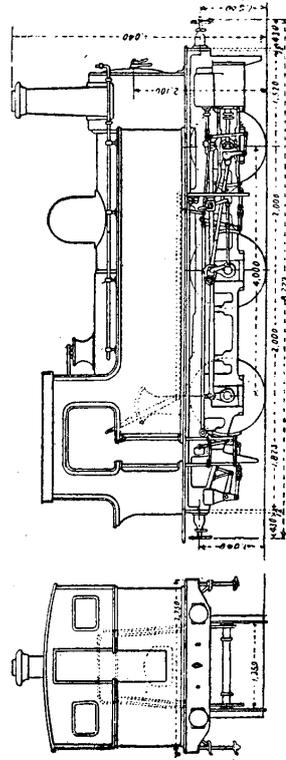


Fig. 6. — Type 11 de l'Etat belge.

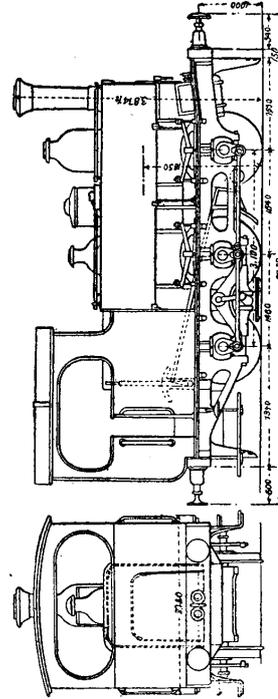


Fig. 7. — Type 61 de l'Etat belge.

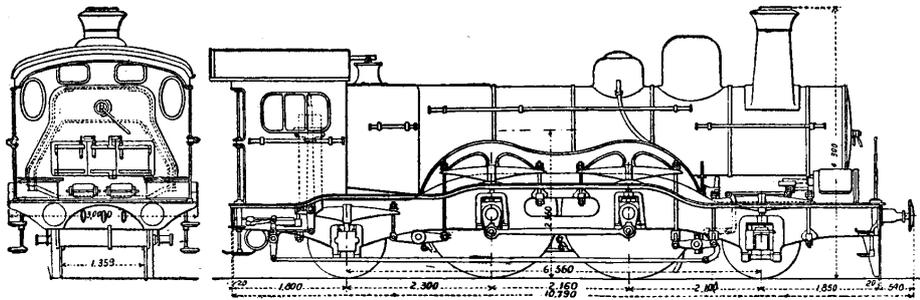


Fig. 8. — Type 12 de l'Etat belge.

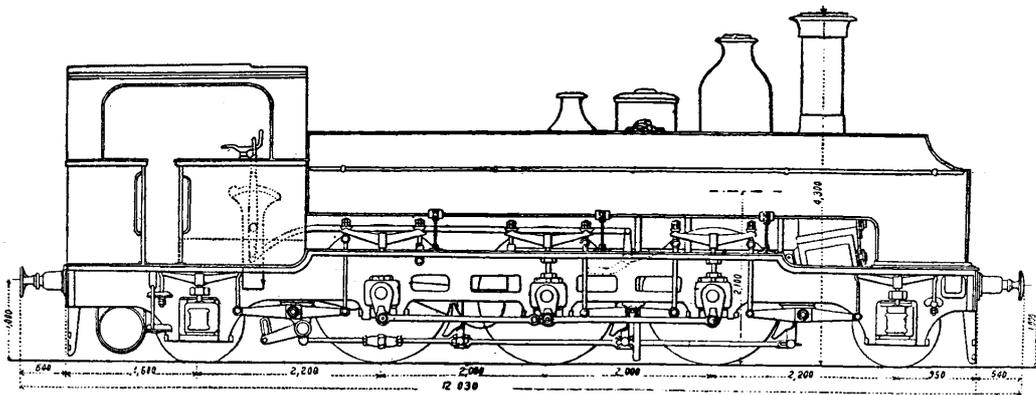


Fig. 9. — Type 4½ de l'Etat belge.

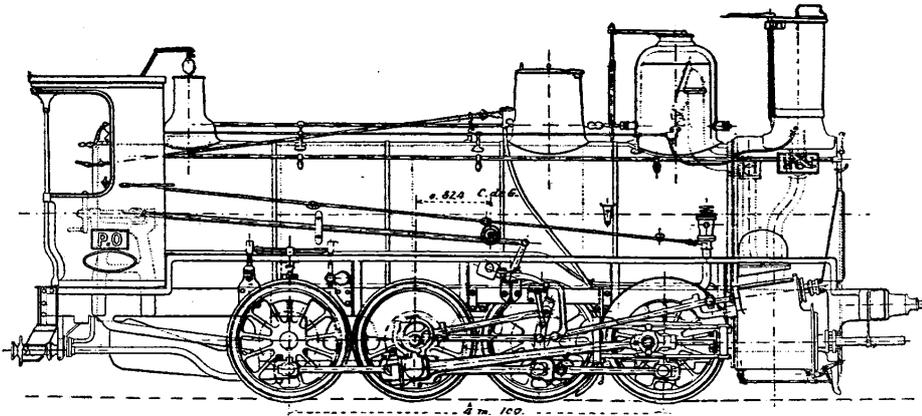


Fig. 10. — Machine à marchandises de l'Orléans.

résultant des fuites dans le conduit, l'action de l'air comprimé maintient le frein desserré, dès que la pression de cet air baisse, soit par fuite, soit par la volonté du mécanicien qui ouvre une soupape placée sur l'extrémité de la conduite (55), il y a baisse de pression et le frein se serre.

Le cylindre de frein de la locomotive est placé sous la plateforme (62), sa tige commande un levier (63) lequel agit par tiges (64-65) sur les bielles suspendues (66) portant les patins de frein (67).

Un réservoir de secours pour l'air comprimé est placé également sous la plateforme (69).

L'action de ce frein, qui est adopté sur toutes nos grandes compagnies est très rapide et très puissante, de plus en cas d'accident à la conduite son action est automatique.

*Porte-palais.* — Sous le longeron arrière se trouve une pièce verticale (180) supportant un balai qui descend jusqu'au niveau de rail.

Ce balai est électrique, lorsqu'il rencontre un levier placé près des sémaphores, si celui-ci est à l'arrêt et que le signal n'ait pas été vu, par suite de brouillard ou de toute autre cause, il y a contact et ce porte-balais agit automatiquement sur une soupape qu'il ouvre et qui par suite produit une dépression dans la conduite, laquelle sert de frein.

### *Chaudière.*

PLANCHES I, III, IV

La chaudière est du type ordinaire des chaudières de locomotive, elle est multitubulaire avec foyer intérieur et boîte à fumée à l'avant (2-3), elle renferme 202 tubes de cuivre de 40 millimètres et de 3<sup>m</sup>,90 de long.

Le corps cylindrique a 1<sup>m</sup>,40 de diamètre, il est en tôle.

À l'avant (10) la forme devient parallélépipédique et à l'intérieur se trouve placé le foyer (2), lequel est en cuivre et est rattaché au corps de la chaudière par une série d'entretoises horizontales et verticales; de plus deux tiges (19) horizontales relient la paroi du devant au corps cylindrique<sup>(1)</sup>.

Le foyer est fermé intérieurement par une grille inclinée (4) à barreaux supportés par des barres transversales. À l'extrémité inférieure se trouve une partie (73) actionnée par un levier manœuvré extérieurement qui permet à la partie inférieure de la grille de basculer et de faire tomber les mâchefers produits par le combustible.

Un cendrier (11) est placé au-dessous de la grille.

(1) Dans les machines récentes le foyer est pourvu d'une voûte en briques réfractaires formée de 102 éléments de voussoirs assemblés avec du mortier réfractaire.



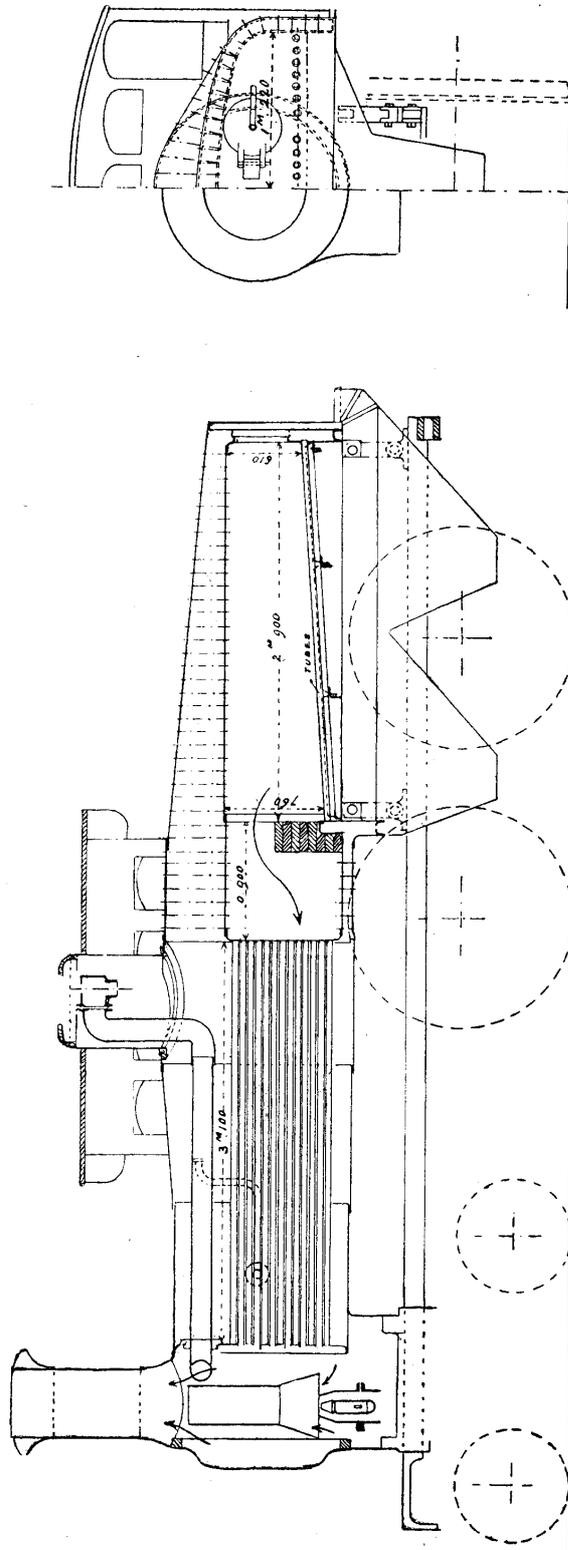


Fig 12. — Foyer, Boite à feu.

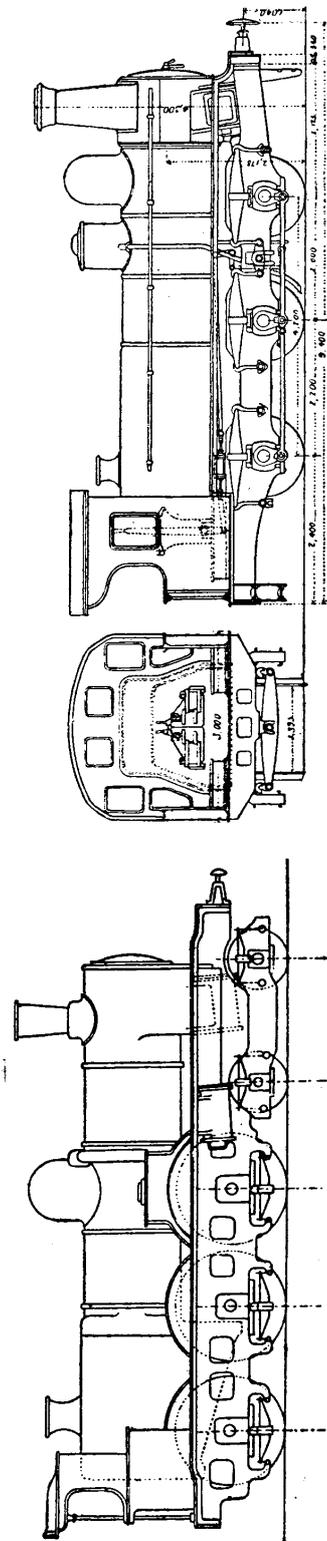


Fig 13. — Compound de rampe de la Compagnie du Midi.

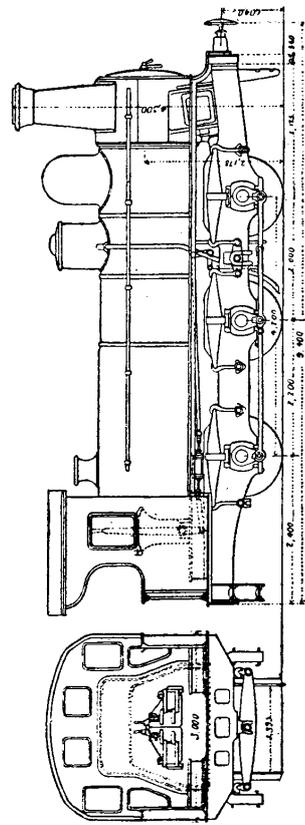


Fig 14. — Type 25 de l'Etat belge.

Ce cendrier porte une ouverture (16) qui permet au mécanicien par son ouverture ou sa fermeture d'augmenter ou de diminuer l'arrivée d'air et par suite le tirage du foyer.

La manœuvre se fait par une série de leviers (38 et 39) mus à la main.

A l'intérieur du foyer se trouve une partie inclinée (18) en matière réfractaire destinée à être contournée par la flamme.

Les gaz produits par la combustion arrivent au *ciel* du foyer, pénètrent dans les tubes et arrivent dans la boîte à fumée, d'où ils s'échappent par la cheminée.

La porte du foyer (17) qui se trouve sur la paroi avant du foyer montre la disposition générale de la grille.

Le niveau de l'eau dans la chaudière doit toujours être maintenu au-dessus du ciel du foyer et le recouvrir d'une certaine hauteur.

Les dimensions principales de la chaudière sont les suivantes:

Surface de grille . . . . .	2,013 × 1,012 =	2m <sup>2</sup> ,04
— chauffe de la boîte à feu . . . . .		11m <sup>2</sup> ,00
— — intérieure des tubes . . . . .		98m <sup>2</sup> ,98
— — totale . . . . .		110m <sup>2</sup> ,00 environ.

Les tubes ont une surface de chauffe très considérable, ce qui permet une émission de vapeur rapide.

Sur le milieu du corps cylindrique de la chaudière se trouve placé un dôme de vapeur (9) à l'intérieur duquel se trouve les organes nécessaires aux prises de vapeur.

Dans ce but un tuyau vertical (14) est placé au centre et sort latéralement de chaque côté du dôme pour porter la vapeur aux cylindres moteurs.

Ce tuyau porte à son orifice un tiroir régulateur (21) mu par les leviers (22-23) et actionné par la manivelle (24) placée sous le main du mécanicien.

Ce tiroir (21) est formé de deux tuiles à recouvrements glissant l'une sur l'autre; ces tuiles sont munies d'orifices rectangulaires qui agissent de la même façon que celles d'un tiroir à vapeur et ne laissent pénétrer que progressivement la vapeur dans le tuyau, ce qui évite les chocs brusques lors du démarrage.

La chaudière est fixée sur le châssis par des fers à T; l'extrémité avant de la chaudière s'appuie sur le cylindre moteur central et y est fixée par boulons.

*Organes accessoires.* — A côté des organes principaux que nous venons de décrire il en est un certain nombre d'autres accessoires nécessaires au bon fonctionnement et à la sécurité.

Ces organes sont:

Les soupapes de sûreté;

L'injecteur d'eau d'alimentation;

Le manomètre de pression;

Les indicateurs de niveau d'eau;

Le sifflet d'alarme;  
Le chalumeau.

*Soupapes de sûreté* (13). — Ces soupapes sont destinées à éviter un excès de pression dans la chaudière et à diminuer les chances d'explosion dues à ce fait.

Elles se composent de deux soupapes à tiges verticales (25) appliquées sur leur siège par deux forts ressorts à spirale; ces ressorts sont reliés à deux leviers (26) aboutissant devant la chaudière, lesquels permettent, par leur soulèvement à la main, l'ouverture de la soupape qu'ils commandent, si cela est jugé nécessaire.

*Injecteur*. — L'alimentation d'eau de la chaudière s'opère par deux appareils placés de chaque côté (28). Ces appareils sont les injecteurs.

L'eau nécessaire à l'alimentation est enfermée dans des réservoirs portés par le tender, lesquels amènent l'eau à la locomotive par des tuyaux flexibles (31).

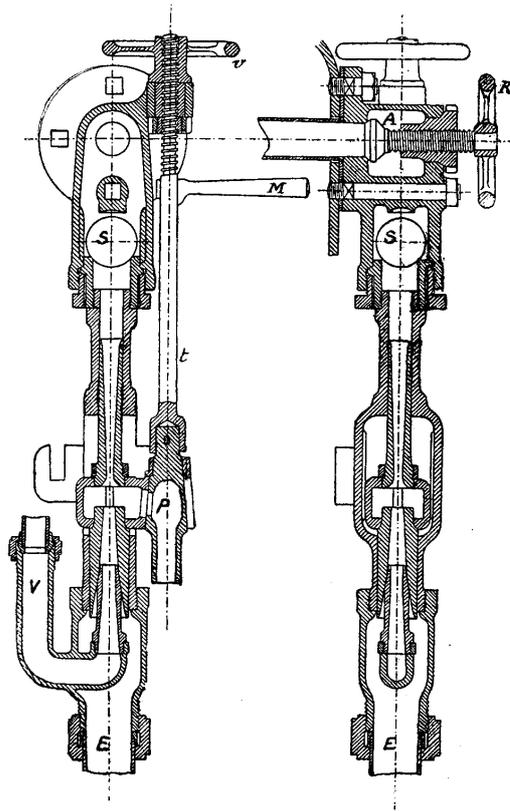


Fig. 15.

Le principe de cet appareil est de produire un entraînement d'eau sous l'influence d'un courant de vapeur et de l'amener à vaincre la pression intérieure de la chaudière.

L'appareil est formé d'une buse centrale (3) entourée par une seconde (5) placée dans le même axe et suivie elle-même d'un conduit tubulaire aboutissant à un élargissement placé sur la chaudière portant une soupape de retenue.

Si nous envoyons un jet de vapeur par la buse (3), ce jet passe dans l'orifice de la buse (5), mais dans ce mouvement il produit une aspiration dans le conduit (1), lequel est en communication avec le réservoir d'eau, il y a appel de cette dernière et par la buse (5) il passe un jet d'eau et de vapeur, lequel vient dans le conduit cylindrique et dans la buse (7) placée en sens inverse des premières et il force la soupape de retenue placée à son extrémité à se soulever et l'eau pénètre dans la chaudière.

En 8 existe un robinet qui permet la vérification de la marche de l'injecteur; en 2 un robinet d'arrêt et de mise en marche.

La vapeur est amenée de la chaudière à l'injecteur par le tuyau de prise (29) et l'eau venant de l'injecteur est introduite à l'intérieur de la chaudière par le tuyau (30).

Un robinet à vis (28) permet l'introduction d'un pointeau dans la buse 3 et par suite ferme l'arrivée de vapeur et arrête la marche de l'appareil.

*Manomètre.* — Un manomètre (27) sert à indiquer la pression existant à l'intérieur de la chaudière.

*Indicateur de niveau.* — Un indicateur de niveau fourni par trois robinets de jauge placés l'un au-dessous de l'autre sur la paroi de la chaudière permet de vérifier le niveau de l'eau à l'intérieur de la chaudière.

*Sifflet.* — A côté des soupapes de sûreté se trouve placé un sifflet (57) actionné à la main par un levier à portée du mécanicien et destiné à permettre d'exécuter les signaux nécessaires.

*Chalumeau.* — Nous avons vu précédemment qu'il existe dans le foyer de la chaudière une ouverture à clapet permettant l'arrivée d'air dans le foyer.

C'est un moyen d'activer le tirage, mais ce moyen est insuffisant pour produire le tirage nécessaire, on a alors recours à un appareil dénommé chalumeau (32), lequel n'est en réalité qu'un injecteur analogue de fonctionnement et de disposition à celui décrit précédemment et qui au lieu d'appeler de l'eau appelle les gaz du foyer.

Cet appareil est placé au centre de la boîte à fumée.

La vapeur employée à son fonctionnement provient de l'échappement du cylindre central (117), elle arrive dans la buse (32) et passe dans les buses (33), où à l'aide d'ouvertures latérales elle aspire les gaz contenus dans la boîte à fumée, elle les entraîne et les jette dans la cheminée (5).

Pour régler le tirage, il se trouve latéralement aux buses deux clapets (33) reliés à

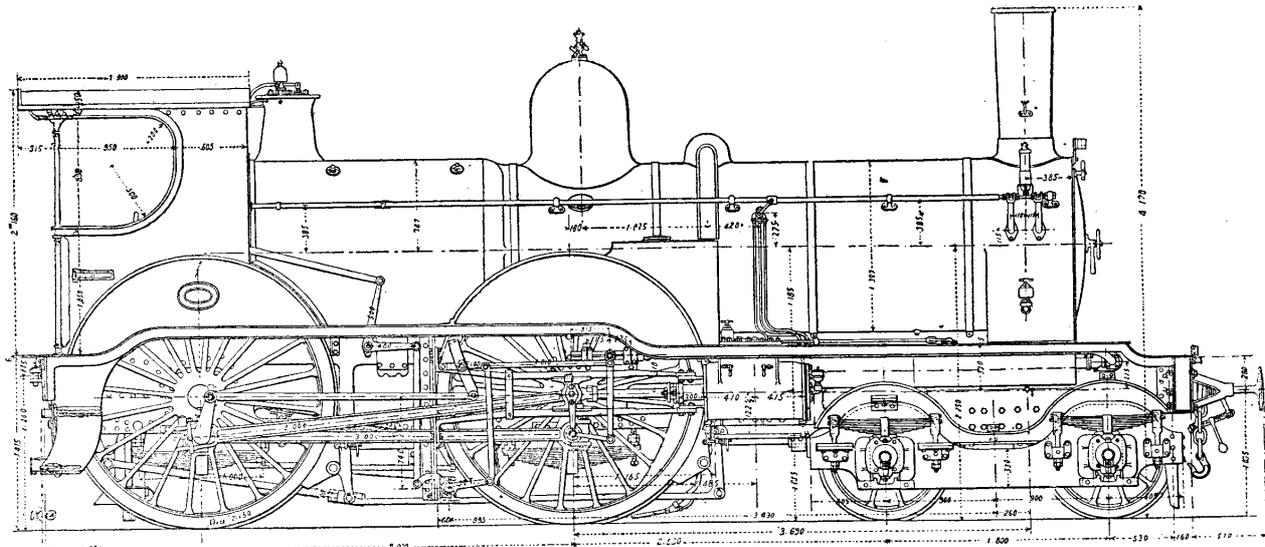
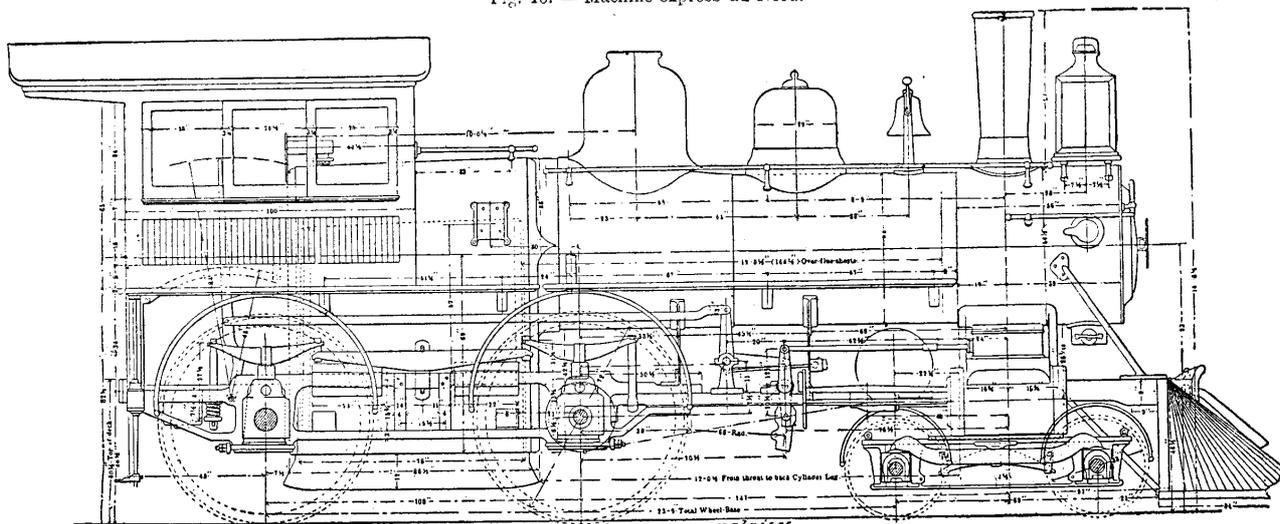
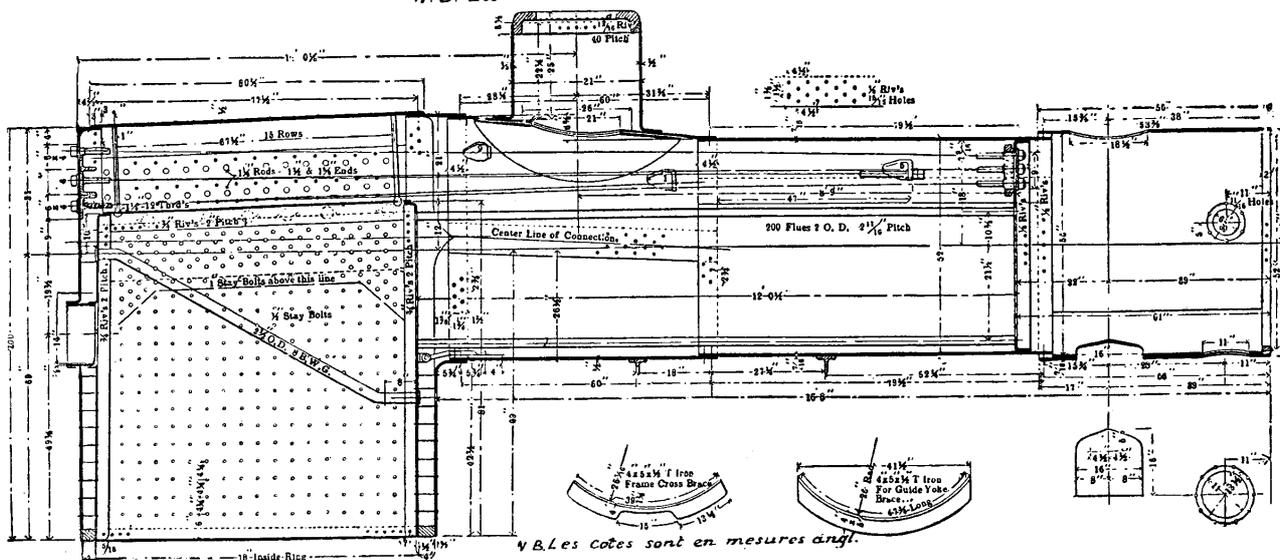


Fig. 16. — Machiné express du Nord.



N. B. Les cotes sont en mesures anglaises



N. B. Les cotes sont en mesures angl.

Fig. 17. — Machine américaine des ateliers Brooks.

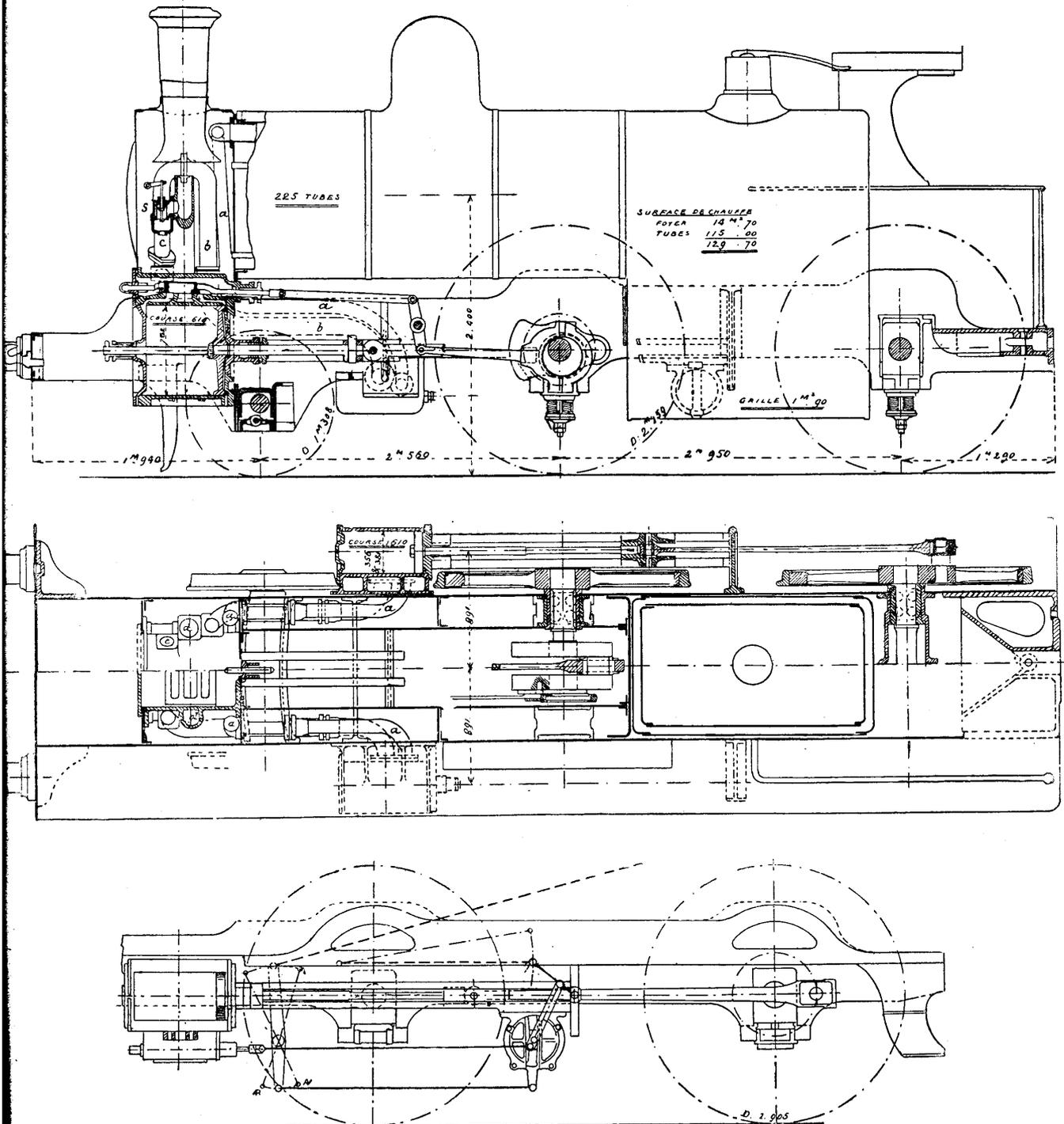


Fig. 18, 19 et 20. — Machine Teutonic express.

deux leviers (173) aboutissant à la plateforme par une tige (172) laquelle permet leur manœuvre.

La partie supérieure du chalumeau (37) porte elle-même un tiroir horizontal (36) mu par des tiges extérieures (175), lequel tiroir permet la fermeture plus ou moins complète de l'échappement de vapeur, qui peut fonctionner avec ou sans appel de gaz si les clapets (36) sont fermés et être fermé lui-même plus ou moins complètement.

Pour actionner le tirage lorsque la machine est au repos et que l'échappement ne fonctionne pas, on prend la vapeur dans le dôme à l'aide d'un tuyau (21-35), lequel l'amène à la base de la cheminée dans un tuyau circulaire percé de nombreux petits trous.

Entre la cheminée et la boîte à fumée se trouve placé un tamis métallique qui retient les portions de combustibles entraînées par les gaz provenant du foyer.

*Revêtement.* — Pour éviter les pertes de chaleur par le rayonnement, la chaudière est revêtue d'une enveloppe en tôle (41) qui l'entoure dans toutes ses parties.

## MACHINE A VAPEUR

### PLANCHES I, VIII-IX, X, XI et XII.

La machine est du type *Compound*, type dans lequel la vapeur utilisée à pleine pression dans un premier cylindre est échappée dans un second où elle se détend et utilise à l'aide d'un second piston le travail produit par la détente.

La vapeur prise sur le dôme de la chaudière est envoyée aux deux cylindres (78) placés extérieurement au châssis par le tuyau de prise (174) qui l'amène dans la boîte du tiroir (108) par un coude (139) et pénètre dans le cylindre par le tiroir de distribution.

Dans le dessin la boîte du tiroir (108) n'est représentée qu'extérieurement avec sa boîte à étoupes (80) et la tige du piston (81).

La figure 2 donne des dispositions schématiques des parties intérieures du cylindre et de la chambre de vapeur :

1. Le cylindre à vapeur.
2. Le piston et sa tige.
3. La boîte du tiroir.
4. Tiroir.
5. Conduite d'admission de vapeur.
6. Conduite d'échappement de vapeur.

Cette disposition est la disposition générale de toute distribution de la machine à vapeur, chaque type diffère par le système spécial employé pour distribuer la vapeur.

Dans la disposition spéciale du dessin, la distribution est commandée par un excentrique conique.

L'effort moteur produit sur le piston est transmis aux roues par les organes 81-82-83-86-85.

La crosse du piston glisse dans une double glissière fixée sur le fond du cylindre et contre un bâti vertical (106).

L'accouplement des deux roues motrices a lieu par une bielle (84).

La distribution est occasionnée par un levier (36) porté par le bouton de la manivelle d'accouplement actionnant une tige (87), laquelle agit par un levier (88) sur la tige (89) reliée au levier (93).

A la crosse du piston est fixé un ensemble de leviers (82-91-92-90) agissant sur la tige de commande (93) du tiroir.

Cet ensemble forme un parallélogramme commandé par la roue qui règle la position du tiroir et le sens de marche de la machine, ainsi que l'admission de la vapeur.

Le déplacement du coulisseau (93) dans la glissière est fait de la plateforme par les leviers 101-100-89, qui actionnent un arbre horizontal portant à chaque extrémité l'ensemble des leviers de distribution.

La tige (101) porte à son extrémité un écrou placé dans une glissière, lequel commande une vis sans fin (102) qui manœuvre par l'action d'un volant (104).

La vapeur, après son utilisation dans le petit cylindre s'échappe par un tuyau (140) et se rend dans la chambre de vapeur du grand cylindre (118); un robinet à trois voies (141) permet l'envoi de la vapeur soit dans le grand cylindre soit à l'intérieur.

Le grand cylindre est représenté en coupe sur la planche, tandis que sa chambre de vapeur ne figure qu'en coupe partielle, parce qu'elle se trouve placée sur le côté.

La distribution des quatre cylindres étant la même, il en est de même des parties qui l'actionnent lesquelles sont, toutes dimensions observées, semblables à celles du cylindre à haute pression, précédemment décrit.

Nous trouvons donc pour le cylindre à basse pression: le piston (119) avec la tige du piston (112), le presse-étoupe (110), la crosse (113), les deux glissières (111), la coulisse (127) qui est fixée à la pièce en acier fondu (137), la tige du tiroir (123) avec la direction (122) et les leviers l'actionnant (124, 125, 126 et 128).

Le déplacement de la distribution des deux grands cylindres, ainsi que le changement du sens de marche et le degré d'expansion doivent être simultanément opérés avec la distribution des petits cylindres. Les deux leviers (129 et 138) servent dans ce but à chacune des distributions, les deux leviers (138) de l'arbre horizontal permettent d'agir séparément au moyen de la tige (150 et 151) et du levier d'angle (152). A ce dernier est adoptée une longue

tige, analogue à la tige (101) du petit cylindre (omise dans la planche); elle pénètre dans l'abri du conducteur et son extrémité est fixée par un écrou à la tige (101) à la mise en marche (162).

Du grand cylindre la vapeur passe dans une boîte de jonction (117) placée entre les deux boîtes à tiroir (118); la vapeur s'en échappe par le chalumeau.

Il faut remarquer ici que, pour un bon démarrage, les manivelles au-dessus desquelles fonctionnent les petits cylindres, ne doivent pas, comme cela a lieu dans la machine à vapeur fixe être opposées sous un angle de 180 degrés, mais avoir un angle de 162 degrés.

Pour obtenir une puissance suffisante lors du démarrage, il est indispensable d'actionner les quatre cylindres avec la vapeur de la chaudière. A cet effet, on a disposé un robinet à trois voies (141) sur le tuyau d'échappement (140) situé en dehors du bâti, permettant d'envoyer la vapeur des petits cylindres dans le grand. Ces deux robinets, ainsi que le tuyau sont munis d'une soupape de sûreté (179), et ces robinets sont actionnés de la plateforme. Pour cette opération on se sert d'un petit cylindre à vapeur fixé sous le corps du cylindre sur une pièce en acier fondu (146), lequel est alimenté par un robinet à trois voies recevant la vapeur de la chaudière. Selon la position donnée de la plateforme du robinet, on peut faire prendre au piston du petit cylindre à vapeur (145) et aux deux robinets à trois branches (141) reliés au piston par les types (147, 144 et 149) quatre positions différentes et faire fonctionner la machine de quatre manières:

- 1° Par action de compoundage, comme il est parlé plus haut;
- 2° Sans compoundage, avec admission directe de la vapeur de la chaudière dans les quatre cylindres;
- 3° Sans compoundage, avec arrivée de la vapeur seulement dans les deux cylindres à haute pression;
- 4° Sans compoundage, avec arrivée de vapeur seulement dans les deux cylindres à basse pression.

Pour rendre possible le passage de la vapeur des petits cylindres directement dans l'espace de jonction commun (position 3) on a adopté le tuyau coudé (142) qui relie le robinet à trois voies (141) avec la boîte de vapeur intermédiaire.

Les quatre cylindres possèdent chacun deux robinets de vidange (96) et (130), ainsi que les deux boîtes à tiroir des deux grands cylindres. Ces robinets servent à l'écoulement de l'eau de condensation accumulée dans les cylindres et peuvent être ouverts par les leviers (131, 132, 133 et 134) actionnés de la plateforme.

Pour assurer le graissage des cylindres et du tiroir, il y a sur le côté droit du corps du cylindre un appareil graisseur lubrificateur automatique (170) d'où s'écoule l'huile pour être distribuée par les tuyaux (181). Le levier à pompe est mû par la coulisse (127) au moyen d'un levier (171), dont une extrémité est fixée à la coulisse et l'autre au levier de

pompe. Le tiroir du régulateur possède également un appareil de graissage spécial (178) qui est monté sur le dôme et consiste en un réservoir d'huile et deux robinets.

Pour donner l'adhérence nécessaire aux roues en temps de verglas, on muni la machine d'un distributeur de sable.

La vapeur qui s'échappe du tuyau (140) aspire par le tuyau (148) le sable contenu dans une boîte et le refoule sur les roues motrices.

La lampe qui se trouve sous la voûte de l'abri du conducteur est une lampe à gaz; le gaz arrive à la lampe par une conduite (177) qui l'extrait d'un réservoir (170) à gaz comprimé.

Nous faisons remarquer, en terminant, que les essais de ces machines ont prouvé la grande solidité et l'excellence de leur construction. La vitesse nominative réalisée est de 110 à 120 kilomètres à l'heure avec une puissance de 1.100 chevaux; elles marchent habituellement à une vitesse moyenne de 90 kilomètres à l'heure. Avec le choix d'un accouplement de quatre cylindres et l'excellente conception dans la construction de tous les appareils accessoires on est arrivé à diminuer considérablement les accidents de marche. Un de ces accidents s'était produit en 1891, le couvercle du cylindre d'avant d'une locomotive attelée à un train de 150 tonnes (1 tonne = 1.000 kilogrammes) avait sauté. Le conducteur parvint néanmoins à franchir la distance de 131 kilomètres qui lui restait à parcourir avec une vitesse moyenne de 74 kilomètres à l'heure avec l'emploi unique des petits cylindres.

## LOCOMOTIVES COMPOUND A GRANDE VITESSE

AVEC

BOGIE AVANT ET 3 ESSIEUX ACCOUPLES DE LA COMPAGNIE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE.

Les locomotives 2.601 à 3 essieux accouplés et à bogie que la Compagnie P.-L.-M. a mis en service fin 1904, sont caractérisées par l'augmentation de puissance de la chaudière.

Ces machines sont destinées à remorquer de trains express lourds, sur rampes de 8 millimètres à la vitesse de 80 kilomètres à l'heure, la charge derrière le tender étant de 300 tonnes.

Le tableau ci-dessous donne leurs dimensions principales d'établissement:

Surface de grille (Inclinaison 17 <sup>o</sup> ,4') . . . . .	3 m 3
— de chauffe de la boîte à feu . . . . .	15,42
— — des tubes . . . . .	205,75
— — totale . . . . .	221,17
Pression de la vapeur dans les chaudières . . . . .	16 k.
Nombre de tubes à fumée «Serve» . . . . .	138
Diamètre des tubes (épaisseur 2,6) extérieur . . . . .	70



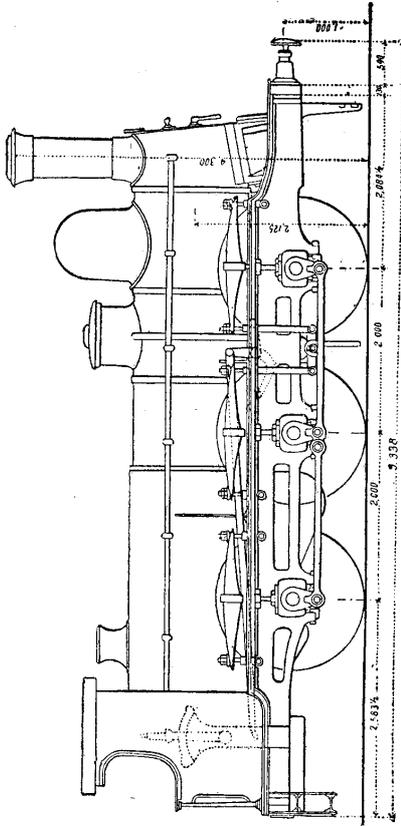


Fig. 26. — Type 2 de l'Etat belge.

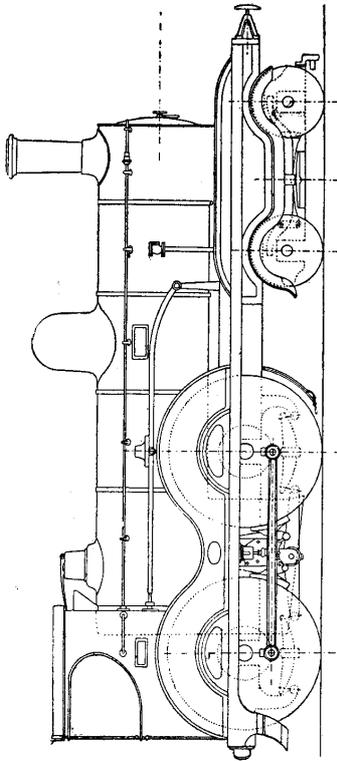


Fig. 25. — Machine de la Compagnie de l'Ouest.

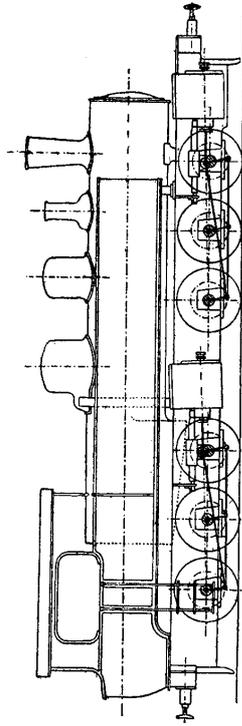


Fig. 28. — Locomotive-tender Mallet du Gothard.

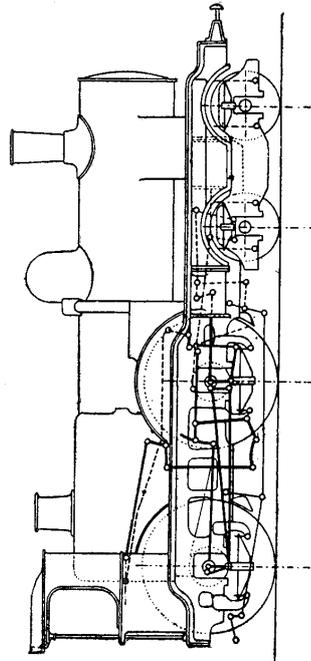


Fig. 27. — Compound express du Midi.

Longueur entre les plaques tubulaires . . . . .	4.000
Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus du rail . . . . .	2.600
Hauteur du dessus de la cheminée au-dessus du rail . . . . .	4.260
Diamètre intérieur moyen du corps cylindrique . . . . .	1.500
Épaisseur des tôles du corps cylindrique . . . . .	17
Épaisseur de la tôle d'enveloppe de boîte à feu . . . . .	12
— — de face AV — . . . . .	18
— — — AR — . . . . .	12
— de la plaque à tubes de boîte à fumée . . . . .	20
Longueur intérieure du foyer en bas . . . . .	2.802
Largeur — — . . . . .	1.022
Hauteur — — . . . . .	2.184
Épaisseur de la plaque à tubes du foyer . . . . .	25
Épaisseur des cuivres du foyer . . . . .	14
Volume d'eau dans la chaudière (100 m/m au-dessus du ciel) . . . . .	5.250
Volume de vapeur — — . . . . .	3.320
Capacité totale de la chaudière . . . . .	8.570
Diamètre des cylindres HP . . . . .	340
— — BP . . . . .	540
Course des pistons . . . . .	650
Diamètre des roues motrices . . . . .	2.000
— — du bogie . . . . .	1.000
Ecartement intérieur des bandages . . . . .	1.360
Largeur des bandages . . . . .	140
Épaisseur des bandages . . . . .	75
Diamètre des fusées des essieux moteurs . . . . .	210
Longueur — — . . . . .	250
Diamètre — — du bogie . . . . .	155
Longueur — — . . . . .	270
Empattement des 3 essieux accouplés . . . . .	4.780
Écartement des essieux extrêmes . . . . .	8.530
Longueur totale de la machine de tampons à tampons . . . . .	11.970
Largeur du tablier . . . . .	2.900
Hauteur du tablier au-dessus du rail . . . . .	1.570
Diamètre des tiroirs cylindriques HP . . . . .	200
— — BP . . . . .	280
Course maximum des tiroirs . . . . . HP = 145. BP =	125
Volume du réservoir intermédiaire . . . . .	140 L
Poids de la machine à vide . . . . .	65.200
— — en ordre de marche . . . . .	70.700
Poids adhérent . . . . .	50.550
Poids sur rails par mètre courant de longueur totale . . . . .	5t, 9
— — d'empattement . . . . .	8.28
Contenance des caisses à eau . . . . .	20 <sup>m</sup> 3
— — soutes à combustible . . . . .	3.500
Nombre d'essieux . . . . .	3
Diamètre des roues . . . . .	1.200
Empattement des essieux extrêmes . . . . .	4.190
Longueur totale de tampons à tampons . . . . .	8.900
Poids du tender à vide . . . . .	19.400
Poids du tender en ordre de marche . . . . .	43.100

Le corps de la chaudière est formé de 2 viroles cylindriques assemblées par une double rivure, les tôles de chacune d'elles sont jointes bout à bout, et reliées par des couvre-joints intérieurs et extérieurs.

La boîte à feu, du type Belpaire, se raccorde au corps cylindrique par un embouti à génératrices droites, sans doucine sur les côtés et à la partie supérieure.

Le foyer est en cuivre avec une enveloppe d'une seule tôle; le cadre de la porte du foyer est supprimé; l'assemblage du foyer et de la face arrière de boîte à feu est obtenu par rivure des bords tombés, en sens inverse, de chacune des deux tôles.

Le ciel du foyer est armé par des tirants verticaux vissés dans les tôles et munis à leurs extrémités de rondelles et d'écrous, ces tirants ont  $19^m/m,5$  de diamètre au corps et sont percés d'un trou de 6 millimètres sur toute leur longueur, ils sont distants de 95 millimètres d'axe en axe.

Les côtés de la boîte à feu sont entretoisés par trois rangs de tirants transversaux de 25 millimètres de diamètre au corps et percés sur toute leur longueur d'un trou de 12 millimètres; la rangée inférieure de ces tirants est à peine de  $15^m/m,5$  au-dessus du ciel du foyer.

Le foyer est relié à la boîte à feu par des entretoises en cuivre de 22 de diamètre distantes en moyenne de 82 millimètres.

L'alimentation de la chaudière est assurée par deux injecteurs Sellers de 8 1/2 à 9 1/2 placés du côté gauche de la boîte à feu.

Le foyer est pourvu d'une voûte en briques réfractaires formée de 102 éléments de voussoirs assemblés avec du mortier réfractaire.

Le châssis est constitué par 2 longerons d'une seule tôle de 28 millimètres d'épaisseur assemblés à l'avant et à l'arrière par les attelages et reliés, jusqu'à la boîte à feu, par des entretoises en acier moulé et en tôleries.

Les ressorts de suspension des essieux accouplés sont placés en dessous des boîtes à huile et reliés par des balanciers d'équilibre.

Dans cette machine le rattachement du bogie est un peu différent de celui décrit précédemment.

La suspension du bogie comporte deux grands ressorts longitudinaux, à lames, placés à l'intérieur des longerons, à droite et à gauche du pivot, s'appuyant par leurs extrémités sur des traverses reposant sur des boîtes à huile.

L'entraînement du bogie et sa liaison avec l'avant de la machine sont obtenus par un pivot hémisphérique boulonné aux cylindres B P, reposant dans une crapaudine ayant un déplacement latéral de 34 millimètres de chaque côté; cette crapaudine, qui est reliée au pivot par deux tourillons latéraux, repose sur un jeu de plans inclinés différentiels ayant pour but de ramener l'avant de la machine dans l'axe de la voie et en outre, sa base d'appui, sur les dits plans inclinés, est à double face hélicoïdale, afin de ramener le bogie dans l'axe de la loco-

motive après la traversée des courbes. Deux bielles de suspension à l'avant et à l'arrière du pivot limitent le déplacement vertical que pourrait prendre le châssis du bogie sous les chocs des roues.

Les conduites d'arrivée de vapeur sont branchées sur une culotte fixée à l'avant du dôme et se raccordent aux cylindres H P en contournant le corps cylindrique.

La tuyère d'échappement, fixée aux cylindres B P s'élève verticalement dans l'axe de la cheminée, elle est pourvue d'une buse conique, se déplaçant verticalement dans la partie supérieure de la colonne qui permet d'avoir un échappement à jet central constant à un autre, annulaire, à section variable.

Les deux soupapes de sûreté silencieuses, à charge directe, sont placées sur le corps cylindrique.

Les cylindres à haute pression sont donc extérieurs et fixés aux longerons dans la région comprise entre les roues du bogie; cette disposition toute particulière à ces locomotives nécessite des bielles motrices de 3 mètres de longueur et des tiges de pistons H P un peu grandes.

Tout le mouvement de distribution extérieur est porté par un longeron en acier moulé sur lequel est boulonnée la glissière unique de tête de tige du piston; la distribution H P est du type Walschaert commandée par une contre-manivelle d'excentrique, attaquant une coulisse ordinaire; la distribution B P, aussi du type Walschaert, est commandée par un seul excentrique, calé sur l'essieu, à l'intérieur des manivelles, attaquant une coulisse ordinaire avec renvoi de mouvement, par levier oscillant, aux tiroirs placés à la partie supérieure des cylindres.

Les tiroirs de distribution sont cylindriques et admettent la vapeur par les arêtes intérieures; des soupapes de rentrée d'air sont placées l'une sur le tuyau d'échappement, l'autre sur le tuyau formant réservoir intermédiaire afin de marcher sans inconvénients avec le régulateur fermé.

Le changement de marche est à dé clic, du type de la Compagnie (voir description dans la *Revue Générale* de septembre 1898), il est établi par des admissions aux H P comprises entre 20 et 80 0/0 et une admission constante de 63 0/0 aux cylindres B P. Par suite de la possibilité d'une grande durée d'admission aux cylindres H P les moments moteurs au démarrage sont suffisants pour ne pas être obligé de recourir à l'échappement direct des H P; ce démarrage est, en outre, facilité par une introduction directe de vapeur vive dans le réservoir intermédiaire réglée à l'aide d'un robinet à la main du mécanicien.

Tous les essieux, y compris ceux du bogie, sont pourvus de sabots de frein, commandés par une timonerie unique, le rapport de l'effort exercé sur les sabots au poids de la locomotive sur rails est de 50 0/0. Le freinage est obtenu à l'aide de l'air comprimé distribué par les appareils Westinghouse-Henry, avec double canalisation l'une pour le modérable, l'autre pour le frein automatique.

Le graissage de la vapeur est effectué à l'aide d'un graisseur à condensation à gouttes visibles, système Détroit, canalisant l'huile dans les quatre boîtes à tiroirs.

Une sablière Gresham, à vapeur, répand le sable à l'avant des roues du deuxième

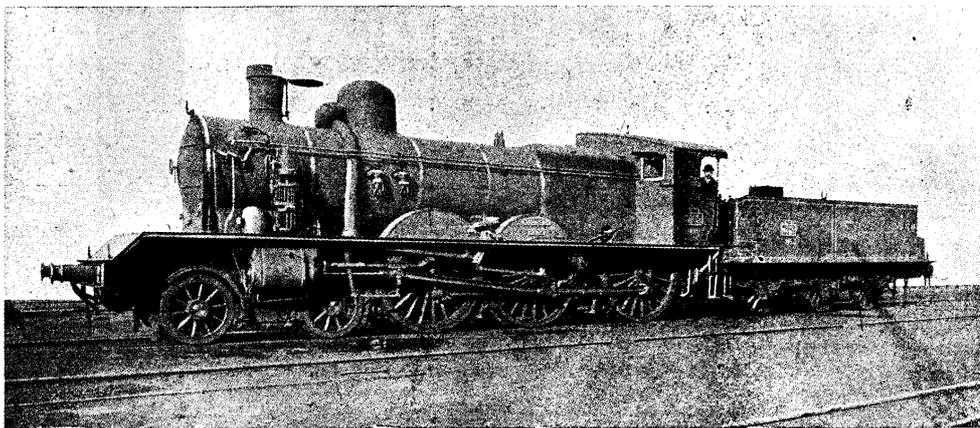


Fig. 29. — Locomotive à bogie à 3 essieux, accouplée avec son tender.

essieu moteur, le réservoir de sable est placé entre les longerons sous le corps cylindrique émergeant au-dessus du tablier.

La disposition de la prise de vapeur et sa régularisation sont également différentes.

Le régulateur est à doubles soupapes équilibrées, il est placé verticalement dans le

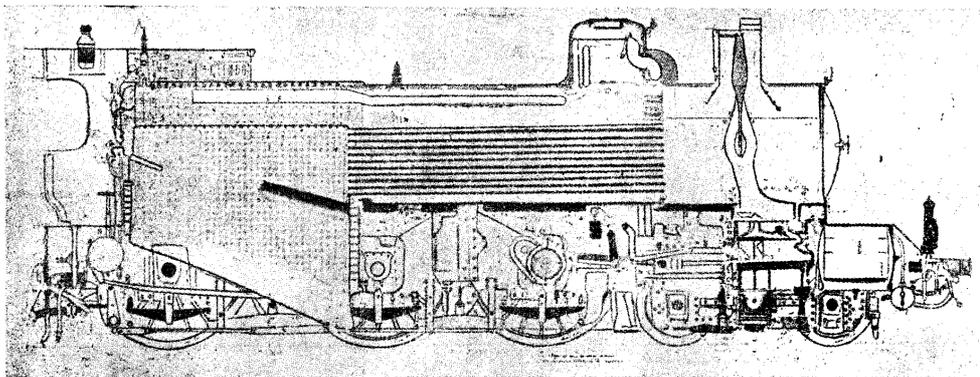


Fig. 30. — Coupe de la locomotive ci-dessus.

dôme, et est alimenté par un tuyau « Grampton » prenant la vapeur au-dessus du ciel du foyer et débouchant dans la partie haute du dôme, isolée du corps cylindrique par un diaphragme en tôle mince pleine.

La commande des soupapes équilibrées du régulateur s'effectue à l'aide d'un arbre transversal, pourvu de presse-garnitures sur la virole du dôme, et relié au levier de manœuvre par une grande tringle oblique; le levier se déplace horizontalement sur un secteur denté à verrouillage automatique goujonné sur le côté droit de la boîte à feu; un faible jeu prévu dans les articulations des leviers suffit pour permettre les dilatations différentes de la tringle et de la chaudière.

Il y a lieu de remarquer également les essieux à boîtes à plans inclinés.

Pour permettre et faciliter la circulation de la locomotive dans les courbes de faible rayon, l'essieu arrière est pourvu de boîtes à huiles à plans inclinés, ayant un déplacement de 7 millimètres de chaque côté.

Dans cette locomotive la position des quatre cylindres entre les roues du bogie, presque sur le même axe, l'équilibre absolue des forces perturbatrices verticales par des contrepoids ménagés sur les roues motrices ont contribué à réduire d'une façon sensible les perturbations à la marche de la machine. Aux grandes vitesses, la maximum du moment produisant le lacet à la vitesse limite est de 8.396 kilogrammes avec une amplitude de  $0^{\text{m}}/^{\text{m}}763$  au milieu du bogie, indépendante de la vitesse; le maximum de l'effort produisant le tangage, à la vitesse limite, est de 1.437 kilogrammes avec une amplitude indépendante à la vitesse de  $0^{\text{m}}/^{\text{m}}365$ .

La locomotive est pourvue d'une conduite avec prise de vapeur pour le chauffage ainsi que des appareils de raccordement et de manœuvre.

TYPE DE LOCOMOTIVE A GRANDE VITESSE ET A 2 CYLINDRES AYANT  
PRÉCÉDÉ LE TYPE A 4 CYLINDRES

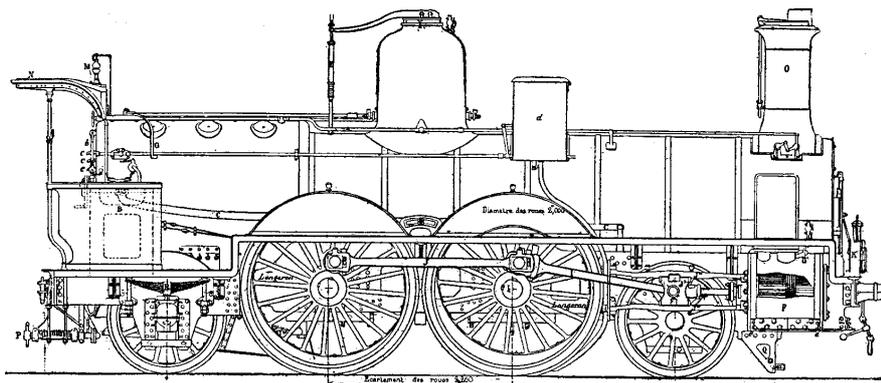


Fig. 31. — Elévation.

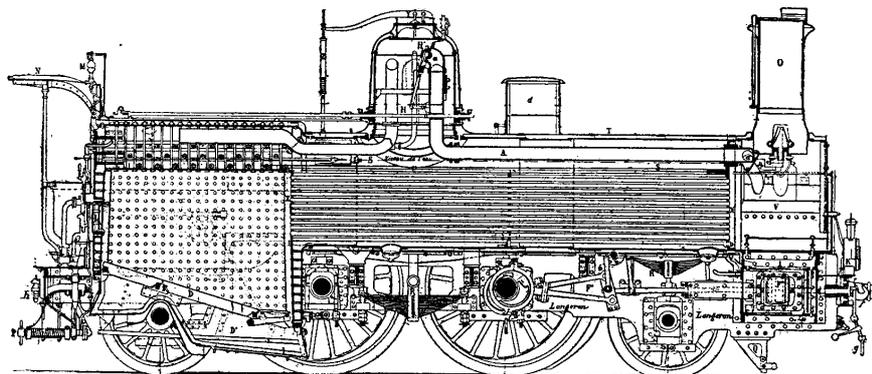


Fig. 32. — Coupe. — Locomotive à deux essieux accouplés avec deux roues porteuses à l'avant et deux à l'arrière.

A, tuyau recevant la vapeur en *a* dans le réservoir et se bifurquant en *a'*, pour la conduire aux deux cylindres qui renferment les pistons moteurs. — B, changement de marche à vis — C, barre de changement de marche. — D, grille du foyer. — D', cendrier. — E, tuyau d'échappement de la vapeur lorsqu'elle a agi sur les pistons. — F, cylindre en fonte renfermant le piston moteur. — F', barres d'excentrique et coulisse de distribution. — F'', tiroir. — G, levier du régulateur. — H, réservoir de vapeur. — H', régulateur. — I, essieu moteur. — I', bielle motrice. — J, bielle d'accouplement. — J', tête de bielle. — J'', glissières. — K, lampe à réflecteur. — L, porte du foyer. — M, sifflet. — N, abri. — O, cheminée dans laquelle se dégage la fumée ainsi que la vapeur qui s'échappe du cylindre. — P, tuyaux conduisant l'eau du tender à l'injecteur pour l'alimentation de la chaudière. — Q, chasse-pierres destiné à écarter tout objet qui encombre la voie. — R, ressorts qui supportent la chaudière. — S, corps de la chaudière. — T, chemise ou enveloppe de la chaudière destinée à diminuer la perte de chaleur. — U, injecteur. — V, boîte à fumée dans laquelle débouchent les tubes. — X, tubes ouverts aux deux bouts et se terminant d'une part à la boîte à feu, de l'autre à la boîte à fumée. Ces tubes ont pour objet de transmettre la chaleur du foyer à l'eau de la chaudière et à la vaporiser. — Y, soupape de sûreté. — Z, étui contenant des ressorts à boudin destinés à régler le jeu des soupapes. — *b*, indicateur du niveau de l'eau. — *ccc*, robinets jauge. — *d*, sablier manœuvré par une tringle à la portée de la main du mécanicien. — *ee*, robinets purgeurs manœuvrés par une tringle à la portée de la main du mécanicien. — *f*, crochet d'attelage. — *g*, tendeur d'attelage. — *h*, attelage du tender.

### Tender.

A chaque machine doit-être accouplée une voiture porteuse d'eau et de charbon que l'on dénomme «*tender*», lequel a pris d'autant plus d'importance que la vitesse et le parcours se sont accrus.

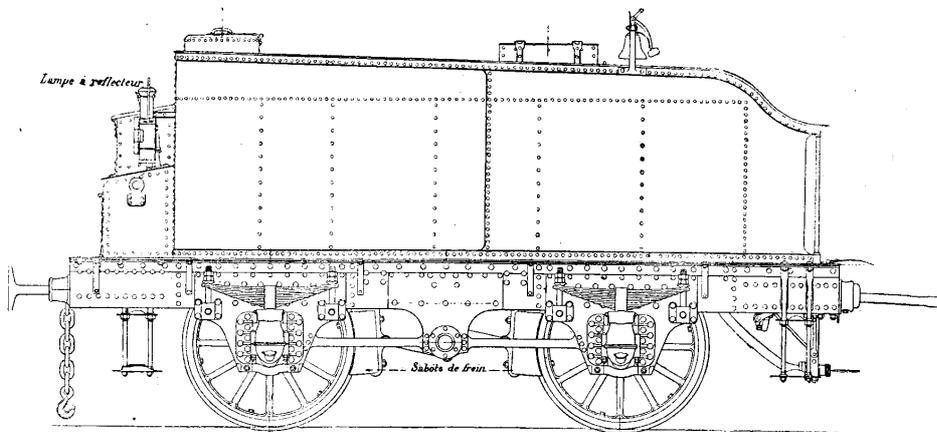


Fig. 33. — Élévation du tender.

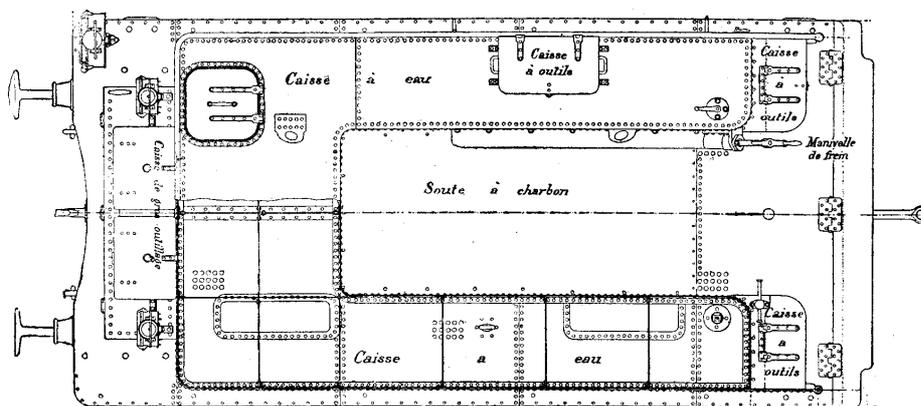


Fig. 34. — Vue en plan du tender.

Cette voiture représentée ci-dessus en élévation et en plan est étudiée et construite avec tout autant de soins que la locomotive, car elle a une très grande importance pour la bonne marche d'un train.

ÉLÉVATION, PLAN ET COUPES D'UNE CHAUDIÈRE DE LOCOMOTIVE A GRANDE VITESSE

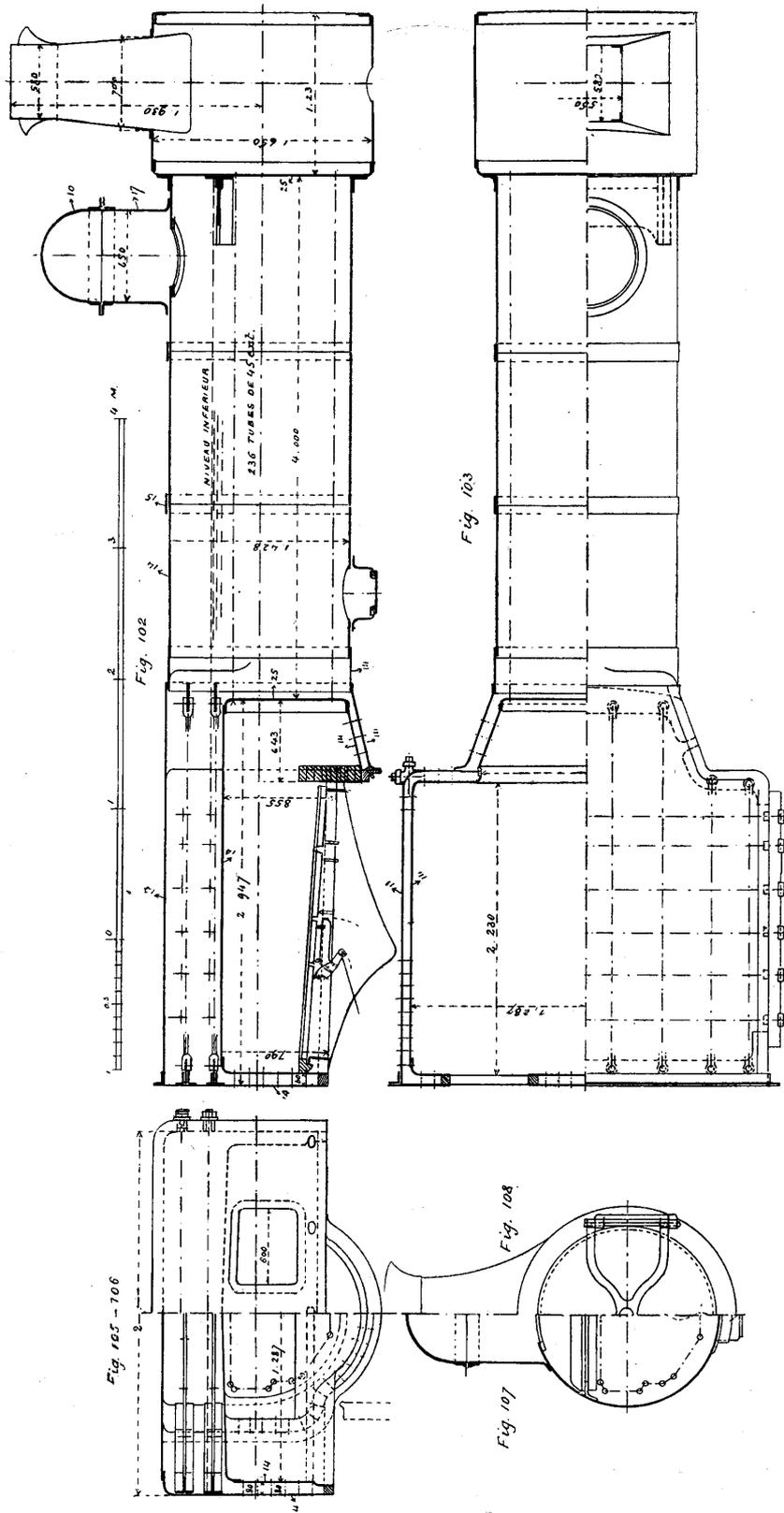
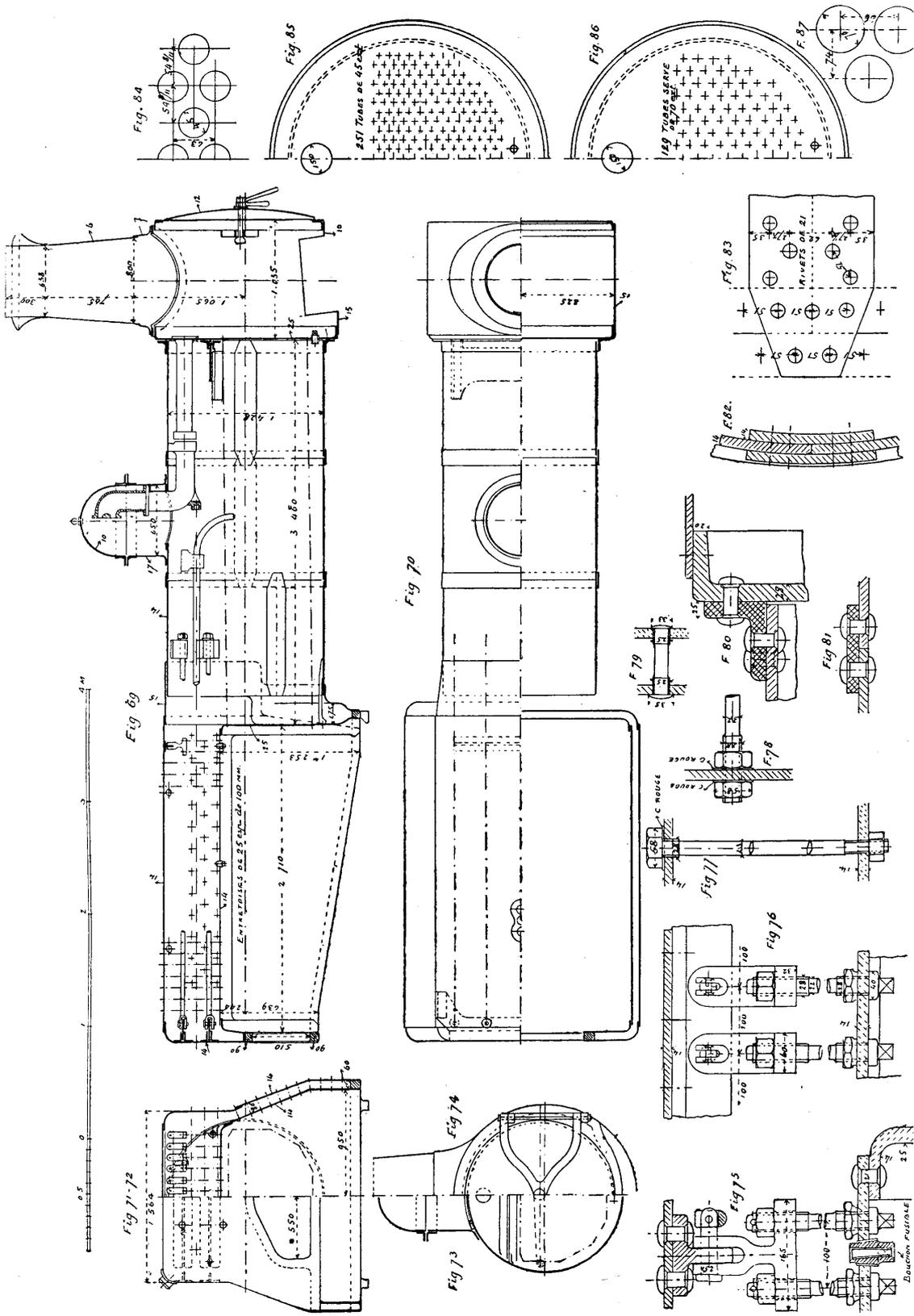


Fig. 35 et 36.

ÉLÉVATION, PLAN ET COUPES D'UNE CHAUDIÈRE DE LOCOMOTIVE A GRANDE VITESSE



ÉLEVATION, PLAN ET COUPES D'UNE CHAUDIÈRE DE LOCOMOTIVE A GRANDE VITESSE

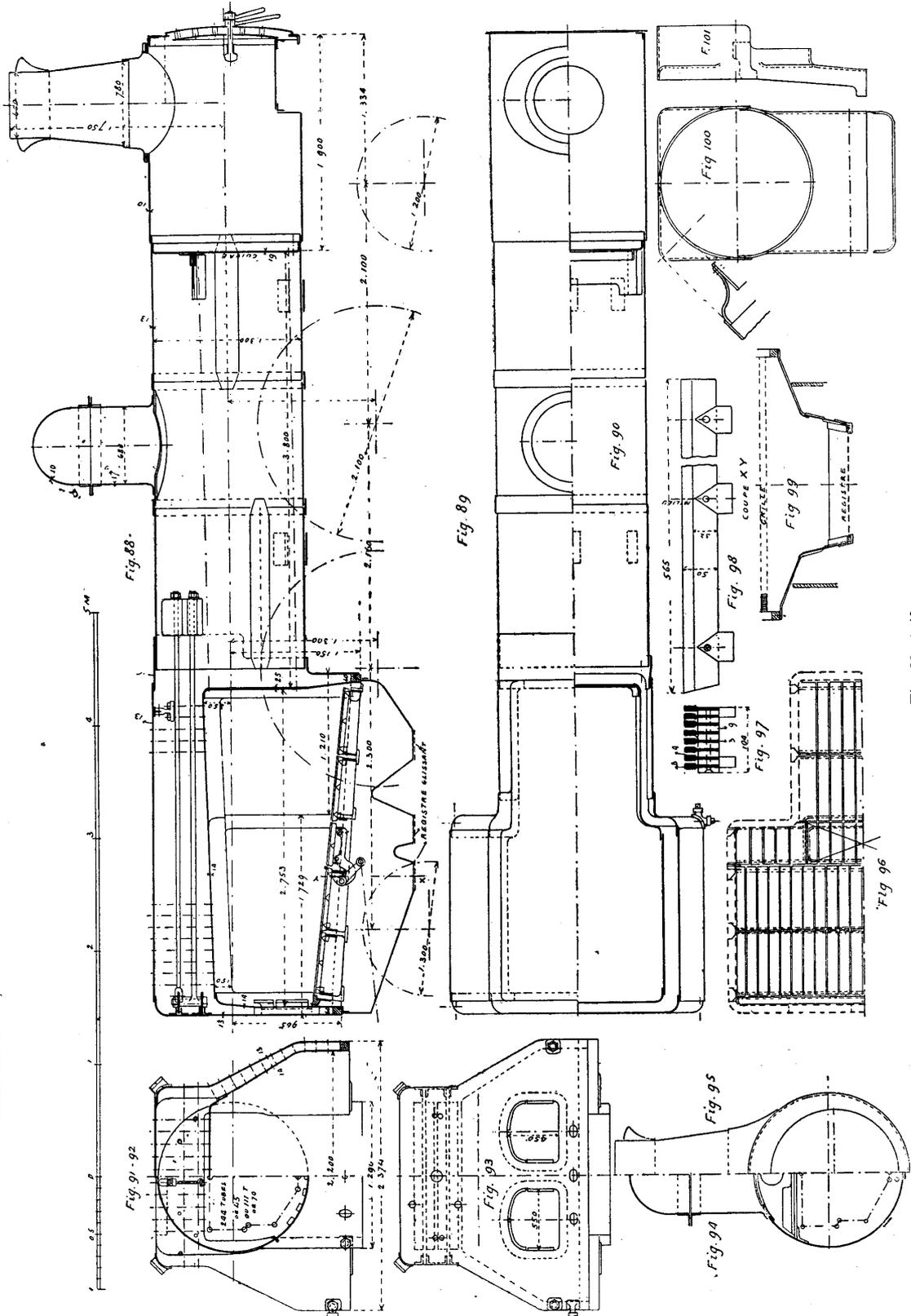


Fig. 89 et 40.

## LOCOMOTIVE A VOIE ÉTROITE

DE 12 TONNES A 3 ESSIEUX. CONSTRUCTION DECAUVILLE

Nous donnons ici la vue et les dimensions principales d'une locomotive à voie étroite afin que l'on puisse établir les différences avec des machines puissantes décrites précédemment.

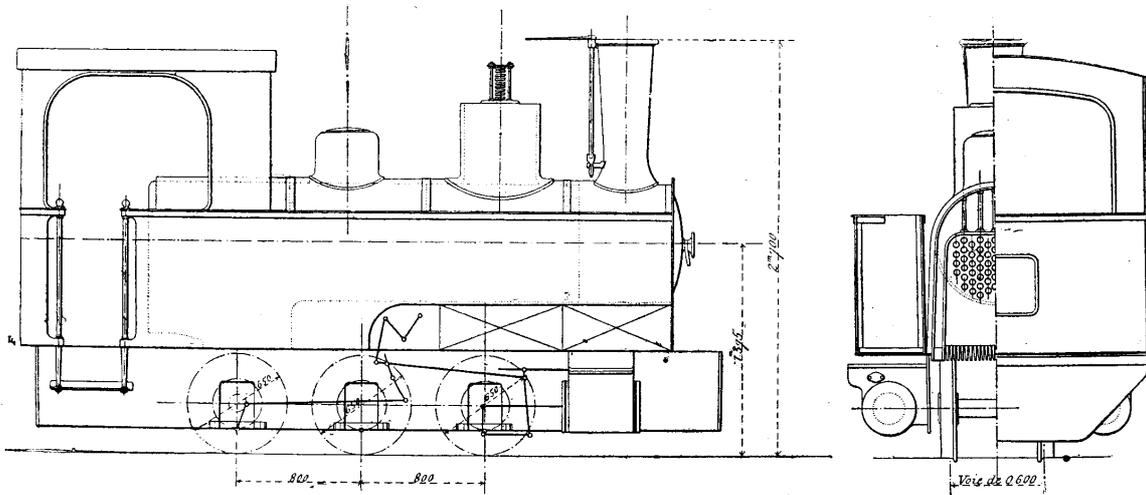


Fig. 41.

Poids de la locomotive à vide, environs . . . . .	9.000 k.
— — avec approvisionnement complet . . . . .	12.000
Poids adhérent en charge moyenne . . . . .	10.500
Effort de traction . . . . .	1.930
Timbre de la chaudière . . . . .	12
Diamètre des cylindres . . . . .	0 <sup>m</sup> ,230
Course des pistons . . . . .	0 <sup>m</sup> ,320
Empattement total . . . . .	1 <sup>m</sup> ,600
Surface de chauffe du foyer . . . . .	2 <sup>m</sup> <sup>2</sup> ,40
— des tubes . . . . .	15 <sup>m</sup> <sup>2</sup> ,90
— totale . . . . .	18 <sup>m</sup> <sup>2</sup> ,30
Surface de grille . . . . .	0 <sup>m</sup> <sup>2</sup> ,52
Capacité des soutes à eau . . . . .	1.500 lit
— — à charbon . . . . .	600 k.
Rayon minimum des courbes . . . . .	25 <sup>m</sup>
Poids minimum du rail . . . . .	12 k.
Gabarit . . . . .	{
Longueur sans tampons . . . . .	4 <sup>m</sup> ,440
Largeur extrême . . . . .	1 <sup>m</sup> ,950
Hauteur . . . . .	2 <sup>m</sup> ,700

Cette machine a trois essieux couplés, elle porte elle-même son eau, c'est le type de locomotive-tender.

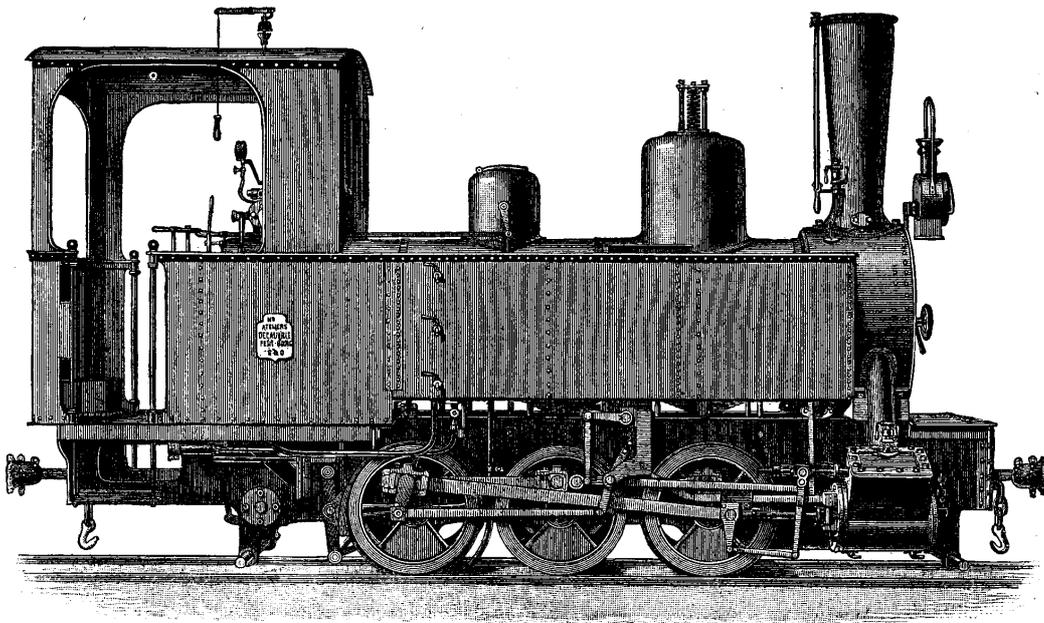


Fig. 42. .

Ces machines sont surtout utilisées pour le transport des marchandises ou des matériaux dans les usines et dans les chantiers.

# LES FREINS

## CONTINUS

# LES FREINS CONTINUS

---

## CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

On enraye la vitesse d'un véhicule à l'aide de sabots qui viennent frotter sur les bandages des roues.

Ces sabots sont mis en mouvement soit à l'aide d'un levier, soit à l'aide d'une manivelle à vis, agissant elle-même sur un levier et on obtient ainsi les *freins à main*, et les *freins à vis* qui furent pendant très longtemps les seuls employés pour les véhicules de chemins de fer.

De la multiplication de bras de levier dépend la multiplication de l'effort initial exercé par l'homme, soit à l'extrémité du levier, soit sur la manivelle.

Un certain nombre de wagons ainsi freinés étaient répartis dans les trains, et à un signal donné, les serre-freins préposés à la manœuvre agissaient avec autant de simultanéité que possible sur les appareils qui leur étaient confiés. C'est du reste ce qui existe encore pour les trains de marchandises, qui ne marchent en général qu'à une faible vitesse.

On conçoit facilement ce qu'un pareil système peut avoir de dangereux, lorsqu'il s'agit, non plus de trains de marchandises à faible vitesse, mais de trains rapides, comme les trains de voyageurs, avec lesquels il faut pouvoir ralentir ou arrêter devant un signal ou un obstacle, avec une extrême rapidité.

Aussi au fur et à mesure que le perfectionnement apporté aux locomotives permettait d'atteindre des vitesses de plus en plus grandes, tout en remorquant des trains de plus en plus lourds, on fut amené à grouper les freins de façon à les faire agir par une même manœuvre, sur un groupe de deux ou trois véhicules.

Tel était le frein à chaîne Loughridge, dont on fit usage vers 1865, et qui consistait dans un ensemble de poulies et de chaînes reliées entre elles sur toute la longueur du train; il suffisait au mécanicien d'agir sur un levier placé auprès de lui, pour qu'immédiatement l'action se transmette, d'une extrémité à l'autre.

On donna d'une façon générale à ces groupements d'appareils le nom de *freins continus* du fait de la continuité de l'action qu'ils assuraient sur des groupes de plusieurs véhicules.

Toutefois tous les moyens de continuité dus à des mouvements mécaniques ne constituaient que des solutions peu pratiques, et le problème ne pût être considéré comme véritablement résolu en principe qu'au moment où furent inventés les *freins continus pneumatiques* dans lesquels on se servait, pour actionner les freins de chaque véhicule, des variations de pression produites dans une conduite générale régnant tout le long du train, reliée entre les divers véhicules par des accouplement flexibles, est contenant suivant les systèmes soit de l'air comprimé, soit de l'air raréfié.

Aussi n'est-il pas sans intérêt de donner un historique sommaire de ces appareils.

Dès 1833, Stephenson avait imaginé son *frein à vapeur* qui consistait simplement en un cylindre avec piston sur lequel venait agir la vapeur, et dont la tige actionnait les leviers de timonerie correspondant aux sabots.

Le premier frein méritant vraiment le nom de *frein pneumatique*, fut un frein à vide, breveté par James Nasmyth et Charles May en 1844.

En 1848, Samuel C. Lister breveta un frein à air, avec pompe de compression réservoir principal, conduite générale reliée entre les divers véhicules par des accouplements, et qui constituait dès cette époque un véritable frein continu absolument semblable à ceux qui furent créés beaucoup d'années plus tard, avec cette seule exception qu'il était actionné par le conducteur, et non par le mécanicien.

Par la suite, des quantités considérables de brevets pour freins continus furent pris dans les divers pays; et pendant les 70 dernières années du siècle dernier, on compte plus de 650 brevets en Angleterre, dont 21 pour freins électro-magnétiques, 20 pour freins hydrauliques 32 pour freins pneumatiques, 50 pour freins à vapeur, etc., etc.

Pendant ce même temps, plus de 305 brevets étaient déposés aux Etats-Unis pour divers types de freins de chemins de fer.

Mais c'est surtout après que M. George Westinghouse se fut emparé de l'idée et y eut apporté des perfectionnements indispensables, que la question commença à faire des progrès très rapides. C'est en 1869, qu'il imagina son frein à air non automatique, qui fut désigné sous le nom générique de *frein à air direct*. Il consistait en une pompe de compression actionnée par la vapeur et placée sur la locomotive, et en un réservoir, dans lequel était emmagasiné l'air comprimé; une conduite générale partant du réservoir, se prolongeait

sur toute la longueur du train, et les connexions entre véhicules, étaient faites par des accouplements; chaque véhicule était muni d'un cylindre en fonte, dont le piston actionnait la timonerie.

Chaque fois qu'on envoyait de l'air dans la conduite générale, le piston était mis en mouvement, et les freins appliqués.

Lorsque au contraire, on mettait la conduite en communication avec l'extérieur, l'air comprimé s'échappait, et les freins étaient desserrés.

Cette manœuvre avait lieu à l'aide d'un robinet à trois voies, placé près du mécanicien, entre la conduite générale et le réservoir principal, et qui permettait de mettre la conduite générale en communication soit avec le réservoir principal, soit avec l'extérieur, soit enfin, de l'isoler.

C'est en 1872, que M. George Westinghouse créa en Amérique son frein à air comprimé automatique, qui peut être considéré comme le point de départ de tous les progrès qui ont été faits depuis cette époque, dans cet ordre d'idées, progrès dont dépendait en grande partie le développement des transports par voies ferrées. La même année, en 1872, parut en Angleterre le frein à vide Smith, d'abord sous forme de frein direct, et puis sous forme de frein automatique.

Les premières applications en France furent faites en 1877 pour les freins Westinghouse, par la Compagnie de l'Ouest et en 1878 pour les freins Smith, par la Compagnie du Nord.

Après les tâtonnements inévitables du début, on arriva très rapidement à des appareils suffisamment perfectionnés; puisqu'en septembre 1880 les pouvoirs publics pouvaient imposer aux grandes Compagnies l'application des freins pneumatiques, pour tout le matériel destiné à entrer dans des trains de voyageurs.

Ce n'est qu'à partir de cette époque, qu'ayant un moyen absolument certain d'arrêter les trains de longueur quelconque sur des espaces extrêmement faibles, on put songer à augmenter leur vitesse et leur longueur, et à pousser les locomotives au point de perfection où elles en sont aujourd'hui.

On verra du reste qu'on ne s'est pas arrêté dans cette voie, et qu'après les freins continus pneumatiques ordinaires, on a créé le frein à action rapide, et tout récemment le frein à action ultra rapide.

Malgré le très grand nombre de freins qui ont été imaginés et qu'on imagine encore chaque jour, il est toutefois très facile d'établir une classification générale d'après leur mode de fonctionnement, et c'est ce que nous allons faire.

Tout frein continu pneumatique emprunte non seulement son fonctionnement, mais sa puissance, soit à l'air comprimé, soit à l'air raréfié, ou pour employer l'expression usuelle au *vide*.

Il se compose:

1° D'une source d'air comprimé ou de vide placée sur la locomotive (*pompe de compression* ou *éjecteur*), actionnée par la vapeur.

2° D'une conduite appelée *conduite générale* qui règne tout le long du train et est raccordée entre les divers véhicules par des *accouplements* flexibles qui en assurent la continuité.

3° D'un *robinet de manœuvre* placé sur la locomotive, et permettant de faire varier la pression dans la conduite générale.

4° D'un appareil producteur de force initiale, placé sous chaque véhicule, et relié soit directement, soit indirectement à la conduite générale.

Ces appareils appelés *cylindres à freins* ou *vases à freins* se composent en réalité d'une paroi mobile *piston* ou *diaphragme* dont on met en communication l'une des faces avec l'air comprimé, ou avec l'air raréfié, au moment du serrage.

La pression ainsi produite est transmise soit à l'aide du piston, soit à l'aide du diaphragme, à l'ensemble des leviers qui forment la *timonerie* et qui transmettent cette force initiale aux sabots en l'amplifiant plus ou moins suivant la multiplication des bras de levier.

Les freins continus pneumatiques se divisent en deux grandes classes: les *freins à vide*, et les *freins à air comprimé*.

Chacune des ces classes se divise elle-même en deux catégories absolument distinctes: les freins à action directe, et les freins à action automatique, ou plus simplement les *freins directs*, et les *freins automatiques*; il y a donc en somme quatre types fondamentaux de freins continus pneumatiques:

Les *freins à vide directs*;

Les *freins à vide automatiques*;

Les *freins à air comprimé directs*;

Les *freins à air comprimé automatiques*.

Nous allons expliquer maintenant la différence qui existe entre un frein direct, et un frein automatique.

Un frein est *direct*, lorsque pendant la marche du train et pendant le desserrage, la conduite générale et les cylindres ou vases à freins qui y sont reliés, sont à la pression atmosphérique.

Ce n'est qu'au moment du serrage, qu'on envoie dans la conduite générale, et de là dans le cylindre ou vase à freins, de l'air comprimé, ou de l'air raréfié, destiné à produire la force initiale en agissant sur le piston ou diaphragme. Pour desserrer on remet la conduite générale et par conséquent le cylindre ou vase à freins en communication avec l'extérieur.

On voit donc que ces freins sont les plus simples qui existent, puisqu'il n'y a besoin sous chaque véhicule que d'un cylindre ou vase à freins relié directement à la conduite générale par un branchement flexible ou rigide.

On voit également que ces freins ont l'avantage de pouvoir se modérer à volonté, c'est-à-dire sont *modérables*, aussi bien au serrage qu'au desserrage.

Il est évident, en effet, que suivant la pression d'air, ou le degré de vide que le mécanicien admet dans la conduite générale, et par conséquent dans le cylindre ou vase à freins, à l'aide de son robinet de manœuvre, l'effort initial développé par ce cylindre ou vase à freins est plus ou moins grand, puisque la différence de pression par centimètre carré qui s'exerce sur ses deux faces, est plus ou moins grande; et on voit que le mécanicien peut à volonté faire varier, lors du serrage, cette différence de pression de 0 au maximum, en passant par tous les degrés intermédiaires. Il en est de même au desserrage.

Un frein est dit, au contraire, *automatique*, lorsque pendant le desserrage, et pendant la marche du train, la conduite générale est remplie d'air comprimé ou d'air raréfié.

C'est en abaissant la pression dans la conduite générale, ou en y diminuant le degré de vide, par une mise en communication avec l'extérieur, que le mécanicien peut effectuer le serrage.

Toutefois les cylindres ou vases à freins ne sont plus, comme dans le cas des freins directs, reliés directement à la conduite générale; et il existe, en outre, sous chaque véhicule, un *distributeur* et un réservoir appelé *réservoir auxiliaire*.

Le distributeur est en communication d'une part, avec la conduite générale, d'autre

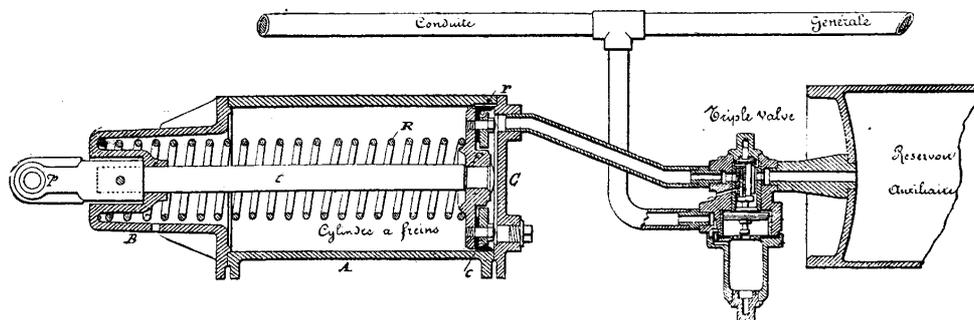


Fig. 1.

part avec le cylindre ou vase à freins, et enfin avec le réservoir auxiliaire, et le fonctionnement général de ces divers organes est le suivant:

Pendant le desserrage, ou la marche du train, le mécanicien met, à l'aide de son robinet de manœuvre, la conduite générale en communication avec la source d'air comprimé ou de vide.

La figure 1 montre l'ensemble schématique d'un frein à air comprimé automatique (frein Westinghouse) dans lequel le distributeur a reçu la dénomination spéciale de triple valve.

Le distributeur qui est composé intérieurement d'un ou plusieurs systèmes mobiles,

formés de pistons, clapets ou tiroirs, prend, sous l'influence de l'air comprimé ou du vide existant dans la conduite générale, une position telle qu'il fait communiquer cette conduite générale avec le réservoir auxiliaire et qu'il met, au contraire, en communication le cylindre ou vase à freins avec l'extérieur.

Le frein est donc desserré, puisqu'aucune force n'agit sur le piston ou diaphragme; mais le réservoir auxiliaire se charge d'air comprimé ou de vide à une pression égale à celle de la conduite générale.

Ce réservoir auxiliaire a généralement une capacité cinq ou six fois plus grande que celle développée par la course normale du piston ou diaphragme.

Pour effectuer un serrage, le mécanicien met en communication, par son robinet de manœuvre, la conduite générale avec l'extérieur; il en résulte immédiatement dans cette dernière une diminution de la pression ou du vide, cette diminution agit sur les systèmes mobiles du distributeur qui changent de position, suppriment toute communication vers la conduite générale, et font communiquer le cylindre ou vase à freins avec le réservoir auxiliaire.

L'air comprimé ou le vide qui était emmagasiné dans ce réservoir se répand alors dans le cylindre ou vase à freins, et il en résulte sur le piston ou diaphragme, une force finale qui correspond à la pression résultant de la mise en communication des deux capacités, et qu'il est très facile de calculer d'après la loi des vases communicants.

Si, en effet, on désigne par  $V$  le volume du réservoir auxiliaire;  $v$  le volume du cylindre ou vase à freins;  $P$  la pression par centimètre carré dans le réservoir auxiliaire et  $x$  la pression finale par centimètre carré sur le piston ou diaphragme, il est évident que le volume final sera  $V+v$ , et comme d'après une loi connue les volumes occupés par une masse gazeuse sont inversement proportionnels aux pressions qu'elle subit, on aura:

$$\frac{V+v}{x} = \frac{V}{P}$$

D'où

$$x = \frac{(V+v) P}{V}$$

en fonction de la pression  $P$  dans la conduite générale, du volume du réservoir auxiliaire, et du volume engendré dans sa course normale par le piston ou diaphragme.

Pour desserrer, le mécanicien fait communiquer à nouveau, par son robinet de manœuvre, la conduite générale avec la source d'air comprimé ou de vide; et les organes mobiles du distributeur se replacent immédiatement d'eux-même à la position de desserrage, faisant communiquer à nouveau la conduite générale avec le réservoir auxiliaire qui se recharge, et mettant au contraire en communication avec l'extérieur le cylindre à freins qui revient à la pression atmosphérique.

On voit de suite que ces freins automatiques doivent avoir un fonctionnement

beaucoup plus rapide que les freins directs, surtout au serrage; il suffit, en effet, pour les actionner d'une variation de pression, et par conséquent de la mise en mouvement d'une quantité d'air relativement faible dans la conduite générale qui a généralement un assez petit diamètre; tandis qu'avec les freins directs, la quantité d'air à faire mouvoir pour le serrage correspond non seulement au volume de cette conduite, mais encore au volume engendré par les pistons ou diaphragmes.

Il en résulte immédiatement que les freins automatiques sont employables sur des trains composés d'un plus grand nombre de véhicules que les freins directs.

A un autre point de vue on voit que dans le cas de rupture d'attelage accidentelle, séparant le train en deux ou plusieurs tronçons, ou dans le cas de collision, rompant la conduite générale à l'avant, à l'arrière, ou en un point quelconque du train, les freins automatiques se comportent d'une façon absolument différente des freins directs.

Avec les freins directs, en effet, la rupture de conduite générale n'a aucune action puisque cette conduite est toujours à la pression atmosphérique; bien plus, si le mécanicien, s'apercevant de l'accident, veut appliquer les freins, il ne peut pas, puisque la conduite générale est ouverte, et que par conséquent, la pression ou le vide sont détruits au fur et à mesure de leur production.

Au contraire, avec les freins automatiques, toute rupture de la conduite générale, mettant immédiatement cette conduite en communication avec l'extérieur, provoque, grâce au fonctionnement qu'on a vu plus haut, le serrage automatique aussi rapide et aussi énergique que possible.

Ce serrage se produit sur tous les tronçons du train, sans aucune intervention du mécanicien, et sans même qu'il puisse l'empêcher.

On conçoit par conséquent qu'en cas d'accident, les freins automatiques présentent beaucoup plus de sécurité que les freins directs.

Si le train se trouve en palier, le freinage des divers tronçons, coupe immédiatement la vitesse, et réduit au minimum possible l'effet de la collision; si, au contraire, il s'agit d'une rupture d'attelage dans la montée d'une rampe, le dernier tronçon est arrêté de lui-même, tandis qu'avec les freins directs, il prendrait immédiatement sa marche en arrière, et redescendrait toute la pente à une allure de plus en plus grande.

Les freins automatiques ont également l'avantage de toujours prévenir de leur état, puisque la moindre fuite dans la conduite générale provoque le serrage intempestif dont le mécanicien est bien obligé de s'apercevoir.

Avec les freins directs, au contraire si entre deux serrages successifs, il se produit une rupture de conduite ou un simple débouchage de l'accouplement arrière le mécanicien n'en est pas avisé, et au moment où il voudra serrer, il ne le pourra pas.

En résumé on peut généralement dire que les freins directs dans les exploitations à traction humaine ou animale sont très dangereux, tandis que les freins automatiques sont très sûrs.

freins automatiques, chaque fois qu'il s'agit de réseaux assez accidentés, et de trains comportant un assez grand nombre de véhicules. Il est du reste facile de se rendre compte que les frais de premier établissement et d'entretien d'un frein direct sont sensiblement inférieurs à ceux d'une frein automatique.

Nous décrivons en détail, à titre d'exemples, les types les plus employés c'est-à-dire le *frein à vide direct Soulerin*, le *frein à vide automatique Clayton* et les *freins à air comprimé ordinaire et rapide Westinghouse*, tout en parlant sommairement des autres systèmes les plus répandus ou les plus intéressants, et du *frein à action ultra-rapide Westinghouse*. Nous commencerons toutefois par dire quelques mots relatifs aux timoneries auxquelles le bon fonctionnement des freins est intimement lié, et du réglage de ces timoneries, soit par les procédés ordinaires, soit par les *appareils Chaumont*. Nous donnerons également quelques considérations théoriques sur le problème du freinage des trains, en tâchant de bien faire comprendre, à l'aide de formules simples, la question sous son véritable jour.

#### TIMONERIES — REGLAGE DES TIMONERIES.

Les timoneries sont, bien entendu, variées à l'infini, depuis la plus simple à un seul sabot actionné par un levier à main, jusqu'aux timoneries à huit sabots pour les voitures à deux essieux, et à seize sabots pour les voitures à bogies. Ces timoneries à bras de levier et à multiplication essentiellement variables, suivant l'effort initial, le poids des véhicules et le

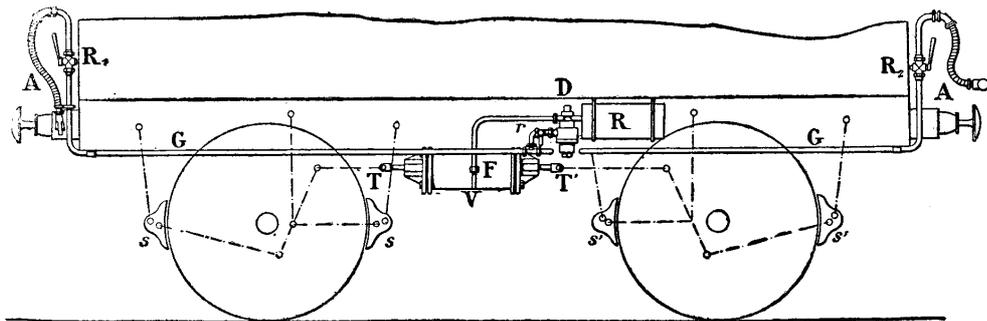


Fig. 2.

freinage qu'on veut leur appliquer, doivent pouvoir être actionnées souvent indifféremment par un cylindre ou vases à freins ou par une commande à vis et manivelle mue à la main.

L'action des deux freins doit être indépendante l'une de l'autre, et pour cela il suffit de réserver dans certaines pièces de commande des coulisses appropriées.

On trouvera des exemples d'ensemble de timoneries à huit sabots (fig. 2 et fig. 3) la première actionnée par un frein à air comprimé avec cylindre à freins à deux pistons agissant horizontalement; la deuxième par un frein à vide avec cylindre à freins à action verticale.

Dans cette dernière en particulier, la timonerie à huit sabots est combinée avec un frein à vis, et on voit très clairement les coulisses réservées pour assurer le fonctionnement indépendant des deux freins.

Au point de vue général, il y a lieu de faire remarquer qu'en admettant une différence de pression constante sur les deux faces du piston ou diaphragme, la course

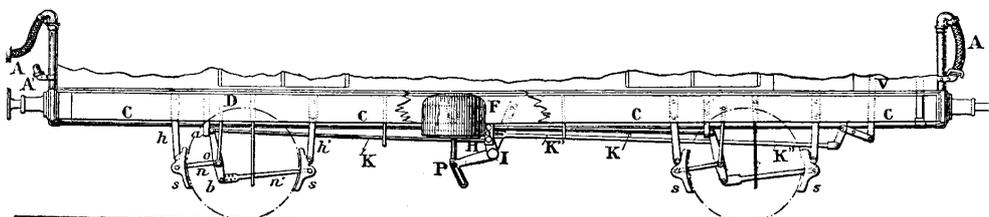


Fig. 3.

de ces organes est inversement proportionnelle à celle des sabots, par rapport à la multiplication des bras de levier; si, pour fixer les idées, on suppose une course de piston de 10 centimètres et une multiplication des bras de leviers dans le rapport de 1 à 10, il est évident que la course libre du sabot ne sera que le dixième de la course du piston, c'est-à-dire 1 centimètre seulement; ceci revient à dire que si on admet le sabot parfaitement réglé contre le bandage, il ne pourra s'user que d'un centimètre, et qu'une fois cette usure atteinte, le piston du cylindre venant à fond de course et n'exerçant plus par conséquent aucune action sur la timonerie, l'effort exercé par le sabot sur le bandage des roues deviendra nul.

On voit donc que pour chaque cas, il faut calculer soigneusement la course du piston ou du diaphragme, par rapport aux bras du levier, et à l'usure que l'on désire pouvoir faire supporter aux sabots; et bien avant que le piston arrive à fond de course par suite de l'usure des sabots, il importe de régler la timonerie en allongeant certaines barres, soit à l'aide de pas de vis avec écrous à lanterne, soit à l'aide de trous de rattrapage avec chevilles. On remet ainsi le piston dans sa position primitive, en permettant une nouvelle usure des sabots égale à la première.

Il est toutefois évident que ces opérations de réglage de timonerie ont pour limite l'épaisseur elle-même des sabots, qu'il faut de temps à autre remplacer par des sabots neufs.

L'importance du réglage des sabots, et les difficultés que l'on éprouve actuellement à faire cette opération, qui ne peut s'effectuer qu'en passant sous les voitures et à l'aide d'un travail pénible et dangereux, nous conduit à dire quelques mots de l'appareil très simple et très ingénieux imaginé par M. Chaumont.

### Appareils Chaumont

Les appareils Chaumont sont de deux sortes, les uns servent simplement d'indicateurs et les autres sont destinés à effectuer le réglage de la timonerie d'après les indications données par les premiers.

*L'appareil indicateur* se compose d'un cadran placé extérieurement sur les longerons des véhicules et marqué de trois chiffres très visibles: 0, 10, 20.

Sur ce cadran peut se mouvoir une aiguille qui est commandée de façons diverses, suivant les cas, mais toujours très simples et mécaniquement, par la tige du piston du cylindre à freins.

Cette commande est disposée de façon que lorsque le cylindre à freins est au repos, l'aiguille soit sur le chiffre 0. Lorsque le frein est serré à fond, et que le piston du cylindre fait sa *course normale*, c'est-à-dire avec la timonerie en bon état, et un bon réglage des sabots, l'aiguille doit être placée aux environs du chiffre 10.

Si elle dépasse ce chiffre et surtout si elle va dans les environs du chiffre 20, cela prouve que le piston fait une bien trop grande course, et que par conséquent la timonerie a besoin d'être réglée.

Donc à la simple inspection de l'appareil indicateur d'un véhicule lors de l'essai du frein au départ, le visiteur sait à quoi s'en tenir sur l'état de la timonerie.

Cet appareil peut donner en outre des indications très intéressantes qu'on comprendra mieux lorsqu'on aura lu la description du frein à air comprimé, et dont les principales sont les suivantes:

#### 1<sup>o</sup> Flexion de la timonerie.

Supposons que lors d'un serrage avec une pression modérée au cylindre à freins, l'aiguille vienne par exemple au chiffre 10; si à la suite d'un serrage à fond avec pleine pression au cylindre, elle vient ensuite aux environs du chiffre 20, cela indique que toute cette course supplémentaire du cylindre est produite par des flexions anormales de la timonerie, donc qu'il y a des pièces fatiguées ou trop faibles et qu'une partie de l'effort destiné au freinage est absorbée en déformation.

#### 2<sup>o</sup> Etat des rainures de fuite des cylindres à freins.

Si l'on envoie dans le cylindre une très faible quantité d'air, il doit s'échapper par la rainure de fuite sans produire aucun mouvement du piston, et l'aiguille de l'indicateur doit rester au 0, ou du moins y revenir très vite.

Si donc elle meut sur le cadran, c'est que la rainure de fuite est bouchée ce qui peut causer des serrages intempestifs très désagréables en cours de route.

*L'appareil de réglage de timonerie* est tout à fait indépendant du premier et repose sur le principe suivant:

Dans une timonerie quelconque, simple ou compliquée; il suffit en général d'allonger, l'une des barres qui commandent le système de leviers, pour rapprocher les sabot au contact des bandages.

Quand ils sont dans cette position, si la timonerie était rigide, le cylindre à freins n'aurait théoriquement qu'une course de quelques millimètres à faire pour que l'effort initial soit transmis aux sabots.

Pratiquement, il n'en est jamais ainsi, puisqu'il y a toujours une certaine course d'absorbée, soit par la flexion, même légère, de certaines pièces, soit par le jeu des articulations.

Comme il ne faudrait pas non plus que les sabots touchent les roues au desserrage puisqu'ils s'useraient inutilement par frottement en cours de route, il est convenu de les placer, lors du réglage, à une distance d'environ 5 millimètres des bandages.

A l'heure actuelle ce réglage se fait à l'aide de vis ou écrous à lanterne placés sur certaines barres de la timonerie, ou à l'aide de trous ménagés dans certaines parties plates de 2 en 2 centimètres par exemple, dans lesquels on introduit des chevilles.

On conçoit que, soit par le dévissage de l'écrou à lanterne, soit en plaçant la cheville dans un trou au lieu d'un autre, on puisse obtenir l'allongement dont il a été parlé plus haut, et par conséquent le réglage.

C'est toutefois une besogne ennuyeuse et même dangereuse, que les hommes doivent faire la plupart du temps étendus sous les voitures; d'ailleurs, surtout avec le réglage à trous, ils ne sont jamais sûrs, dans des conditions de travail aussi défectueuses, de la distance exacte des sabots aux bandages.

L'appareil Chaumont consiste en principe à intercaler en un point convenable de la timonerie, choisi suivant les cas, une barre filetée portant soit un pignon conique, soit un pignon de vis sans fin.

Si on lui donne un mouvement de rotation, elle attire ou repousse suivant le sens, une pièce filetée engagée sur la vis et reliée à un des leviers, et il en résulte un rapprochement ou un éloignement des sabots.

Ceci admis, il ne reste plus qu'à commander le pignon conique, ou le pignon de vis sans fin, à l'aide d'un autre pignon ou d'une vis sans fin montés sur un arbre perpendiculaire, et dont les extrémités viennent aboutir de chaque côté des véhicules un peu en dehors des longerons.

Il suffit alors au visiteur d'introduire dans l'extrémité carrée de cet arbre une manivelle pour pouvoir faire tourner tout le système dans un sens ou dans l'autre, et par conséquent approcher ou éloigner les sabots.

Il le fait séance tenante et en quelques secondes, d'après les indications données par le cadran indicateur.

En principe, il appuie fortement les sabots contre les bandages, et il desserre d'un

certain nombre de tours, trois par exemple, qui lui donnent exactement l'écartement de cinq millimètres voulu.

Cet appareil qui se comprend à la seule description, est comme on le voit, d'une très grande simplicité, et peut rendre de très grands services.

Il est appliqué d'une façon absolument générale depuis deux ou trois ans sur les Chemins de fer de l'Etat belge et plusieurs Compagnies françaises sont en train de faire des essais en vue de l'adopter.

### ÉTUDE SOMMAIRE SUR LE FREINAGE DES TRAINS

Lorsqu'on applique un sabot de frein contre le bandage de la roue d'un train marchant à une certaine vitesse, on agit en réalité sur la masse en mouvement à l'aide d'une force retardatrice  $F$  résultant de cette action du sabot.

Cette force  $F$ , n'est pas due simplement à la pression  $Q$  exercée par le sabot contre la bandage, mais elle est exprimée numériquement par le produit  $Qf_1$ ,  $f_1$  étant le coefficient de frottement du sabot sur le bandage.

Si d'autre part, on appelle  $P$  le poids total de la charge que le véhicule exerce sur la roue considérée par l'intermédiaire de l'essieu, et  $f_3$  le coefficient d'adhérence de la roue roulant sur le rail, la pression sur le rail est en réalité  $Pf_3$ .

Or, il est évident que tant que  $Qf_1$  sera inférieur à  $Pf_3$ , la roue continuera à tourner à une vitesse de moins en moins grande à mesure que le produit  $Qf_1$  augmente. Lorsque  $Qf_1$  deviendra égal à  $Pf_3$ , la roue cesse théoriquement de tourner.

Elle est ce qu'on appelle *calée*; on dit encore qu'on a obtenu le *calage* de la roue.

A partir de ce moment, la force retardatrice devient absolument indépendante de la pression  $Q$  exercée par le sabot sur le bandage.

Cette pression aurait beau être d'un million de kilogrammes, que la roue n'en continuerait pas moins à glisser sur le rail, exactement comme au moment où elle a commencé à être calée. Donc, à partir du calage, on n'a plus affaire à la force retardatrice  $F = Qf_1$ , mais à une nouvelle force  $F = Pf_2$ , c'est-à-dire le produit du poids qui s'exerce sur la roue, par le coefficient  $f_2$  de frottement de glissement de la roue sur le rail.

On conçoit facilement que si le train se trouve sur une pente qui lui donne une accélération égale ou supérieure à cette force retardatrice, et si l'état des surfaces en contact du bandage et du rail à'y prêtent, il peut glisser indéfiniment, comme le ferait un traîneau sur un plan de glace incliné. C'est là le plus grand danger qui puisse arriver sur une pente à un mécanicien.

Le seul remède serait de desserrer, et de resserrer moins énergiquement, afin cette fois de ne pas caler les roues; mais cette idée qui semble contraire au bon sens même, ne vient pas la plupart du temps à son esprit plus ou moins affolé.

Il vide même complètement sa conduite générale, croyant serrer plus fort, et si les circonstances s'y prêtent, si au bas de la descente se trouve une courbe accentuée, il court à une catastrophe.

Ceci s'applique aussi bien à un train qu'à un véhicule isolé; et la plupart des accidents de tramways arrivés de cette façon dans les villes, sont du à cette cause; c'est-à-dire à un calage des roues par suite le plus souvent d'un fonctionnement à pression d'air trop élevée.

Le mécanicien donne toujours pour excuse que ses freins n'ont pas fonctionné, alors qu'au contraire ils ont trop bien fonctionné.

Il résulte de ceci, que la force retardatrice  $Qf_1$  doit s'approcher autant que possible de  $Pf_3$ , mais ne jamais l'atteindre, car à ce moment les roues cessent de tourner;  $Pf_3$  devient brusquement  $Pf_2$ , et le glissement commence, avec les dangers ci-dessus indiqués, et avec pour autre inconvénient, la création de parties plates ou de *plats* sur les bandages des roues, au lieu d'une usure absolument régulière, comme celle que produisent les sabots sur une roue tournante.

Il en résulte, puisqu'on doit avoir au maximum  $Qf_1 = Pf_3$ , que la valeur maxima de  $Q$ , es  $\frac{Pf_3}{f_1}$ , et qu'il est tout à fait inutile, et même dangereux, de lui donner une valeur supérieure.

Il était donc très intéressant de connaître la valeur de ces coefficients,  $f_1, f_3, f_2$ , ce qui présentait d'assez grosses difficultés.

Il a fallu pour cela une série d'expériences extrêmement coûteuses, longues et délicates, auxquelles se livrèrent le capitaine Douglas Galton, et M. George Westinghouse.

Elles eurent lieu en 1878 et 1879 en Angleterre sur le London, Brighton, and South Coast Railway et permirent de dresser des tableaux des divers coefficients de frottement entre les sabots et les bandages, et entre les bandages et les rails, et de fixer définitivement la théorie de l'action de freins continus.

D'après M. Galton, un frein continu devrait, pour se rapprocher, autant que possible, de la perfection, remplir les conditions suivantes:

- 1° Agir sur toutes les roues du train;
- 2° Afin d'obtenir le maximum de force retardatrice, pouvoir serrer sur toutes les roues du train, avec toute sa puissance, le plus promptement possible;
- 3° Régler la pression des sabots suivant la vitesse et les autres circonstances de façon que les frottements entre les sabots et les roues ne dépassent jamais l'adhérence de la roue sur le rail, tout en s'en rapprochant le plus possible; le frein exerce ainsi, à chaque instant, le maximum de la force retardatrice;

4° Pouvoir appliquer les sabots avec une pression passant par tous les degrés d'intensité jusqu'à son maximum (c'est-à-dire, être «modérables».)

5° Pouvoir agir continuellement sur les pentes, et fréquemment, pendant des temps courts, aux bifurcations et aux stations.

Il ressort également de tout cela que pour obtenir le meilleur freinage dans un train non homogène, il faudrait que pour chaque roue, le rapport de la masse qui correspond à cette roue, à la force retardatrice appliquée sur elle, soit constant.

Un tel frein qui agirait uniformément et simultanément sur toutes les roues avec une force aussi voisine que possible de celle produisant le calage, donnerait des arrêts sans secousses, et dont la durée à partir de l'application des freins serait réduite au minimum possible.

Ces conditions idéales ne peuvent, bien entendu, se réaliser dans la pratique, et alors même que l'homogénéité eût pu exister à un moment donné, l'usure inégale des sabots ainsi que des bandages des roues, l'eût détruite en bien peu de temps. De plus, la force employée pour déterminer le serrage ne se transmet pas simultanément sur tous les véhicules du train; sa propagation d'un bout à l'autre exige un temps appréciable, qui avec les freins à action ordinaire varie entre 1/8 et 1/3 de seconde d'un véhicule à l'autre.

Mais il est néanmoins très important, pour le bon fonctionnement des freins que la distance entre les sabots et les roues soit toujours aussi parfaitement réglée que possible, et que la propagation de la force qui détermine la mise en action des appareils s'effectue avec le maximum de rapidité.

On verra plus loin, à propos des freins à action rapide et de la commande électrique, que tous les efforts se sont portés récemment vers la solution de cette dernière condition.

Quant à la question de réglage des sabots, elle a été résolue comme on l'a vu, d'une façon très simple et très ingénieuse à l'aide des appareils Chaumont.

## FREINS A VIDE DIRECTS

### Frein Soulerin

Lorsqu'on a commencé à appliquer les freins continus, les freins à air comprimé et les freins à vide eurent chacun leurs partisans convaincus; tandis que les premiers étaient appliqués plus particulièrement aux Etats-Unis, en France et sur le continent, les autres prenaient au contraire un grand développement en Angleterre et Colonies anglaises, en Espagne et dans l'Amérique du Sud.

Les freins à vide directs sont encore à l'heure actuelle très employés par les petites

Compagnies de chemins der fer secondaires qui y trouvent comme on l'a vu d'assez grands avantages au point de vue de la dépense de premier établissement et de l'entretien.

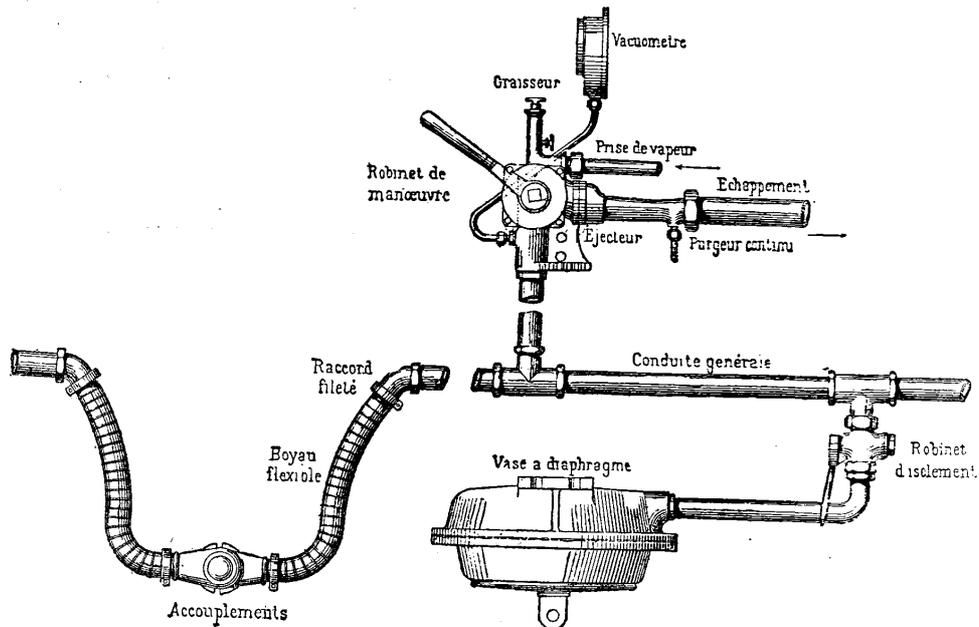


Fig. 4.

Le plus répandu en France est le frein Soulerin.

L'ensemble de ce frein (fig. 4) est composé uniquement sur chaque véhicule d'une

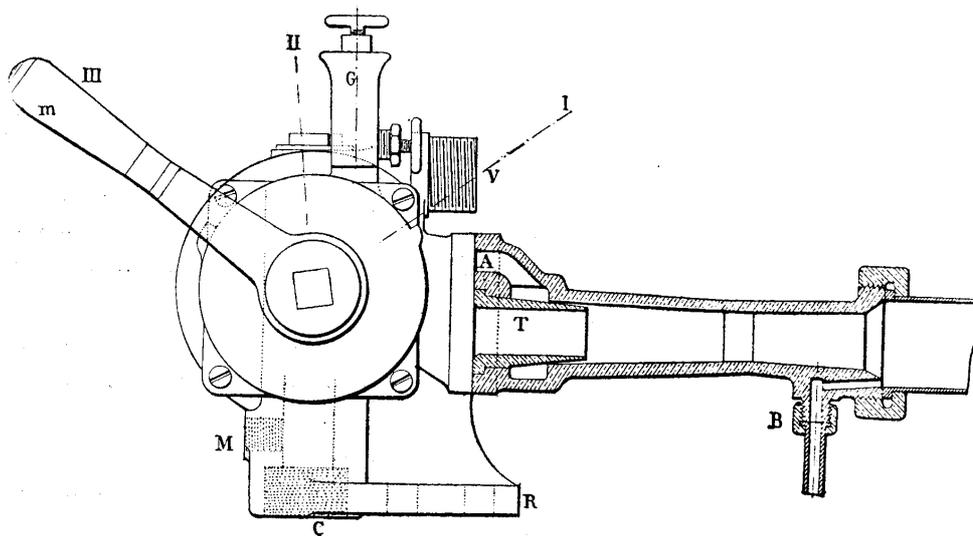


Fig. 5.

conduite générale avec deux accouplements flexibles et d'un vase à diaphragme qui y est directement relié par l'intermédiaire d'un robinet qui peut servir à isoler le vase en cas

d'avarie du diaphragme, et à laisser la conduite générale servir d'intercommunication et jouer le rôle de *conduite blanche*.

Sur la machine est placé en outre un appareil éjecteur avec robinet de manœuvre combiné.

L'appareil éjecteur représenté (fig. 5) comprend le robinet de manœuvre est l'éjecteur proprement dit. Il est fixé sur la machine par la bride R.

Le robinet de manœuvre est réuni, à l'aide d'une bride, à l'éjecteur proprement dit.

L'arrivée de la vapeur qui se fait par V est réglée par un robinet de prise de vapeur ordinaire placé sur le dôme de la chaudière, de façon à admettre de la vapeur aussi sèche que possible, et manœuvré directement à la main.

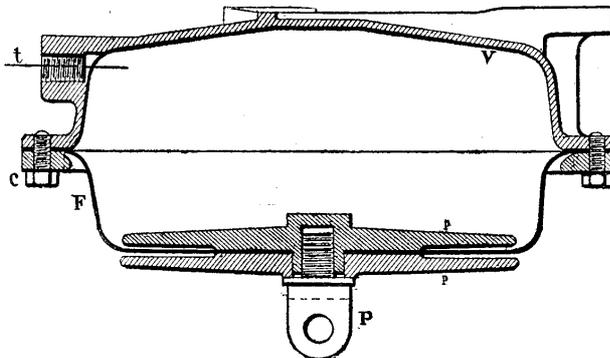


Fig. 6.

C est relié à la conduite générale.

M est la tubulure du vacuomètre qui indique le vide existant dans la conduite générale et les vases à diaphragme.

Le robinet de manœuvre comporte une glace fixe sur laquelle se meut un papillon manœuvré par une poignée. Dans les trois positions que peut occuper cette poignée *m*, des canaux et conduits, convenablement disposés dans le papillon et la glace fixe, permettent les communications voulues pour l'exécution des différentes manœuvres.

G est un graisseur permettant de lubrifier les glaces du robinet de manœuvre.

La poignée *m* du robinet de manœuvre peut être placée au moyen de repères convenablement disposés dans trois positions principales différentes:

Dans la *position I* ou de *serrage*, la vapeur est admise dans l'éjecteur, tandis que toute communication est interrompue entre l'air extérieur et la conduite générale; le vide se produit alors dans celle-ci, ainsi que dans les vases à diaphragme.

Dans la *position II* ou de *repos*, la vapeur n'est plus admise dans l'éjecteur, et la communication n'est pas encore établie entre l'air extérieur et la conduite générale.

Dans la *position III* ou de *desserrage*, l'air extérieur pénètre dans la conduite générale, tandis que la vapeur, ne pénètre plus dans l'éjecteur.

L'*éjecteur* est placé horizontalement, il est à jet de vapeur annulaire; la vapeur arrive dans l'espace A, et l'aspiration de l'air de la conduite générale se fait par l'intérieur de la tuyère T; une partie filetée B, ménagée au point le plus bas et percée d'un trou de faible dimension, sert à l'écoulement des eaux de condensation.

Le *vase à diaphragme* (fig. 6) se compose d'une partie métallique V et d'un diaphragme F de forte toile caoutchoutée. Le diaphragme est maintenu entre la partie métallique et une couronne c, à l'aide de vis; il actionne, au moyen de plaques d'attache pp'

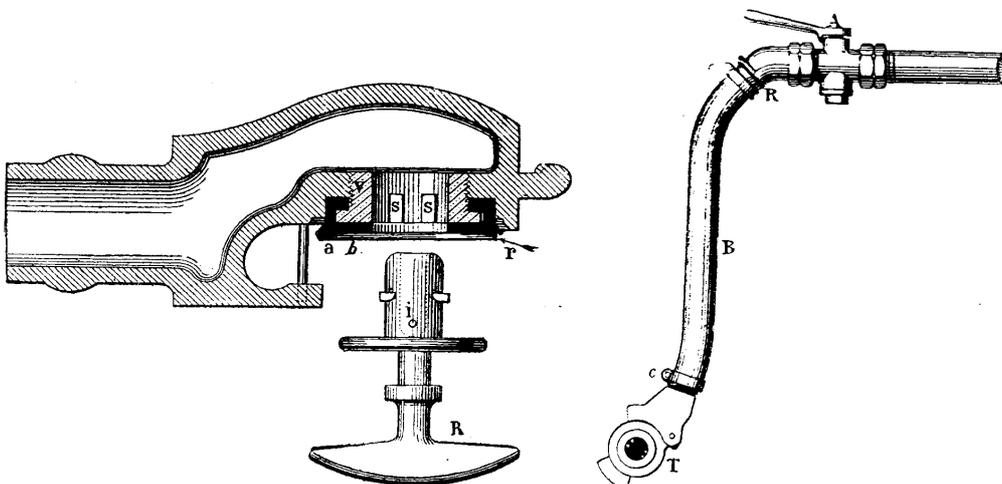


Fig. 7.

Fig. 8

et du piston P, la tige qui commande la timonerie. Un tubulure *t* met le vase à diaphragme en communication avec la conduite générale.

La *tête d'accouplement* représentée en coupe (fig. 7), qui est fixée à l'extrémité d'un boyau flexible, est du type de la tête Westinghouse et peut s'accoupler avec elle.

La rondelle de caoutchouc *r* qui assure l'étanchéité a toutefois la particularité d'être vissée intérieurement à l'aide d'une virole en bronze V et de comporter des lèvres extérieures *a* qui aussitôt un commencement de vide produit, s'appliquent automatiquement l'une contre l'autre pour faire joint autoclave la fig. 8, montre un accouplement complet au robinet d'accouplement.

## FREINS A VIDE AUTOMATIQUES

Frein Clayton de la Vacuum Brake C<sup>o</sup>

Parmi les freins à vide automatiques, le plus répandu est le frein Clayton, exploité par la Vacuum Brake C<sup>o</sup>, et qui est, comme le frein Wenger pour l'air comprimé, un type de frein à chambre réservoir.

Il est particulièrement répandu en Angleterre et Colonies, en Espagne et dans l'Amérique du Sud.

La figure 3 représente l'ensemble du frein Clayton et de sa timonerie sur un châssis de fourgon, et a l'avantage de montrer le détail d'une timonerie à 8 sabots.

On voit la conduite générale C, les accouplements A, avec les faux accouplements A' sur lesquels viennent reposer les têtes d'accouplement, en tête et en queue du train.

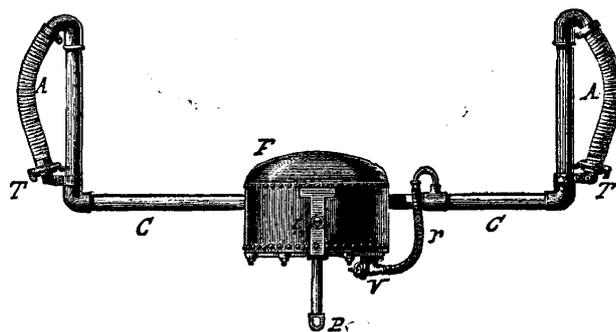


Fig. 9.

Le cylindre à freins F attaque à l'aide du piton P un levier d'équerre P, I, H, mobile autour du point I.

Ce levier actionne des tiges K, K qui transmettent la force initiale déjà amplifiée à un levier du second genre tel que *a, o, b*.

La résultante des efforts après une nouvelle amplification est finalement transmise aux sabots *s, s* par les barres *n n'*.

*h, h'* sont des supports de suspension des sabots, et D est une tringle de suspension qui soutient l'axe *o*.

De l'autre côté on operçoit l'extrémité de la tige du frein à vis V, qui à l'aide d'un renvoi d'équerre et d'une tige K'' vient attaquer le prolongement du bras de levier I, H, et par conséquent le même ensemble de timonerie.

On remarque qu'à l'extrémité P du levier P, I, est une coulisse qui permet au frein

à vis de fonctionner, sans pour cela soulever le piston du cylindre à freins; et de même, l'extrémité de la tige K" porte une coulisse qui permet au cylindre à freins de fonctionner sans pousser cette tige, et par conséquent sans agir sur le frein à vis.

Les deux freins sont donc absolument indépendants.

La figure 9 montre l'ensemble schématique des appareils placés sur un wagon.

C, C, est la conduite générale terminée à ses extrémités en col de cygne remontant, et munie de deux accouplements A, A, avec les têtes T, T qui reposent sur deux faux accouplements qui assurent en tête et en queue du train, à la fois leur fixation et l'étachéité.

F est le cylindre à freins monté sur ses tourillons *t t*, actionnant la timonerie par l'extrémité P de la tige du piston.

V est la valve à boulet qui est réunie à la conduite générale par un raccord flexible *r*.

Le cylindre Clayton (fig. 10 et 11) se compose d'un piston métallique M d'une très grande hauteur et portant, au lieu et place de segments, une partie *o o* extérieure parfaitement tournée et d'une hauteur assez grande (10 à 15 centimètres).

Ce piston glisse dans un cylindre également très bien tourné en *i i*, et l'étanchéité entre ces deux surfaces est obtenu à l'aide d'un *tore* ou *anneau roulant* en caoutchouc *a* dont le diamètre est très légèrement supérieur à l'espace laissé entre les deux parois dressées.

Lorsque le piston se meut dans la partie cylindrique, le *tore* roule sur lui-même et tout en permettant par conséquent un fonctionnement très doux, il assure une étanchéité absolue, qui est comme on le verra indispensable, entre sa partie supérieure et sa partie inférieure.

Le cylindre est formé, à la partie inférieure, d'un plateau étanche, au milieu duquel passe la tige du piston à travers un presse-étoupe *e*; il est complètement entouré d'autre part d'une cuve en tôle *c c*, absolument hermétique.

A la partie inférieure de cet ensemble se trouve un distributeur V appelé *valve à boulet* qui n'est en somme qu'une petite soupape dont la fermeture ou l'ouverture est assuré par un bille *b* venant ou non reposer sur le siège ménagé pour elle.

La figure 10 représente en coupe le cylindre pendant la marche ou le desserrage.

La figure 11 représente le même cylindre pendant le serrage. Les volumes ou l'air est rentré sont représentés en grisaille.

On voit que la face inférieure du piston correspond à une chambre A de volume presque nul, tandis que la face supérieure correspond à une chambre-réservoir B dont le volume dépend de la capacité de la cloche en tôle et peut même être augmenté à volonté par l'addition d'un réservoir auxiliaire en communication avec cette cloche; la partie inférieure de la valve à boulet est reliée à la conduite générale C, et suivant la position de la bille la chambre réservoir peut communiquer avec cette conduite ou en être isolée.

Le fonctionnement est le suivant:

Pendant la marche du train, on fait le vide dans la conduite générale et ce vide se transmet, grâce à la position de la bille, aussi bien en dessous du piston, que dans la chambre-réservoir. Le piston est donc maintenu par son propre poids en bas de sa course.

Lorsqu'on veut serrer, on produit une certaine rentrée d'air dans la conduite générale.

La bielle de la valve est immédiatement poussée sur son siège, où elle adhère par suite de la différence de pression sur ses deux faces, et interrompt toute communication de la conduite générale avec la chambre-réservoir.

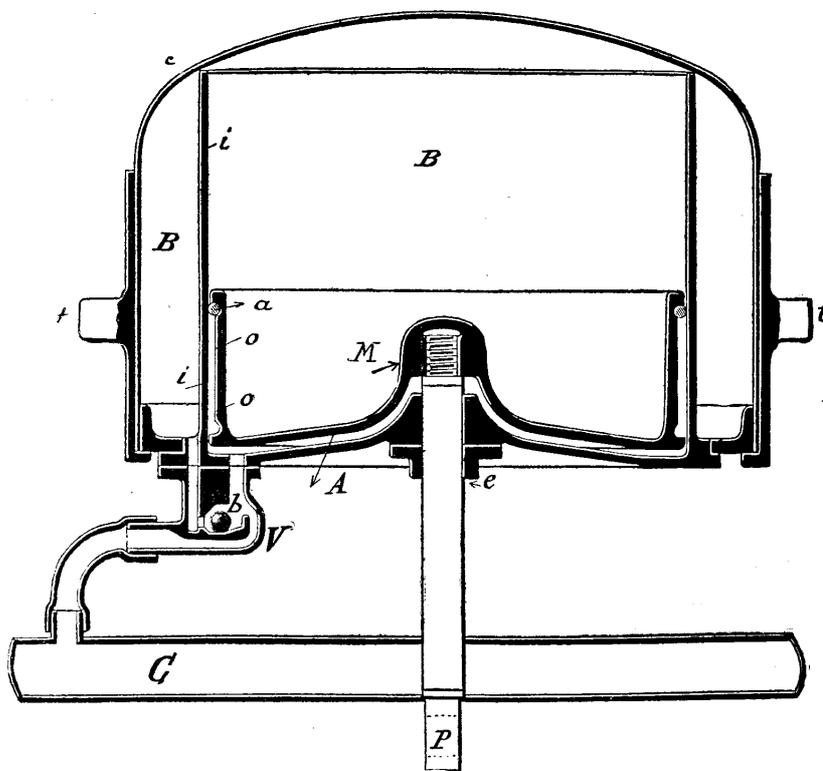


Fig. 10.

Tandis que la pression introduite dans la conduite générale s'exerce sous le piston la partie supérieure est au contraire toujours soumise au vide de la chambre-réservoir.

Sous l'influence de cette différence de pression, le piston prend immédiatement un mouvement de bas en haut, et sa tige vient agir sur le levier de commande de la timonerie avec une force initiale égale à la surface du piston multipliée par la différence de pression qui s'exerce sur ses deux faces.

On voit immédiatement pourquoi la tige du piston doit passer à travers un presse-étoupe qui assure l'étanchéité de la chambre inférieure pendant le serrage; on voit de plus

le rôle important que joue la bille, qui doit, pendant tout ce temps, isoler complètement la chambre-réservoir.

Il est évident que la pression initiale dépend absolument de la rentrée d'air produite par le mécanicien.

Le frein est donc entièrement modérable au serrage, et par des rentrées d'air successives, le mécanicien peut augmenter la pression sous la face inférieure du piston, et par conséquent l'effort initial; il peut donc régler cet effort depuis zéro jusqu'au maximum

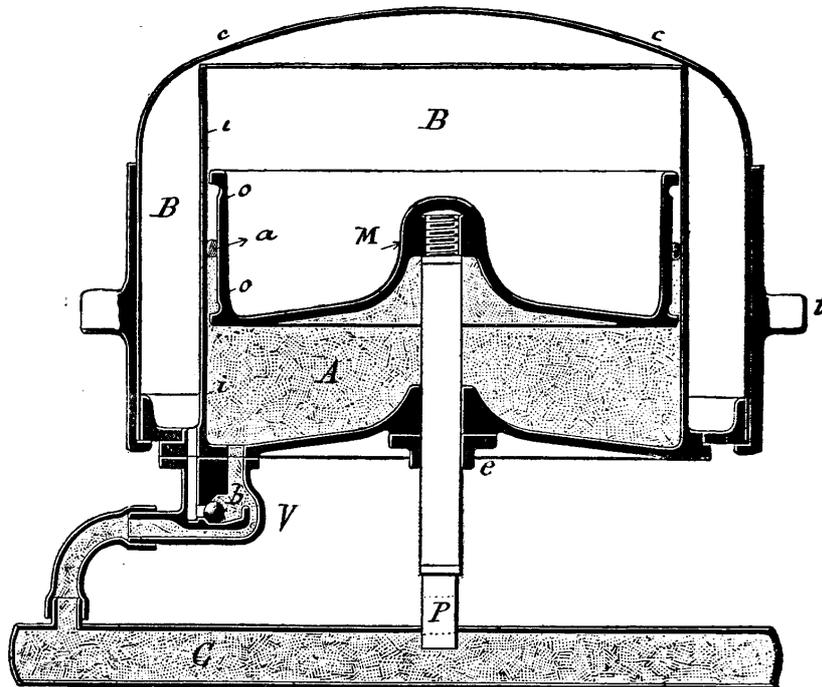


Fig 11.

qui correspond à la destruction totale du vide dans la conduite générale, et par conséquent à la mise en communication de cette conduite avec l'atmosphère.

Il est évident que cet effort initial dépend non seulement du degré de vide primitif produit dans la chambre-réservoir, mais dépend aussi de la course du piston; c'est-à-dire de l'état de réglage des sabots.

Plus cette course est grande en effet, plus le volume primitif de la chambre-réservoir se trouve diminué, et par conséquent plus le vide primitif produit dans cette chambre se trouve réduit.

Cette observation s'applique évidemment à tous les freins automatiques, aussi bien à air comprimé qu'à vide; mais elle a une plus grande importance pour les freins à vide où

l'on agit sur des volumes beaucoup plus grands et avec une marge de pression beaucoup moins étendue que celle des freins à air comprimé.

Pour desserrer, le mécanicien n'a qu'à refaire le vide dans la conduite générale, et dès que ce vide a atteint celui restant dans la chambre-réservoir, la bille quitte son siège, et les deux faces du piston se trouvent à nouveau à la même pression.

Ce dernier descend donc sous l'influence de son poids et même au besoin de ressorts de rappel disposés dans la timonerie.

Pour assurer le bon fonctionnement du tore en caoutchouc, le piston doit être très bien guidé afin de n'avoir autant que possible aucune tendance à prendre une position oblique sous l'influence de l'effort exercé sur la timonerie.

On y arrive à l'aide du presse-étoupe, et d'autre part, le cylindre tout entier est monté sur deux tourillons latéraux *tt* qui lui assurent un mouvement de bascule, dans le sens où se produit l'effort en question.

Sur la locomotive, en outre des appareils qui viennent d'être décrits, se trouve un éjecteur avec robinet de manœuvre combiné.

Au lieu d'être simple comme dans le cas du frein à vide direct, l'éjecteur est double et comprend un grand éjecteur et un petit éjecteur.

Le grand éjecteur sert lors du desserrage à produire très rapidement le vide dans la conduite générale, et dans les chambres inférieures de cylindres à freins.

Le petit éjecteur fonctionne, au contraire, d'une façon continue pendant la marche du train, et a pour objet de compenser dans la conduite générale les rentrées d'air qui fatalement se produisent dans un train en marche, soit par les joints de conduite, soit par les accouplements.

### Frein Westinghouse

Récemment la Société Westinghouse a créé un nouveau frein à vide automatique qui est un dérivé du frein Clayton avec cette différence essentielle qu'on y fait usage d'un diaphragme au lieu du tore en caoutchouc, et que la bille de la valve à boulet est doublée d'un clapet de sûreté qui assure l'étanchéité de la chambre réservoir non seulement par la bille et par la pression assez faible qui agit sur elle; mais aussi par un ressort venant s'appliquer sur le clapet de sûreté et pouvant avoir une tension aussi grande qu'on le veut sans pour cela gêner le fonctionnement du frein.

L'appareil Westinghouse représenté en coupe (fig. 12), est formé d'une calotte supérieure et d'une calotte inférieure, entre lesquelles est fixé, à l'aide de vis, un diaphragme *D* en toile caoutchoutée; ce diaphragme est relié par des plateaux à la tige de

commande A de la timonerie, qui passe à travers un presse-étoupe P faisant partie de la calotte inférieure.

Sur cette dernière vient se fixer le distributeur comprenant une soupape à bille H et un clapet de sécurité G, qui tend à être appliqué sur son siège par un ressort K.

On obtient ainsi une chambre inférieure F de volume aussi faible que possible, et une chambre supérieure E ou chambre-réservoir dont on peut du reste augmenter à volonté le volume à l'aide d'un réservoir auxiliaire mis en communication avec la tubulure R.

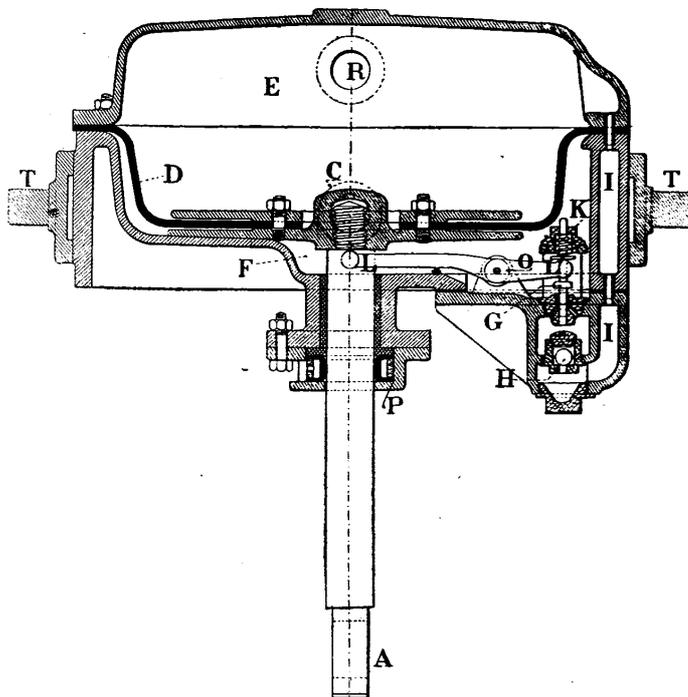


Fig. 12.

Un levier LL' mobile autour d'un axe O et sur l'extrémité L duquel agit le plateau inférieur du diaphragme lorsque celui-ci est au bas de sa course, maintient, pendant la marche et dans la position de desserrage, le clapet G éloigné de son siège.

Un conduit I, I, ménagé dans la fonte fait communiquer les deux chambres par l'intermédiaire du clapet G et de la soupape H. La chambre inférieure F communique par C avec la conduite générale.

Afin d'assurer l'étanchéité du presse-étoupe, le vase oscille sur deux tourillons TT', et peut suivre ainsi les inclinaisons résultant de la position du levier d'attaque.

Le fonctionnement est le suivant:

Pendant la marche, le vide de la conduite générale se transmet par C dans la chambre inférieure du vase, et de là, par le clapet G qui est soulevé, et la soupape H dont

la bille est éloignée de son siège, à la chambre supérieure, et au réservoir auxiliaire; il y a donc équilibre de vide dans ces diverses parties. Le diaphragme est maintenu par son poids en bas de la course.

Lorsqu'on produit un serrage, la diminution du vide de la conduite générale se transmet à la chambre inférieure; la bille s'applique sur son siège, et le diaphragme se soulève en rendant libre le levier LL'; le ressort K applique alors le clapet G sur son siège avec un effort suffisant pour assurer un étanchéité absolue.

Lorsqu'on refait le vide pour desserrer, ce vide se transmet à la chambre inférieure du vase, le diaphragme retombe sous l'influence du poids de la timonerie ou de ressorts de rappel, le levier L soulève le clapet G, et l'équilibre de vide dans les deux chambres se reproduit à nouveau. On voit donc que la modérabilité est absolue, aussi bien au serrage qu'au desserrage, puisqu'à chaque instant l'effort initial dépend exclusivement du degré de vide que l'on produit dans la conduite générale et dans les chambres inférieures.

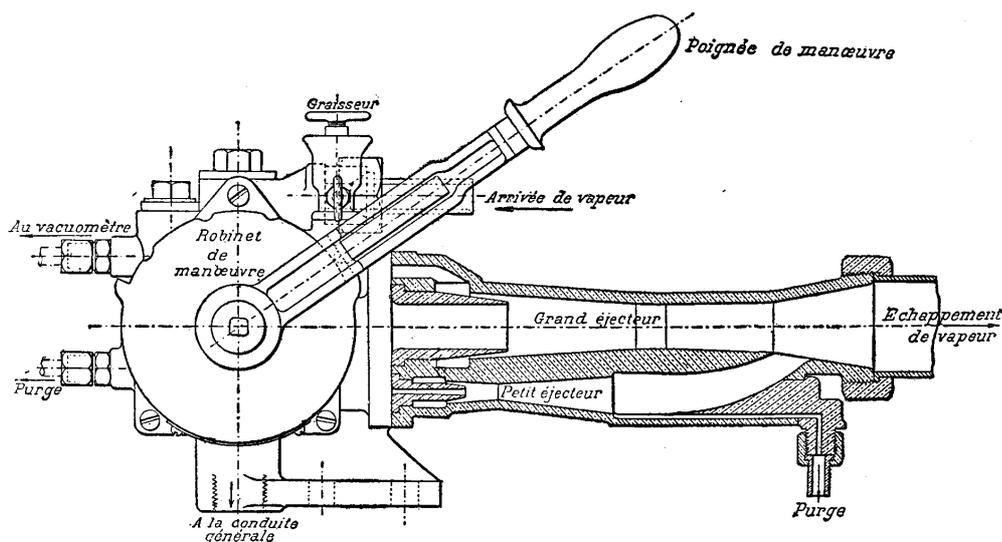


Fig. 13.

Sur la locomotive est placé, en outre de ces appareils, un éjecteur double avec robinet de manœuvre combiné représenté en coupe (fig. 13).

Il joue le même rôle que l'éjecteur Clayton.

Le grand éjecteur est à jet de vapeur annulaire, et l'air est aspiré par la tuyère centrale.

Le petit éjecteur est à jet de vapeur central, et l'air est aspiré par l'orifice annulaire existant autour de la petite tuyère.

A titre de renseignements, et pour se rendre compte des efforts initiaux qu'on peut obtenir avec le vase à vide, le diaphragme de l'appareil courant destiné aux véhicules ordi-

naires donne 800 kilogrammes, et le diaphragme de l'appareil supérieur destiné aux locomotives et au matériel lourd donne 1200 kilogrammes.

### Frein Soulerin

Il existe également, comme frein à vide automatique, un frein du système Soulerin qui, à l'envers du frein Clayton, est composé d'un vase à frein, d'un réservoir auxiliaire et d'un distributeur, tous séparés.

Le frein Soulerin est donc analogue au frein Westinghouse à air comprimé, alors que le frein Clayton, au contraire, peut être assimilé au frein Wenger.

Le fonctionnement du frein Soulerin est du reste absolument analogue à celui du frein Westinghouse, c'est-à-dire que pendant la marche du train, on entretient le vide à la fois dans la conduite générale et dans les réservoirs auxiliaires; les vases à frein communiquant avec l'extérieur.

Le serrage s'obtient en laissant rentrer de l'air dans la conduite générale, ce qui fait fonctionner les organes intérieurs des distributeurs, isole la conduite générale, et met au contraire en communication les vases à freins avec les réservoirs auxiliaires.

Il serait trop long de décrire ici le distributeur dont le fonctionnement a beaucoup d'analogie avec celui de la triple valve, quoique en différant complètement comme construction, et comme disposition.

Le frein Soulerin comporte soit des vases à diaphragme absolument identiques à ceux que nous avons décrits pour le vide direct, soit des cylindres à freins avec garniture à anneau roulant ou avec garniture à emboutis en caoutchouc.

## FREINS A AIR COMPRIMÉ AUTOMATIQUES

### Frein Westinghouse

#### Type ordinaire.

L'ensemble des appareils du frein Westinghouse à air comprimé automatique ordinaire est représenté schématiquement (fig. 1 et 14). Il se compose pour chaque véhicuel, des organes suivants:

Une *conduite générale* E en tube de fer de 27 millimètres intérieur;

Deux *accouplements* flexibles K;  
 Deux *robinets d'accouplement* N;  
 Un *cylindre à freins* H à un piston ou à deux pistons, suivant le genre du véhicule;  
 Un *réservoir auxiliaire* G de capacité correspondant au type du cylindre;  
 Un *distributeur* ou *triple valve* F;  
 Un *robinet d'isolement* qui sert, en cas d'avarie de l'un des appareils, à isoler l'ensemble, et à transformer la conduite générale en *conduite blanche* ne servant qu'à l'intercommunication.

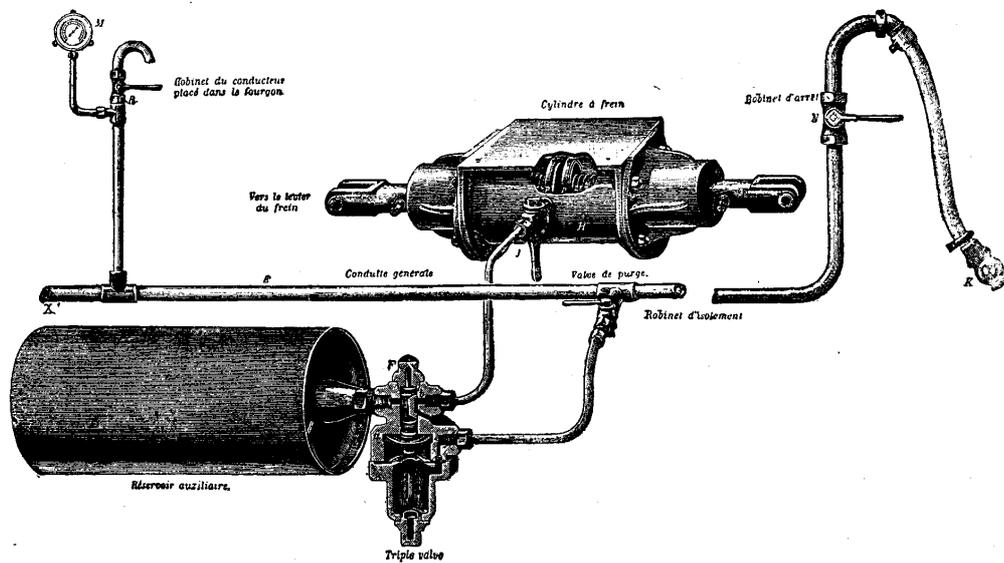


Fig. 14.

Enfin une *valve de purge* J, pour desserer à la main les véhicules qui pourraient s'être serrés intempestivement, soit par suite d'une rupture de la conduite générale, soit par suite d'un retour d'air provenant du mauvais fonctionnement d'une triple valve.

Sur la locomotive, sont montés les mêmes organes, et en plus (fig. 15) un *robinet de prise de vapeur* T;

Une *pompe de compression* à vapeur;  
 Un *réservoir principal* G de trois à quatre cents litres;  
 Un *robinet de manœuvre* D;  
 Et un *manomètre* L.

Il existe des robinets de manœuvre de types très variés:

Dans les fourgons, il existe (fig. 14) en outre des organes destinés aux véhicules ordinaires:

Un *robinet de vigie* R raccordé par un tube en fer avec la conduite générale, et

muni d'un manomètre M qui permet au conducteur de queue du train de se rendre compte constamment de l'état de la pression dans cette conduite.

On a vu ci-dessus quel est le fonctionnement général des freins de ce type, et il ne nous reste par conséquent qu'à décrire la triple valve, et à dire auparavant quelques mots des autres organes.

La pompe dont il serait trop long de donner, ici la description, se compose (fig. 15) d'un cylindre à vapeur A et d'un cylindre à air B, fixés bout à bout, et dont les pistons sont montés sur la même tige.

Elle comporte une distribution de vapeur latérale, à pistons *c*, 1, 2; une distri-

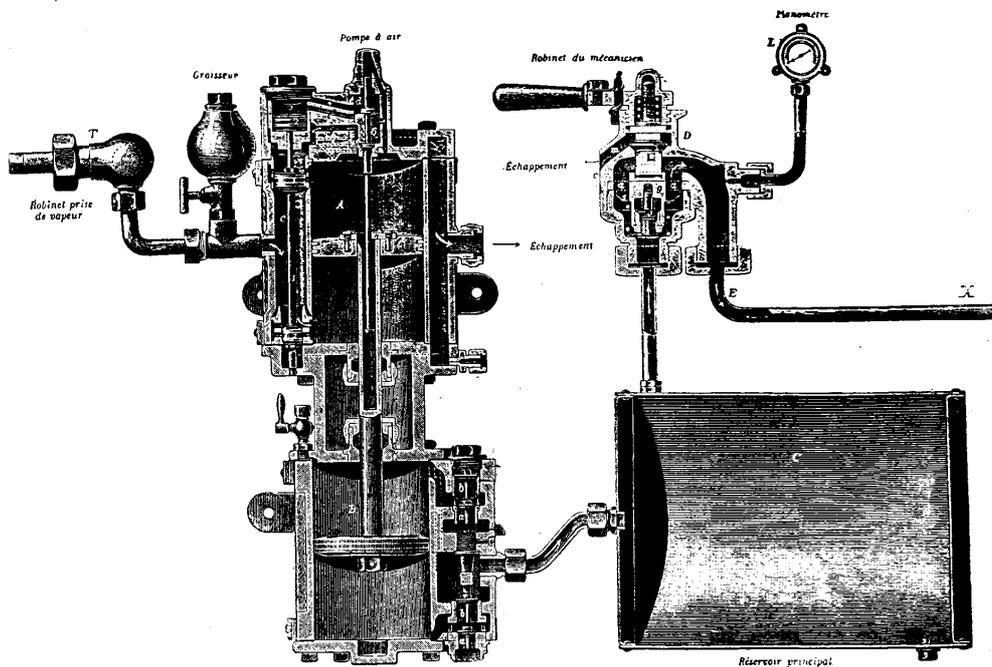


Fig. 15.

bution de changement de marche *d*, 6; et une distribution d'air à clapets d'aspiration *a*, *a*, et de refoulement *b*, *b*.

Elle est, comme on le voit, à double effet, et à chaque course des pistons dans un sens ou dans l'autre, aspire de l'air à l'extérieur, et le refoule dans le réservoir principal C.

La Société Westinghouse a récemment apporté une grande amélioration à cette pompe en supprimant la distribution de vapeur latérale, et en la remplaçant par une distribution horizontale, entièrement logée dans le couvercle supérieur: cette disposition permet une visite très facile, et en cas d'avarie, le remplacement, en quelques minutes, de la distribution avariée par une autre en bon état.

Nous représentons (planche I, fig. 1 et 2) un des plus employés;

FIG. 1.

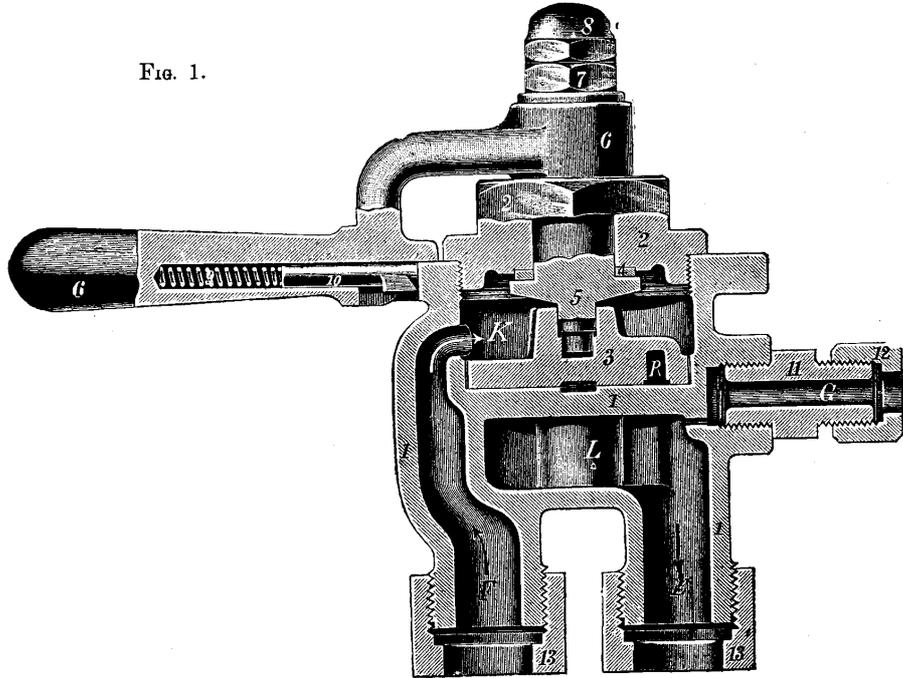
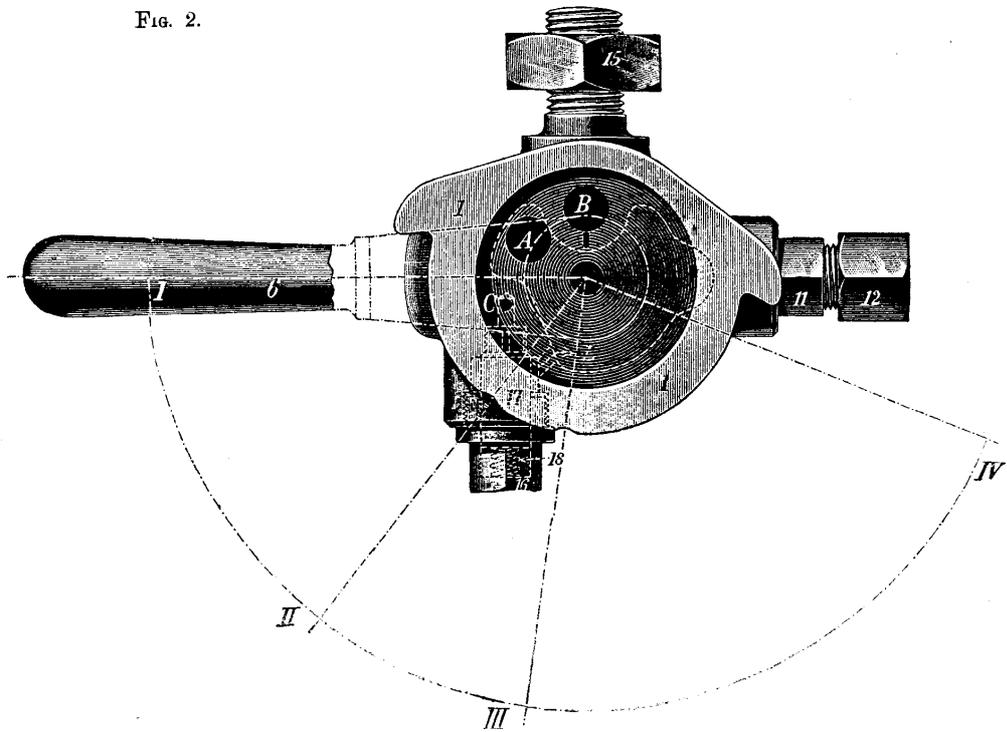


FIG. 2.



Il se compose en réalité d'un *papillon* 3, mobile sur une *glace* fixe 1.

Le *papillon* est entraîné par le carré 5 faisant partie de la poignée 6 du robinet de manœuvre.

Cette poignée tourne autour d'un *limbre* sur lequel sont de petites encoches correspondant aux positions principales I, II, III, IV; chaque position est marquée par le petit pointeau 10, qui sous l'influence du ressort 9, vient s'engager dans l'encoche correspondante.

Dans le *papillon* et dans la *glace* fixe, sont réservés des orifices et des conduits convenablement disposés pour donner les communications voulues dans les diverses positions.

Le robinet est fixé à portée du mécanicien à l'aide d'une partie filetée et de l'écrou de serrage 15.

L'air du réservoir principal arrive par F, K, et la communication avec la conduite générale se fait par E.

La tubulure G correspond à un manomètre.

Il existe en outre une communication avec l'extérieur.

Dans tous ces robinets, l'air comprimé passe du réservoir principal à la conduite générale, par un clapet maintenu par un ressort, qui assure entre cette conduite et le réservoir principal une différence de pression d'environ un kilogramme.

C'est pour permettre plus rapidement, lors du desserrage, la recharge de la conduite générale, et pour être certain qu'on aura toujours la pression voulue pour desserrer; ce qui pourrait ne pas se réaliser s'il s'était produit dans l'intervalle une baisse de pression.

La position I, la plus à gauche, correspond au *desserrage à fond* et met la conduite générale en communication avec le réservoir principal.

La position IV, la plus à droite, correspond au *serrage à fond* et met la conduite générale en communication avec l'extérieur.

La position III, est une position *neutre* ou de repos dans laquelle toutes communications sont interrompues. C'est celle à laquelle on se met après un serrage modéré.

Enfin la position II ou position *d'alimentation* est celle à laquelle on met la poignée pendant la marche du train.

Dans cette position, la conduite générale communique avec le réservoir principal par un orifice de très faible diamètre, permettant l'afflux d'air juste nécessaire pour compenser les fuites inévitables qui se produisent en cours de route, et qui, sans cette précaution risqueraient de causer des serrages intempestifs.

*Triple valve*

La triple valve ainsi appelée, parce qu'elle a trois fonctions principales:

- 1° appliquer les freins;
- 2° les desserrer;
- 3° recharger le réservoir auxiliaire;

est représentée en coupe (fig. 16).

Elle est formée d'un corps en fonte 1, 1, garni intérieurement de chemises en bronze, et d'une partie inférieure 2, réunies par trois vis et un cuir de joint 10; elle comporte en outre un bouchon supérieur 3, et un bouchon inférieur 4, en bronze, et peut communiquer à l'aide de raccords du type 8,8, par *a* B avec le cylindre à freins, par *E* avec la conduite générale, et enfin par *C* avec le réservoir auxiliaire.

À l'intérieur de la triple valve, se meut un système mobile, composé d'un piston à segment 9 dans la tige 5,5 duquel est logé un tiroir en bronze 6,6, appuyé par un ressort sur une glace; le tiroir et la glace sont percés d'orifices convenables pour établir dans chaque position les communications voulues.

*c*D est un échappement dans l'atmosphère.

Le fonctionnement est le suivant:

Pendant la marche du train, et lors du desserrage, le mécanicien envoie dans la conduite générale de l'air comprimé qui arrive par *E* à la partie inférieure de la triple valve, et soulève immédiatement le piston.

Cet air passe au-dessus de ce piston par une rainure de faible dimension *d* appelée *rainure d'alimentation* et de là par *C* dans le réservoir auxiliaire que se charge à la pression de la conduite générale.

Le piston en montant a entraîné dans sa course le tiroir, qui occupe alors la position de la figure 16, et le cylindre à freins communique avec l'extérieur par les conduits *B, a, b, c, D*.

Pour effectuer un serrage, le mécanicien produit une dépression dans la conduite générale.

Le piston de la triple valve s'abaisse immédiatement à fond de course puisqu'il supporte sur sa face inférieure une pression bien moindre que sur sa face supérieure, et entraîne le tiroir qui prend la position (2) de la figure 17.

On voit que d'une part, le piston de la triple valve ferme à l'aide du segment et du cuir 10, toute communication avec la conduite générale, tandis que le tiroir met le réservoir auxiliaire en communication avec le cylindre à freins par *C, a*, et ferme au contraire toute communication avec l'extérieur par *c*.

Le réservoir auxiliaire et le cylindre à freins forment donc vases communicants, et il s'y établit une pression de régime dépendant de leurs volumes respectifs, et qui est la

pression de serrage à fond par centimètre carré qui s'exerce sur le piston du cylindre à freins.

Pour desserrer, le mécanicien renvoie l'air comprimé dans la conduite générale, et dès que celui-ci a atteint la pression résultante indiquée ci-dessus, le piston de la triple

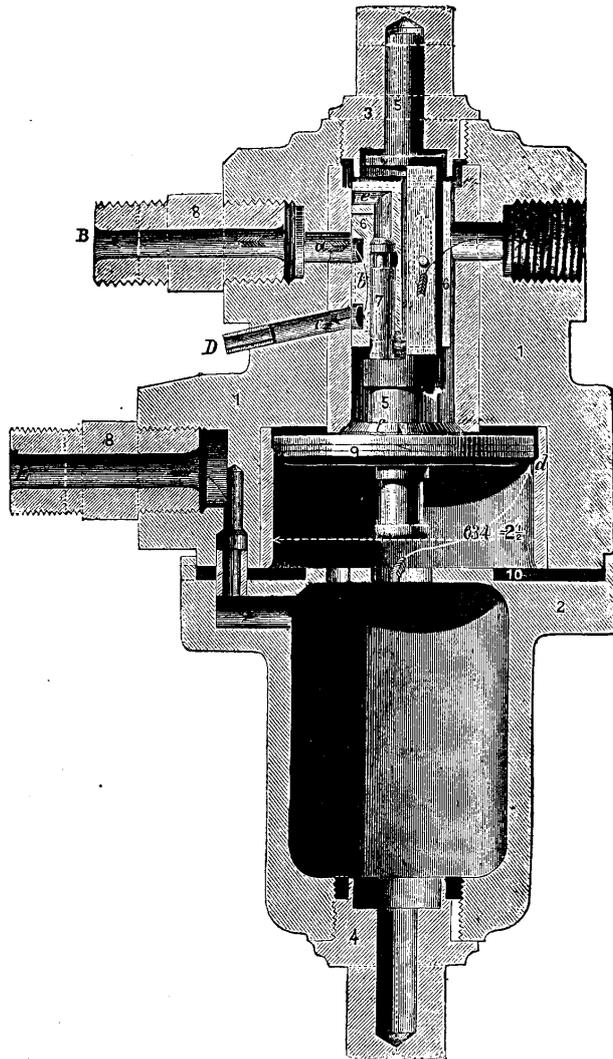


Fig. 16.

valve remonte et rétablit les communications de desserrage ou de marche que nous avons vues plus haut.

Nous n'avons pas parlé jusqu'ici, avec intention, d'un organe secondaire figuré aux dessins sous la forme d'un petit piston 7 fixé sur la tige 5 du grand piston et coulissant dans

un conduit pratiqué dans le tiroir. Ce conduit porte un siège *s* sur lequel peut venir s'appliquer l'extrémité *o* du petit piston taillé en forme de clapet, et en dessous de ce siège aboutit un orifice représenté en noir (fig. 17), qui traverse le tiroir et communique avec l'espace au-dessus du piston 9, c'est-à-dire avec le réservoir auxiliaire.

Ce piston 7 sert à la modérabilité de la façon suivante:

Si au lieu de faire une dépression brusque et assez forte dans la conduite générale, le mécanicien se contente d'une perte d'air relativement lente et faible, ne dépassant pas par exemple 300 à 400 grammes, le grand piston 9, au lieu d'être amené brusquement en bas de sa course, s'abaisse lentement jusqu'à moitié environ, entraînant avec lui le petit piston 7 et le tiroir 6.

Il n'entraîne toutefois le tiroir que sur une partie de sa course et de façon à lui

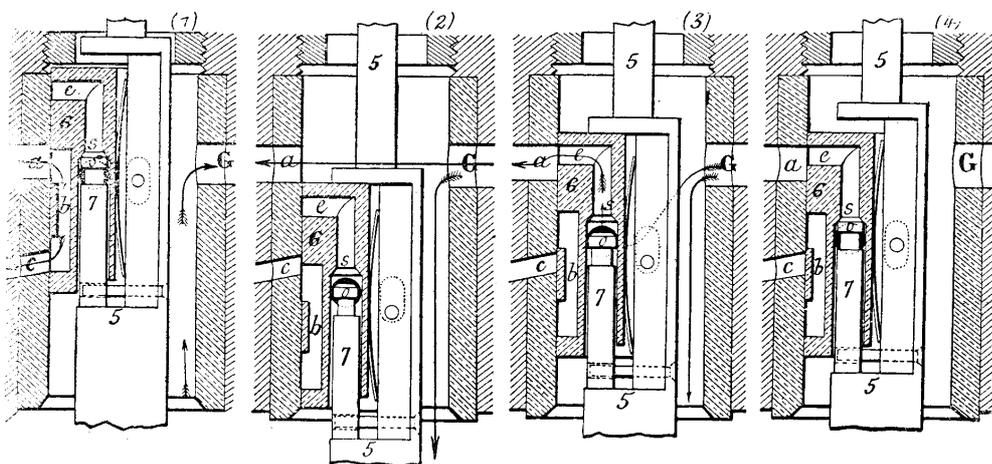


Fig. 17.

donner la position (3) de la figure 17 qui ne fait communiquer le réservoir à freins que par l'intermédiaire du conduit pratiqué en dessous du siège du petit piston 7, et par le conduit *e*. L'air du réservoir pénètre donc dans le cylindre à freins par ce conduit relativement faible; mais bientôt comme il en résulte une baisse de pression sur la surface supérieure du grand piston, celui-ci tend à remonter, poussé par une force d'ailleurs très faible, et entraîne avec lui le petit piston qui vient s'appliquer sur son siège, sans toutefois avoir la force de faire remonter le tiroir qui reste appliqué dans la position où il était [(4) fig. 17].

Il s'ensuit donc que la communication est fermée entre le réservoir auxiliaire et le cylindre à freins par le clapet extrême du petit piston, mais que l'air qui est passé dans le cylindre à freins *y* reste avec la pression qu'il y avait atteint.

Cette pression est évidemment inférieure à la pression de serrage à fond que nous avons vue tout à l'heure, et par conséquent on obtient une force initiale moins grande, et un serrage seulement partiel des freins, c'est-à-dire un *serrage modéré*.

On conçoit très bien que par une seconde perte de pression dans la conduite générale, effectuée dans les mêmes conditions, les mêmes phénomènes puissent se reproduire, et il pourra par conséquent pénétrer dans le cylindre à freins une nouvelle quantité d'air qui viendra augmenter la pression primitive, et par conséquent l'effort de freinage primitif.

Et théoriquement, ceci aura lieu jusqu'à ce qu'on soit arrivé, par dépressions successives dans la conduite générale, à un degré suffisant pour faire abaisser complètement le grand piston de la triple valve et pour produire par conséquent le serrage à fond.

Avec un train d'une certaine longueur, il n'est guère possible de faire plus de deux à trois serrages modérés, parce que les triples valves sont assez sensibles et s'abaissent en général d'une façon complète, pour une dépression d'un demi-kilogramme dans la conduite générale.

Or, dans ce cas, l'oscillation partielle du grand piston n'a plus lieu, le petit piston ne peut plus jouer son rôle, le tiroir et complètement entraîné, et par conséquent le serrage à fond se produit et la *modérabilité* n'est plus possible.

Cette modérabilité ne peut du reste s'exercer qu'au serrage et quelle que soit l'intensité du serrage effectué, on ne peut le détruire partiellement, et tout desserrage doit être complet.

### Cylindre à freins

On a représenté en coupe (fig. 18) un cylindre à frein à un piston.

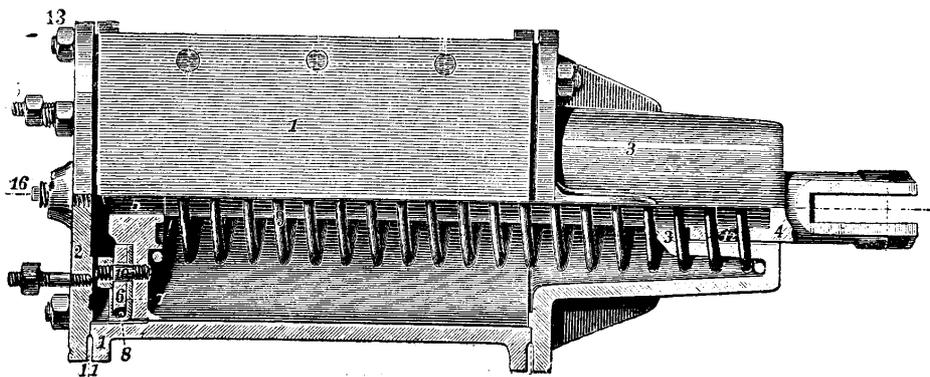


Fig. 18.

Il se compose d'un piston en cuir embouti 7, convenablement fixé à un plateau qui est rivé à l'extrémité de la tige 5, cette tige est terminée par une chape 4 qui vient actionner le levier de commande de la timonerie.

Tous ses organes sont logés dans un corps de cylindre alésé 1, réuni à un chapeau 3 qui sert de guide à la tige, et à un fond 2 dans lequel se trouve le raccord qui communique avec la triple valve.

Un ressort de rappel 9 sert, lors du desserrage, à ramener le piston à fond de course.

On remarque à la partie inférieure une rainure de fuite 8, qui a pour but, lorsque la triple valve, par suite d'un défaut détanchéité, laisse passer pendant la marche de l'air du réservoir auxiliaire au cylindre à freins, d'empêcher des serrages intempestifs de se produire.

Cette quantité d'air toujours relativement faible, passe en effet, par la rainure de fuite et s'échappe de là à l'extérieur, sans pouvoir s'emmagasiner et atteindre la pression nécessaire pour pousser le piston du cylindre à freins.

#### *Valve de purge*

La valve de purge est montée sur un té, entre le réservoir auxiliaire et le cylindre à freins; elle se compose: (fig. 19) d'un clapet 6 appliqué sur son siège par un ressort 5 et maintenu par la pression de l'air comprimé qui arrive du réservoir auxiliaire par A.

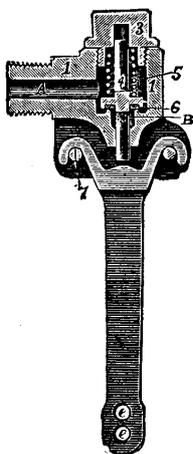


Fig. 19.

Un levier 2 sur lequel sont montées en *e, e*, deux tirettes en fil de fer aboutissant de chaque côté du wagon, vient soulever, lorsqu'on agit sur l'une quelconque de ces tirettes, le clapet 6.

L'air du réservoir auxiliaire et du cylindre à freins s'échappe immédiatement à l'extérieur par l'orifice B, et en très peu de temps, ces deux appareils sont complètement vidés et les freins se desserrent.

Il faut avoir bien soin de tenir la valve ouverte jusqu'à vidange complète, car sans cela, l'air restant dans le réservoir auxiliaire se rend à nouveau dans le cylindre à freins, et cause des serrages successifs, de moins en moins énergiques bien entendu.

#### *Accouplement*

On trouvera figure 14 l'ensemble d'un accouplement complet avec le raccord fileté, la tête, K, le boyau en caoutchouc fixé par deux colliers, et le robinet d'accouplement N.

La figure 20 représente 2 têtes d'accouplement accouplées, l'une en coupe, l'autre en vue extérieure.

L'étanchéité est assurée par une rondelle en caoutchouc 3 appuyée contre le rebord de la tête par une pièce en forme de trépied 4 qui est poussée contre la rondelle 3 par le vissage du bouchon extérieur 2. Des ergots disposés légèrement en plan incliné assurent un certain serrage des têtes l'une contre l'autre.

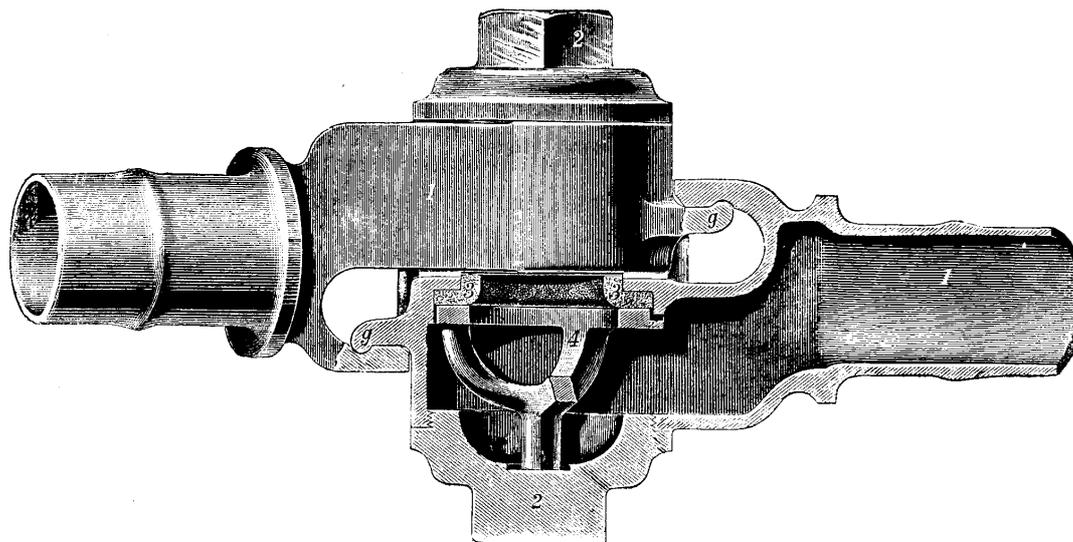


Fig. 20.

### Frein Westinghouse-Henry

On comprend facilement d'après la description du frein Westinghouse ordinaire qui vient d'être donnée, qu'il faut un certain temps entre chaque serrage, pour permettre au réservoir auxiliaire de se recharger.

Si ces serrages sont très rapprochés, et que leur intervalle ne permette pas son rechargement intégral, il peut se faire que le réservoir auxiliaire *s'appauvrisse* graduellement.

Ce fait peut se produire surtout lors de la descente des très longues pentes, à déclivité variable, où le mécanicien peut être obligé de desserrer très souvent, et par conséquent de resserrer, soit parce que la déclivité change, soit parce qu'il a serré à fond, au lieu de modérer, comme il en avait l'intention.

La Compagnie P.-L.-M. qui possède une grande partie de son réseau dans ces conditions, a été conduite à rechercher un remède à cette situation, qu'elle a trouvé dans le frein dite *Westinghouse Henry*, du nom d'un de ses Ingénieurs en Chef, qui est aujourd'hui exclusivement appliqué sur son réseau et sur les réseaux Suisses voisins, que se trouvent dans les mêmes conditions de tracé.

Le frein Westinghouse-Henry (fig. 21) est formé en somme de la juxtaposition au frein Westinghouse automatique ordinaire, d'un frein direct, et c'est le même cylindre à freins qui produit le serrage dans les deux cas; il y a toutefois une seconde conduite générale pour le frein direct, munie de ses accouplements spéciaux; et le cylindre à freins au lieu de communiquer directement avec la triple valve, communique d'une part avec cette dernière, d'autre part avec la conduite générale du frein direct, mais par l'intermédiaire d'une *double valve* qui assure comme on va le voir l'indépendance des deux freins.

Cette double valve est composée d'un piston *p* avec segment muni sur ses faces d'un cuir embouti qui n'est en réalité qu'un double clapet.

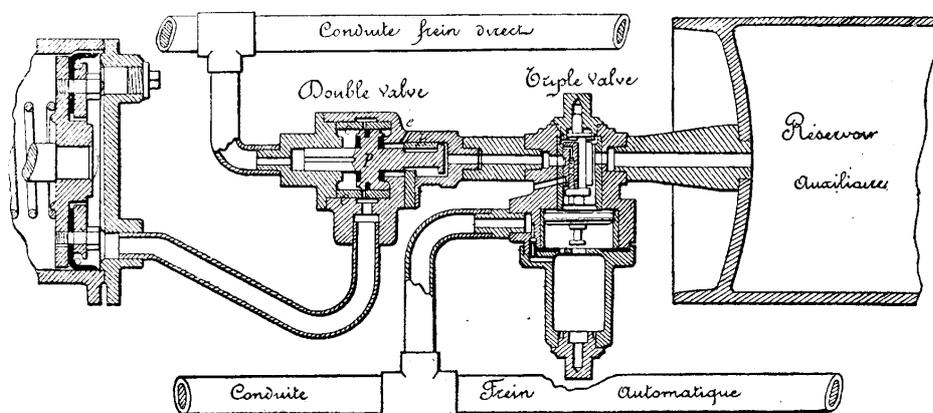


Fig. 21.

Lorsque le mécanicien fait un serrage à l'aide du frein direct, en envoyant de l'air comprimé dans la conduite générale directe, le piston de la double valve est repoussé vers la droite, interrompt toute communication avec la triple valve, et met au contraire la conduite générale directe en communication avec le cylindre à freins.

Au contraire lorsque le mécanicien effectue un serrage par le frein automatique, l'air comprimé qui tend à se rendre du réservoir auxiliaire vers le cylindre à freins, pousse le piston de la double valve vers la gauche, ce qui ouvre la communication avec le cylindre à freins et ferme au contraire la conduite générale directe.

La manœuvre du frein direct se fait sur la machine à l'aide d'un robinet spécial, permettant de faire communiquer la conduite générale directe soit avec le réservoir principal, soit avec l'extérieur.

D'une façon générale, le mécanicien se sert du frein direct pour les ralentissements, pour la modérabilité et les variations de vitesse dans un sens ou dans l'autre dans les longues pentes; il trouve ainsi l'avantage de ne pas appauvrir les réservoirs auxiliaires par des manœuvres successives et rapprochées du frein automatique, et de conserver par conséquent ce dernier frein toujours prêt à fonctionner en cas de besoin.

Il se sert au contraire du frein automatique pour tous les arrêts normaux.

### Frein Wenger

Nous devons également dire quelques mots d'un frein à air comprimé automatique encore assez répandu sur certains grandes Compagnies de Chemins de fer français et dont le fonctionnement diffère très notablement de celui du frein Westinghouse.

C'est le frein Wenger, qui est le type des freins dits à *chambre-réservoir*.

Dans ces freins, en effet, il n'y a pas de réservoir auxiliaire, et le piston du cylindre à freins, au lieu d'être soumis d'un seul côté à la pression variable de l'air comprimé, y est soumis des deux côtés; et c'est par suite d'une différence de pression sur ses deux faces, qu'on obtient soit le serrage, soit le desserrage.

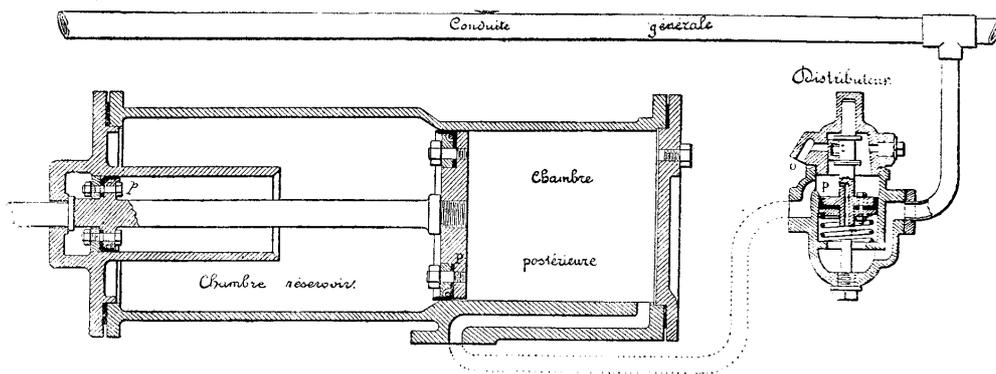


Fig. 22.

L'ensemble du frein Wenger (fig. 22) se compose d'une conduite générale avec accouplements flexibles d'un *cylindre réservoir*, et d'un distributeur très simple, relié d'une part à la conduite générale, et d'autre part à la chambre antérieure du cylindre à freins.

Le piston se meut dans le cylindre proprement dit, et sa tige dont l'extrémité actionne la timonerie traverse le couvercle de la chambre réservoir au moyen d'un presse-étoupe.

Le fonctionnement est le suivant:

Pendant la marche du train et le desserrage, l'air comprimé envoyé dans la conduite générale se rend par le distributeur dans la chambre antérieure du cylindre à freins; il passe autour de la garniture en cuir embouti du piston, et se rend de là dans la chambre-réservoir.

Il y a donc égalité de pression sur les deux faces du piston et celui-ci est poussé vers la gauche, grâce à la pression supplémentaire qui s'exerce dans ce sens sur le petit cuir embouti qui forme presse-étoupe.

Pour produire un arrêt ou un ralentissement, le mécanicien fait une dépression dans la conduite générale; le distributeur fonctionne immédiatement, et met en communication la chambre antérieure avec l'atmosphère.

Il en résulte dans cette chambre une dépression, et le piston est repoussé vers la droite par l'air emmagasiné dans la chambre-réservoir.

Le distributeur est disposé de telle sorte, qu'au bout d'un instant, la communication avec l'extérieur est à nouveau fermée, et que par conséquent l'effort de freinage produit par la différence de pression sur les deux faces du grand piston est limité, et se maintient à un degré qui dépend du reste de l'importance de la dépression qu'on a produite dans la conduite générale.

On peut, par une série de dépressions successives, mettre à nouveau pendant quelques instants la chambre antérieure en communication avec l'atmosphère, et par conséquent en augmentant la différence de pression sur les deux faces du piston, augmenter successivement l'effort initial.

Le frein est donc essentiellement modérable au serrage, et on peut faire varier l'effort initial de zéro à un maximum qui correspond à la vidange complète de la conduite générale.

Pour desserrer, le mécanicien remet la pression dans la conduite générale, ce qui au bout d'un instant, rétablit l'équilibre sur les deux faces du piston, et celui-ci reprend, grâce au piston du presse-étoupe, la position de desserrage.

Il est loisible au mécanicien de produire cette rentrée d'air soit en une fois, soit successivement, et il peut par conséquent modérer également le desserrage.

Quant au distributeur, il est comme on le voit composé d'un simple piston avec ressort antagoniste sur la tige duquel est monté un tiroir qui peut ouvrir ou fermer une communication avec l'extérieur.

La tige est percée d'un petit orifice pour permettre à une faible quantité d'air d'affluer constamment vers le cylindre à freins, de façon à entretenir la pression dans les deux chambres et à compenser les fuites qui pourraient se produire pendant la marche.

On remarquera que contrairement aux cylindres Westinghouse, qui agissent en poussant, les cylindres Wenger agissent en tirant; leur timonerie est donc disposée différemment.

Le reproche qu'on peut adresser à ce frein, comme à tous les freins à chambre-réservoir, qu'il s'agisse du vide ou de l'air comprimé, c'est d'avoir un serrage et un desserrage assez lents, puisqu'au lieu d'exiger pour leur manœuvre simplement la mise en mouvement de l'air correspondant au volume de la conduite générale, il exige en même temps la mise en mouvement de l'air correspondant aux volumes des chambres antérieures des cylindres à freins.

## FREINS A ACTION RAPIDE

**Considérations générales.**

Lorsque les trains dépassent un certain nombre de véhicules, 14 ou 16 par exemple, le fonctionnement des freins ordinaires, qui se produit, comme on l'a vu, à l'aide d'une évacuation ou d'une rentrée d'air dans une conduite générale de faible diamètre, par le seul orifice du robinet de manœuvre placé sur la machine, n'est plus assez rapide, ni au serrage, ni au desserrage.

Il en résulte que l'arrière du train est serré ou desserré après l'avant, et même que suivant la sensibilité des triples valves, il peut se former des groupes de véhicules fonctionnant avant ou après les autres: or, la condition essentielle pour le bon arrêt d'un train est comme on l'a vu que tous les véhicules soient saisis aussi simultanément et aussi également que possible.

A un autre point de vue, si au lieu de marquer un arrêt, on a voulu faire un simple ralentissement, il faut également que tous les véhicules se desserrent aussi rapidement et aussi simultanément que possible; on conçoit très bien que sans cela il se produit dans les attelages et dans les tamponnements des réactions capables d'amener des chocs violents, désagréables aux voyageurs, et susceptibles même de causer la rupture de certaines pièces.

Tous les efforts des inventeurs se sont donc dirigés vers ce qu'on a appelé les *freins à action rapide*.

En 1886 et 1887, fut exécutée à Burglington (Amérique) sous l'instigation de la «Master Car Builders Association», une série d'essais très complets destinés surtout à se rendre compte de la façon dont ce comportaient des freins pneumatiques à *action rapide* récemment imaginés pour les longs trains, et de l'influence que pouvait avoir sur leur fonctionnement la commande électrique et par conséquent instantanée des appareils distributeurs ou de valves spéciales.

A ces essais figurèrent:

- la Compagnie des freins automatiques Westinghouse;
- la Compagnie du frein à vide Eames;
- la Compagnie américaine de freins, de Saint-Louis;
- la Compagnie du frein Widdfield et Button, d'Uxbridge;
- la Compagnie du frein Rote, de Mansfield.

Chacune de ces Compagnies se présentait avec un train muni de ses appareils et composé de 50 wagons à marchandises d'une capacité de 40 tonnes.

Le Comité qui avait procédé aux expériences, formula les deux conclusions textuelles suivantes qui n'ont jamais été infirmées depuis lors :

1° Le meilleur type de frein pour long train, est un frein actionné par l'air, et dans lequel les valves sont mises en mouvement par l'électricité;

2° Le type de frein en question, doit posséder quatre avantages distincts :

a) Arrêter le train dans la plus petite distance possible;

b) Supprimer les chocs et les avaries qui en résultant pour le matériel;

c) Être desserré instantanément;

d) Pouvoir être parfaitement gradué.

La commande électrique des valves ou distributeurs, qui paraissait certainement la solution la plus simple et la plus efficace de la question, n'a pas reçu jusqu'ici le développement qu'on était en droit d'en attendre, malgré les appareils qui furent imaginés à cet effet, en dont l'un d'eux, le *frein électro pneumatique Chapsal*, remplissait tous les desiderata.

L'échec relatif, ou pour mieux dire, la non adoption de ces appareils, est dû surtout aux complications qu'entraînent dans la pratique les diverses connexions et intercommunications électriques nécessaires, qui sous l'influence des trépidations continues et des intem périés, ont une tendance à se détériorer, quelque soin qu'on prenne pour les établir.

C'est toutefois là une question de pure pratique.

La chose est loin d'être enterrée; elle a été reprise, paraît-il, avec un certain succès en Allemagne, à l'aide d'un dérivé du frein Chapsal, et il semble certain, que lorsqu'on aura trouvé des appareils assez robustes, la commande électrique s'imposera comme la véritable solution du problème du freinage des longs trains, qui, s'il peut être résolu pneumatiquement pour le serrage, ne pourra jamais l'être ainsi pour le desserrage.

La description des commandes électriques nous entraînerait hors du cadre de cette étude sommaire, et il nous suffira de savoir qu'elles consistent en principe en de petits électro-aimants qui, sous l'influence d'un courant lancé par le robinet même du mécanicien dans un fil de ligne régnant tout le long du train, et relié convenablement à des valves spéciales, soulèvent certains clapets, et provoquent instantanément et simultanément sur tous les véhicules d'un train, quelque nombreux qu'ils soient, des admissions ou des échappements d'air, provoquant le serrage ou le desserrage.

Une des particularités les plus ingénieuses du frein Chapsal était de remplacer les électro-aimants en question par une petite bobine électrique rotative qui, suivant le sens du courant envoyé dans la ligne, se mettait en mouvement dans un sens ou dans l'autre, et actionnait, à l'aide de petits leviers calés sur son arbre, soit la valve de serrage, soit la valve de desserrage.

Ces quelques mots indispensables étant dit sur la commande électrique, nous passerons à la description du frein Westinghouse à air comprimé à action rapide, qui est aujourd'hui universellement répandu.

### Frein à air comprimé action rapide Westinghouse

Le frein Westinghouse à action rapide, dérive comme on va le voir, du frein Westinghouse ordinaire, décrit plus haut, par une simple modification de la triple valve.

Tous les autres organes peuvent être exactement les mêmes et seule la triple valve ordinaire est remplacée par la triple valve dite à action rapide.

Toutefois, dans la pratique, on emploie la combinaison en un seul appareil, du cylindre à freins, du réservoir auxiliaire, du robinet d'isolement, de la valve de purge et de la triple valve elle-même, tous ces organes groupés formant un seul bloc qui rend le montage beaucoup plus facile.

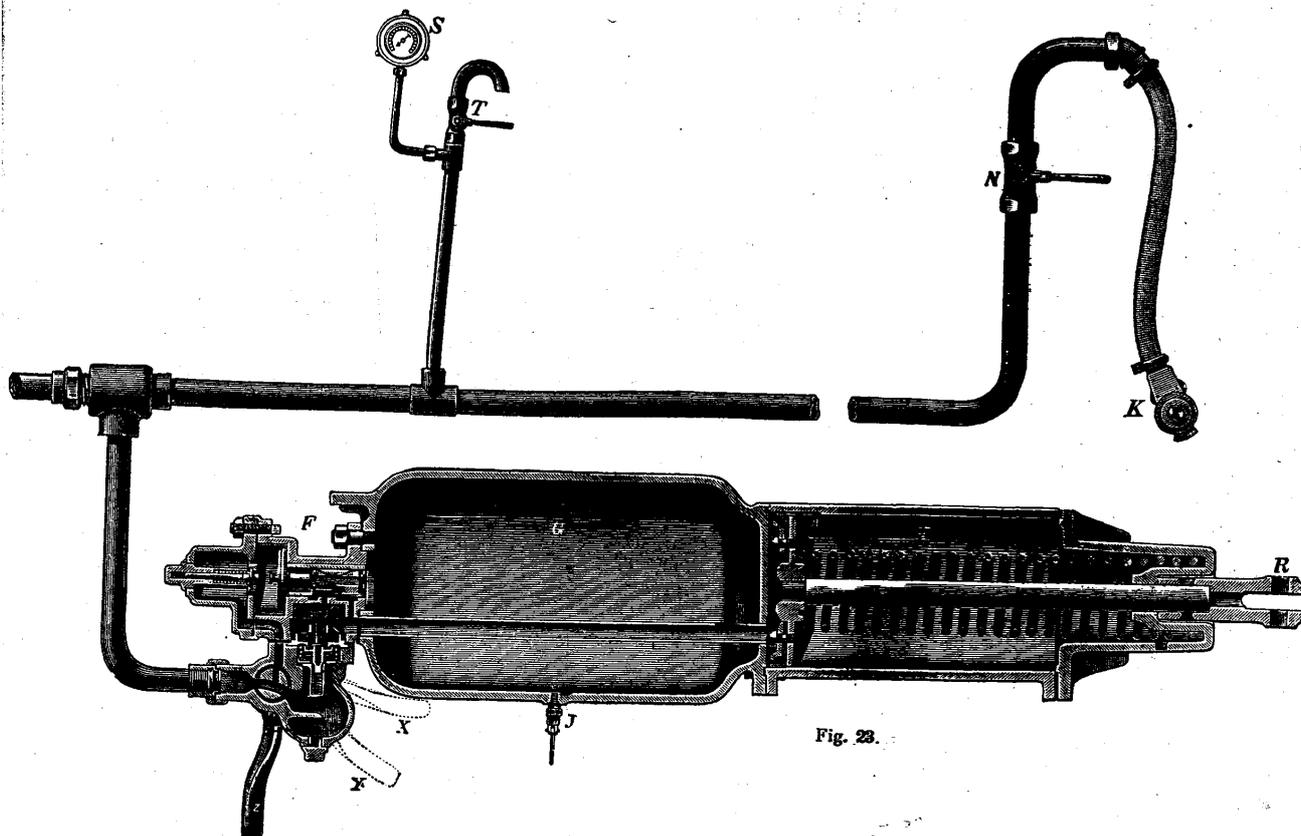


Fig. 23.

L'ensemble de cette combinaison est représenté (fig. 23):

H est le cylindre à freins avec sa rainure de fuite *n* et sa chape de piston R;

G est le réservoir auxiliaire;

J la valve de purge;

F la triple valve à action rapide, avec le robinet d'isolement à poignée Z, qui sert

également, comme on le verra, à **supprimer à volonté** l'action rapide et à transformer le frein à action rapide en frein ordinaire;

E est la conduite générale, avec le robinet d'accouplement N, et l'accouplement K;

T représente le robinet de **vigie** placé dans le fourgon avec un manomètre S, pour permettre soit l'essai du frein au départ, soit le serrage en cours de route, par vidange de la conduite générale.

#### *Triple valve à action rapide*

La triple valve à action rapide se compose en réalité de la triple valve ordinaire placée horizontalement et qu'on reconnaît parfaitement (fig. 24) et d'une deuxième valve verticale ou *accélérateur*, combinée avec la première.

Cet appareil communique avec la conduite générale par D, avec le cylindre à freins par B et avec le réservoir auxiliaire par C.

Près de l'arrivée de la conduite générale, se trouve un robinet qui permet, suivant la position de sa manette, de faire fonctionner le frein soit à l'action rapide, soit à l'action ordinaire, soit enfin d'isoler tous les appareils, dans le cas d'avarie, et de réduire ainsi le frein du véhicule en question à une simple conduite blanche qui sert uniquement à assurer l'intercommunication entre les véhicules précédents et les suivants.

Le fonctionnement de la valve à action rapide est basé sur le principe suivant: lorsque le mécanicien veut faire des arrêts ordinaires ou serrer modérément les freins, il produit, à l'aide d'un robinet de manœuvre approprié dit à *décharge égalisatrice*, et dont il serait trop long de donner ici une description détaillée, une **légère réduction** de pression dans la conduite générale. Le piston de la triple valve ordinaire se déplace vers la droite, et sans aller à fond de course, entraîne simplement le petit piston secondaire.

L'air comprimé du réservoir auxiliaire passe alors au cylindre à freins par *e, a, a*.

Le tiroir a été légèrement entraîné lui-même de façon à permettre ce passage.

Cette course du piston et du tiroir est du reste limitée, comme on l'a vu pour la triple valve ordinaire, par suite de la diminution de pression résultant, sur la face gauche du grand piston, du passage de l'air du réservoir auxiliaire au cylindre à freins. Au moment où cette pression devient légèrement inférieure à celle qui reste dans la conduite générale, le grand piston retourne vers la gauche, et ferme le petit piston, sans déplacer le tiroir.

Le mécanicien peut donc, à l'aide d'opérations semblables répétées, faire varier la pression dans le cylindre à freins théoriquement depuis 0 jusqu'à son maximum, et sans mettre en jeu aucun organe de l'accélérateur.

Au contraire, lorsqu'il s'agit d'obtenir un serrage rapide, soit à cause de la longueur du train, soit pour arrêter dans le minimum d'espace possible, le mécanicien produit brusquement une réduction importante de pression dans la conduite générale.

Le grand piston de la triple valve est immédiatement poussé à fond de course vers la droite, et entraîne avec lui le piston secondaire et le tiroir.

L'air du réservoir auxiliaire passe alors par *h* en dessus du piston de l'accélérateur, ce piston est immédiatement abaissé, et ouvre le clapet 17 qui est monté sur sa tige; en même temps, l'air comprimé qui reste dans la conduite générale soulève la valve 19, et se rend par le clapet 17 au cylindre à freins.

Il se passe alors deux faits:

1<sup>o</sup> Une partie de l'air de la conduite générale correspondant au volume de cette conduite située sous chaque véhicule, se rend au cylindre à freins, et est utilisé pour le serrage.

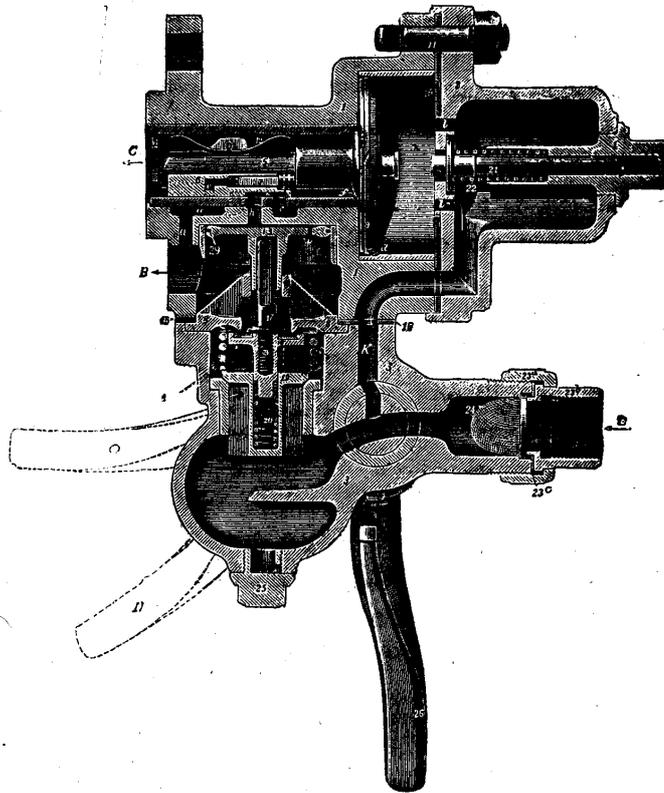


Fig. 24.

2<sup>o</sup> Le passage de l'air de cette portion de conduite générale au cylindre à freins produit un abaissement brusque dans la portion de conduite générale du véhicule en question, et du véhicule suivant, et provoque par conséquent le fonctionnement immédiat de la triple valve suivante.

C'est en somme, comme si on ouvrait successivement, avec une grande rapidité, un robinet d'évacuation sous chaque véhicule.

La rapidité de cette propagation, est telle qu'on arrive à freiner le soixantième véhicule d'un train deux secondes à peine après le premier.

Il est à remarquer qu'en même temps l'air du réservoir auxiliaire se rend également au cylindre à freins par l'orifice W percé dans l'accélérateur.

Mais dès que la pression dans le cylindre à freins est égale à celle de la conduite diminuée de l'effort du ressort 30 qui charge la valve d'arrêt 19, celle-ci se ferme sous l'action du ressort 30 s'ajoutant à celle du ressort 20, et empêche l'air comprimé admis au cylindre à freins de faire retour dans la conduite générale, ce qui arriverait infailliblement dès que la pression de ce cylindre dépasserait celle restée dans la conduite.

Pour le desserrage, le mécanicien réintroduit l'air comprimé dans la conduite générale; le grand piston de la triple valve ordinaire est repoussé vers la gauche, ainsi que le tiroir. Le passage *h* est alors mis en communication avec l'extérieur, et le piston de l'accélérateur, ne supportant plus aucune pression sur sa face supérieure, remonte en haut de sa course, sous l'influence de l'air du cylindre, tandis que le clapet 18 est appliqué sur son siège par le ressort 20.

Presque aussitôt, le tiroir 6 achevant son mouvement, met en communication le passage *a* avec l'extérieur et l'air contenu dans le cylindre à freins s'échappe ainsi jusqu'à desserrage complet des freins.

Il est bien évident que le desserrage est beaucoup moins rapide que le serrage, puisqu'on est obligé fatalement de faire rentrer dans la conduite générale tout l'air comprimé nécessaire au remplissage de cette conduite, par le seul orifice du robinet de manœuvre; mais cependant avec un réservoir principal d'assez grande capacité, et en employant une pression de marche suffisante, le desserrage peut encore se faire dans d'assez bonnes conditions.

Cette question de la rapidité du desserrage qui est le point capital du freinage des longs trains, sera toujours, et par la force même des choses, la pierre d'achoppement dans les freins purement pneumatiques; et c'est surtout pour la solutionner que l'emploi d'une commande électrique mettant purement et simplement le cylindre à freins en communication avec l'extérieur arrivera peut-être à s'imposer.

## Frein à action ultra rapide

### *Considérations générales*

Lorsqu'un train marche à très grande vitesse, 120 kilomètres à l'heure par exemple, et qu'on applique les sabots avec la pression habituelle correspondant à 3 kgs 5 environ par centimètre carré dans le cylindre à freins, on remarque ce fait particulier qu'au commencement

de l'application, le sabots semblent glisser sur les bandages, comme un corps lisse sur de la glace, sans produire aucun effort.

Ce n'est qu'au bout d'un certain temps, lorsque la vitesse du train s'est sensiblement ralentie par suite de la fermeture du régulateur de vapeur de la locomotive, qu'on voit brusquement les sabots gripper sur les bandages, et que commence véritablement l'action retardatrice due au frein.

Ceci s'explique parfaitement par la question des coefficients de frottement dont on a parlé d'autre part, et résulte des expériences mêmes de Galton qui ont prouvé que le frottement entre les sabots et les roues s'affaiblit considérablement quand les roues tournent vite, au point même de devenir pour ainsi dire nul à une pression donnée, dès que la vitesse dépasse une certaine limite.

Le seul remède est d'augmenter la pression sur les sabots. Mais alors, dès que la vitesse diminuera, la pression sera beaucoup trop forte et produira le calage des roues.

Le problème consiste donc à employer, dans les premiers instants du freinage, une pression d'air aussi élevée que possible, et à la diminuer dès que la vitesse diminue.

### Frein Westinghouse ultra rapide.

Ces conditions ont été résolues automatiquement d'une façon très heureuse et très simple par le dispositif *ultra rapide Westinghouse*.

Ce dispositif représenté planche II consiste dans la simple addition sous chaque véhicule d'une valve dite *valve de réduction* qui est uniquement en communication avec le cylindre à freins.

La figure 1 représente la coupe longitudinale.

La figure 2 la coupe transversale au niveau du tiroir.

Elle se compose d'un piston à segment 4, avec ressort antagoniste 11, qu'on peut bander à la pression voulue, à l'aide de l'écrou 12.

La tige 6 du piston porte un tiroir 8, qui par une ouverture *b* de forme triangulaire, peut mettre en communication le cylindre à freins Z avec l'extérieur par le conduit *a*, et l'échappement Y.

Cet appareil est fixé en un point quelconque du châssis à l'aide de la platte X, et relié par un tuyau avec le fond du cylindre à freins. L'ensemble est représenté figure 6.

Son fonctionnement est très simple.

Le principe consiste à marcher à 7 kilogrammes dans la conduite, au lieu de 4, et à admettre par conséquent au cylindre à freins, 6 kilogrammes au lieu de 3.

Sous l'influence de cette forte pression, le piston 4 refoule le ressort 11 et l'orifice

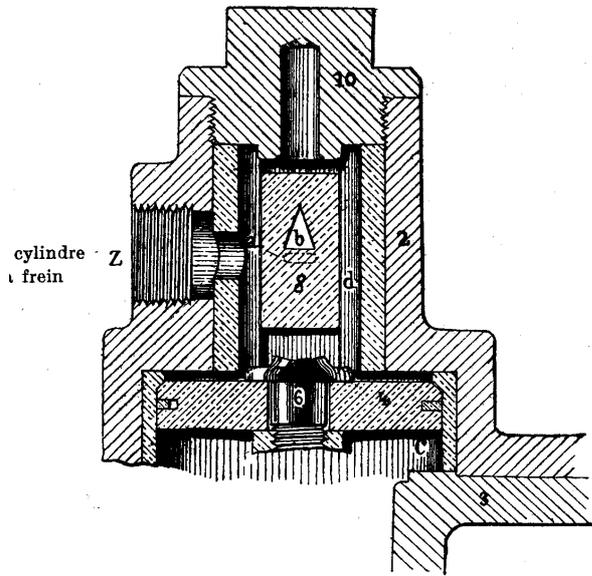


Fig. 3. — Position normale des organes.

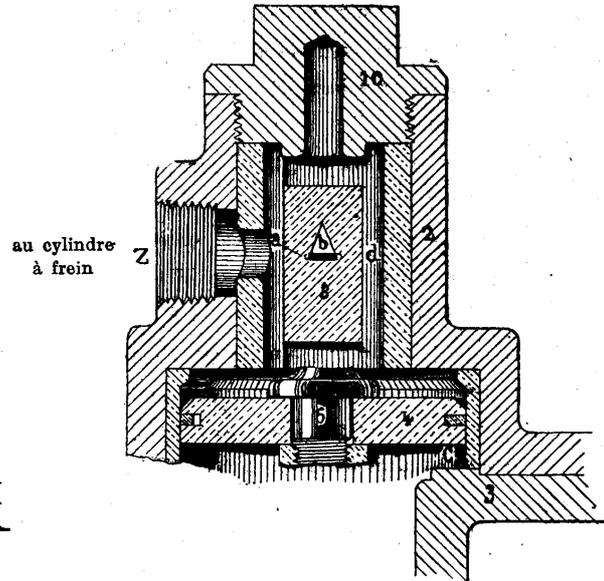


Fig. 4. — Position des organes lors d'un arrêt ordinaire  
(La pression excédant légèrement celle de Régime dans le cylindre à frein).

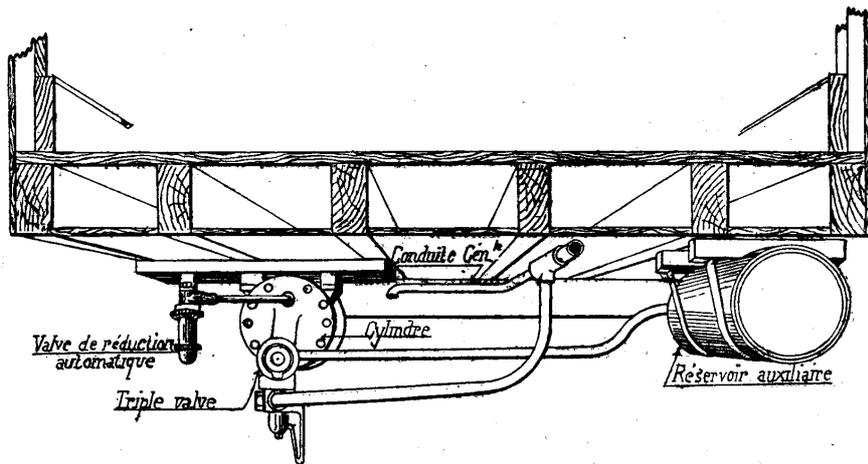


Fig. 6.

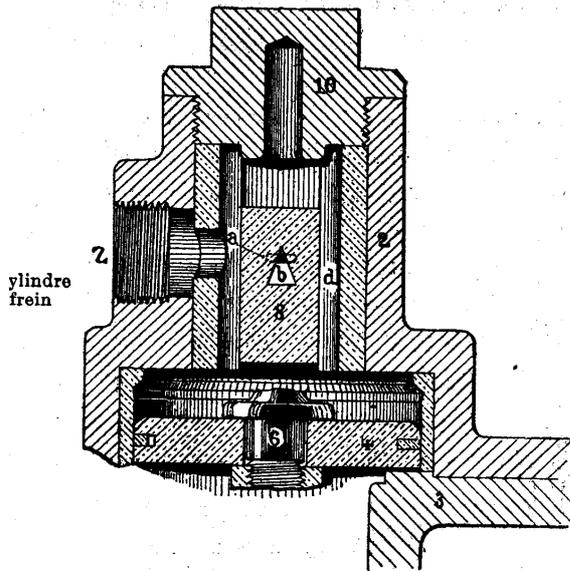


Fig. 5. — Position des organes lors d'un arrêt d'urgence.

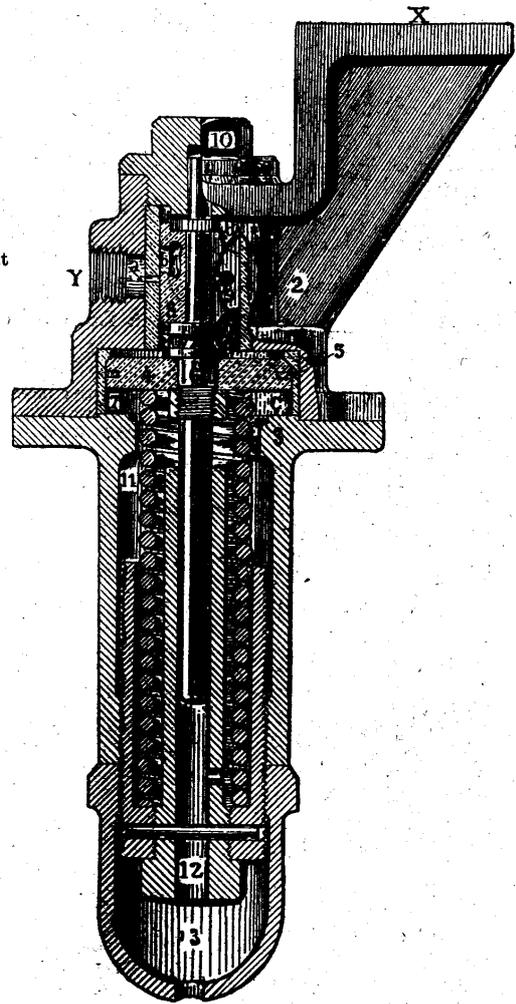


Fig. 1.

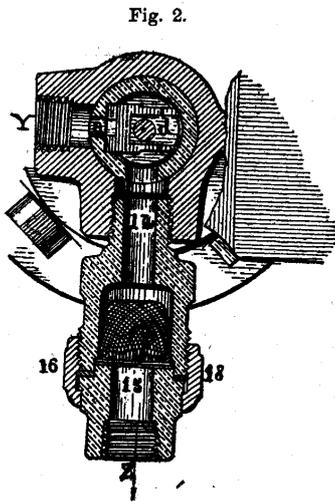


Fig. 2.

au cylindre à frein

*b* du tiroir met en communication le cylindre à freins avec l'extérieur par toute la largeur de l'orifice *a* (fig. 4).

Donc pendant que le train se ralentit, une partie de la forte pression admise au cylindre à freins s'échappe à l'extérieur, et le ressort 11 fait remonter progressivement le piston, et par conséquent le tiroir.

En même temps le cylindre à freins ne communique plus avec l'extérieur que par une partie de plus en plus faible de l'orifice *a* grâce à la course de l'orifice triangulaire *b* (fig. 5), et finit même par fermer toute communication avec l'extérieur comme le montre la figure 3 qui est la position de la valve pendant la marche du train.

Ceci se produit juste au moment où la pression dans le cylindre à freins est tombée de 6 kilogrammes à 3 kilogrammes.

On peut du reste régler à volonté ces limites par la tension du ressort 11.

Donc, comme on vient de le voir, forte pression au cylindre à freins au début du freinage, et diminution progressive de cette pression jusqu'à la pression normale.

On gagne à l'aide de ce dispositif jusqu'à 30 0/0 de la longueur d'arrêt obtenue par le frein à action rapide lui-même.

C'est donc un gros coefficient de sécurité pour les trains de très grande vitesse.

Ici se termine cette étude rapide sur les freins continus dans laquelle on s'est attaché à faire ressortir pour ainsi dire exclusivement les points les plus importants de cette question fort complexe et en général assez peu connue.

LES  
MOTEURS A GAZ  
ET A PÉTROLE

# LES MOTEURS A GAZ ET A PÉTROLE

## HISTORIQUE DES MOTEURS A GAZ

On peut faire remonter la première utilisation du gaz au six-septième siècle et bien qu'à cette époque le gaz de l'éclairage fut découvert, il n'est nullement paradoxal d'avancer que cette invention découle de la machine à vapeur imaginée en 1678 par l'abbé de Hautefeuille. Les moteurs à gaz, sont en fait, pour le plus part, des appareils à explosions dérivant de cette machine à vapeur, et l'élément moteur, la force motrice à un gaz dilaté par la chaleur était en germe dans ce que l'on appelle l'énorme puissance explosive d'un grain de poudre à canon.

Deux ans après que l'abbé Hautefeuille eut écrit son livre sur son mémoire sur la *Manière d'élever de l'eau par le moyen de la poudre à canon*, le savant Hollandais Huyghens publia à son tour un travail analogue, dans lequel il donnait la description d'un premier appareil, se composant d'un cylindre formé par un piston et fermé de deux tuyaux de dégagement, en cuir, formant soupapes: on enflammait la poudre dans une petite boîte vissée sur le fond de ce cylindre. L'explosion avait pour effet de chasser le piston de ce cylindre; les tuyaux se trouvant refermés aussitôt l'échappement produit, le vide était obtenu sous le piston qui redescendait aussitôt par l'action de la pression atmosphérique.

Ce système était certainement très rudimentaire; aussi ne donna-t-il que des résultats fort médiocres, et c'est ce qui explique pourquoi Farin chercha à remplacer la poudre par une autre substance, d'action plus certaine, moins instable, et permettant d'obtenir un vide plus parfait dans le cylindre. En cherchant ainsi, l'ingénieur Nîmois trouva ainsi le

moteur à vapeur, et les mécaniciens qui le suivirent, adoptèrent ce procédé, et le moteur atmosphérique à poudre fut abandonné pendant une longue période d'années. La faveur était allée à la machine à vapeur, devenue d'un emploi pratique grâce au génie de Watt et de ses successeurs, et il nous faut arriver à l'année 1791 pour trouver la première amélioration proposée au moteur à air dilaté de Hautefeuille et de Huyghens.

L'inventeur était, cette fois, un Anglais, l'ingénieur John Barber, qui spécifiait dans sa patente, d'une rédaction d'ailleurs fort laconique, l'emploi d'un mélange d'air et de gaz carburé et son inflammation à l'entrée d'un vaisseau à explosion (exploder).

Quelques années ensuite, en 1794, un autre Anglais, Robert Street, prenait un autre brevet pour la production d'une force de vapeur inflammable par le moyen de liquide et d'air, de feu et de flamme pour mettre en mouvement les machines et les pompes. Le procédé de Street consistait à faire tomber sur le fond d'un cylindre de l'huile de pétrole ou tout autre liquide inflammable pouvant se réduire en vapeur et pousser un piston fermant le cylindre.

Philippe Lebon, de Brachay (Haute-Marne), le créateur de l'industrie du gaz d'éclairage, possède également des titres indiscutables à l'invention du moteur à gaz, car il prévoyait, dans le brevet qui lui fut délivré en 1799, l'application de ce gaz à la production de la force motrice. Dans l'idée même de cet homme de génie, l'éclairage n'arrivait même qu'en seconde ligne, et dans une addition à son brevet, addition datée de l'année 1801, il exposait très nettement le projet d'un moteur à gaz avec inflammation par l'étincelle d'une machine électrique mue par l'appareil lui-même, et pourvu d'une pompe pour comprimer le mélange d'air et de gaz avant l'explosion. On peut donc croire que si le malheureux inventeur n'eût pas été assassiné en 1804, l'industrie aurait été dotée, dès le commencement de ce siècle, des moteurs à gaz qui ont dû attendre encore soixante ans avant d'entrer dans la pratique. Mais enregistrons le fait à l'honneur de la science et du génie français, et revendiquons hautement pour Hautefeuille et Lebon l'invention d'un moteur qui détrônera, sans nul doute, un jour, le chef-d'œuvre de Watt.

Depuis l'année 1799 jusqu'à l'an 1860, époque de l'apparition du premier moteur à gaz réellement pratique, nous voyons surgir plusieurs modèles, dont certains ne manquent pas d'ingéniosité. Citons, parmi les plus intéressants ceux de Welman, Wright, Johnston et Barnett.

La machine à gaz de Wright est particulièrement bien entendue et bien construite : elle était verticale, à double effet, sans balancier, à action directe et à inflammation par la flamme d'un brûleur à gaz. Le régulateur à boules, gouvernant les pompes alimentant d'air et de gaz combustible le cylindre, avait pour effet de modifier la teneur du mélange, suivant la quantité de travail à produire, et de proportionner constamment la dépense de gaz à l'énergie consommée. C'était une fort ingénieuse conception, surtout pour l'année 1833, et bien des moteurs à gaz d'aujourd'hui ne sont pas mieux combinés; aussi s'étonne-t-on de

constater que ce système n'a pas réussi. Sans doute cette indifférence des industriels fut due à l'engouement dont la machine à vapeur était alors l'objet.

L'appareil de Johnston était également à double effet, et il consommait de l'hydrogène pur, introduit dans le cylindre en volume double de celui de l'oxygène comburant. L'explosion effectuée, les gaz combinés s'étant transformés en eau, le vide se trouvait produit sous une face du piston, tandis que l'autre face était soumise à ce moment à l'effort des gaz dilatés. Il y avait également là une idée fort ingénieuse et qui n'a pas dit son dernier mot. Peut-être ce procédé sera-t-il repris un jour, quand les gaz seront extraits de l'eau à très bas prix . . .

William Barnett, qui prit un brevet en 1838, revint à l'idée de Philippe Lebon. Deux pompes comprimaient séparément, l'une du gaz combustible, l'autre de l'air, et alimentaient le cylindre moteur, dans lequel l'inflammation était produite au moyen d'un robinet, dont le boisseau creux contenait un bec de gaz, et qui était animé d'un mouvement de rotation continu. Quand l'ouverture du boisseau était tournée vers l'extérieur, le bec qu'il contenait s'allumait à une veilleuse, et sa flamme était portée dans le mélange explosif quand le boisseau avait accompli un demi-tour. C'était la première réalisation de l'allumage par transport de flamme sous pression, qui a été ensuite employée par de nombreux constructeurs, après amélioration toutefois de cette disposition un peu trop primitive.

Dans les années qui suivent, on relève encore un certain nombre de brevets sur la même matière. En 1844, John Reynold préconise l'emploi d'une pile pour amener à l'incandescence un fil de platine traversé par le courant et assurer l'inflammation au moment voulu par le jeu d'un interrupteur automatique. En 1850, Stéphan, recommande, de préférence à la pile, une machine magnéto-électrique actionnée par le moteur lui-même. Barsanti et Matteucci, en 1857 décrivent un moteur atmosphérique dont la disposition fut imitée plus tard par Otto et Langen, et dans lequel l'allumage était opéré par le courant d'une pile Bunsen, traversant préalablement un multiplicateur de La Rive: Les étincelles, jaillissant entre deux pointes, au centre du mélange, provoquaient l'explosion. En 1858 et 1859, Degrand décrit dans deux brevets, un moteur à gaz à compression dans le cylindre même, mais les moyens mécaniques indiqués pour la réalisation de l'appareil sont impraticables. Enfin, en 1860, quand le moteur Lenoir apparut, il n'existait aucun moteur de ce genre capable de fonctionner d'une manière régulière et vraiment industrielle.

La machine de M. Lenoir, que était construite par Marinoni, présentait l'aspect d'une machine à vapeur horizontale à double effet. Le mélange actif était enflammé par une étincelle électrique produite par une pile dont le courant traversait les spires d'une bobine de Ruhmkorff pour acquérir une haute tension. La marche était très régulière, le prix peu élevé; aussi devant les avantages que présentait ce nouveau moteur, n'exigeant ni chaudière

encombrante, ni fondations coûteuses, ni surveillant, ni approvisionnement d'aucune sorte, on crut que la dernière heure de la vapeur comme puissance motrice avait sonné, et l'émoi général fut tel qu'en un moment le succès le Lenoir fit pâlir l'étoile de Watt! . . .

Mais on ne tarda pas à reconnaître des défauts considérables à ce système qui, d'abord porté aux nues par un enthousiasme irréfléchi, fut ensuite l'objet d'un dénigrement général et quelque peu injuste. On constata que son entretien, vu la force développée, coûtait beaucoup plus cher que celui d'une machine à vapeur d'égale force: il consommait, en effet, plus de 3.000 litres de gaz par cheval et par heure. Il exigeait, pour le refroidissement convenable de son cylindre, une quantité d'eau quatre fois plus considérable qu'un moteur à condensation; enfin, il fallait l'arroser constamment d'huile pour assurer la régularité du mouvement. Tous ces défauts furent considérés comme redhibitoires, et, après un accueil des plus favorables, le moteur Lenoir fut rejeté de tous les industriels.

Son succès momentané devait cependant faire surgir plusieurs concurrents, dont le premier fut M. Hugon, directeur de la Compagnie du Gaz portatif, qui exploita en 1862 un brevet pris par lui, en 1860, pour un moteur à gaz avec inflammation par brûleur et refroidissement dans le cylindre par injection d'eau froide finement pulvérisée. Expérimenté en 1867, par M. Tresca, ce modèle accusa une dépense de 2.445 litres de gaz par cheval et par heure.

Les gaz brûlés s'échappaient du cylindre à une température de 186 degrés, alors que dans le moteur Lenoir, ils étaient à 280 degrés au moins. Cette diminution de température; très favorable à l'entretien du mécanisme, parut devoir être attribuée à l'introduction de l'eau dans le cylindre.

En 1861, parurent de nouveaux dispositifs d'origine anglaise. L'un, qui ne présentait rien de bien nouveau, était dû aux ingénieurs Kinder et Kinsey; dans l'autre, celui de Millon, nous retrouvons l'idée de Lebon réalisée, et la compression préalable, dans le cylindre moteur même s'y trouvait produite.

Mais nous en arrivons à l'année 1862, et nous nous trouvons en face du fameux brevet pris le 7 janvier par M. Beau de Rochas, brevet qui marque une étape importante dans l'histoire des moteurs à gaz, car on y trouve indiquées, d'une façon très nette, les meilleures conditions de marche à réaliser pour établir un appareil vraiment économique. C'est M. Beau de Rochas qui a imaginé le cycle à quatre temps sur lequel sont basés la plupart des systèmes modernes. Dans la première course du piston, on produit l'aspiration du mélange tonnant, qui se trouve refoulé et comprimé pendant la course de retour; l'inflammation s'effectue au point-mort, et la détente a lieu pendant la troisième course; enfin, les gaz brûlés sont refoulés lors du cylindre lors du deuxième retour du piston à son point de départ.

Tout en rendant au savant ingénieur la justice qui lui est due, et en constatant

qu'il a réellement établi les bases rationnelles qui doivent servir de point d'appui à l'édification des machines à gaz, il faut reconnaître que son rôle a été plutôt celui d'un théoricien que d'un praticien. Il s'est borné à exposer les principes d'un fonctionnement scientifique sans indiquer les moyens mécaniques de réaliser ses théories. Son brevet ne contient pas de dessin explicatif, et la distribution d'allumage du mélange, l'échappement des produits de la combustion, ne sont pas étudiés et demeurent dans le vague.

M. de Rochas ne construisait d'ailleurs pas de machine, et le défaut de paiement de la seconde annuité fit tomber son brevet dans le domaine public. Ce travail passa donc sans attirer l'attention, et on ne l'exhuma de l'oubli où il dormait, que bien des années plus tard, quand le moteur Otto, qui était la réalisation des idées émises par M. de Rochas, voulut être le seul sur le marché et intenta des procès à ses imitateurs.

On pouvait voir fonctionner à l'Exposition universelle de 1867 une machine à gaz *atmosphérique* verticale, basée sur le principe primitif de l'appareil à poudre de l'abbé Hautefeuille. Cette machine, construite par deux mécaniciens allemands, Otto et Langen, de Deutz près Coblenz, était un perfectionnement direct du système que Barsanti et Matteucci avaient imaginé dix ans auparavant. L'explosion du mélange gazeux ne servait qu'à obtenir le vide dans le cylindre, sous le piston: c'était la pression atmosphérique qui était motrice. Ce dispositif, qui présentait sur les précédents moteurs de Lenoir et de Hugon l'avantage incontestable de ne brûler que 1.350 litres de gaz par cheval et par heure, au lieu de 2.500 ou 3.000, eut, par suite, un très grand succès, et les heureux constructeurs en vendirent plus de 5.000 en moins de quelques années.

Ce système était cependant encore bien défectueux: son action était brutale, ses engrenages faisaient un bruit continu, l'inflammation était bruyante: à l'agitation de la ferraille s'ajoutaient des détonations d'armes à feu; ce n'était pas l'idéal du moteur domestique, mais on ne consommait plus, en 1872, que 800 litres de gaz par cheval-heure, et cette faible consommation, qui rendait ce système plus économique qu'une machine à vapeur d'égale force, assurait son succès quand même.

C'est en 1878 que le docteur Otto produisit son second type de machine, horizontal celui-là, et qui s'est répandu dans le monde entier en raison de ses qualités incontestables et de l'économie qu'il permettait de réaliser. Il était basé, nous le répétons, sur le principe de la marche à quatre temps, indiqué par M. de Rochas, dans son brevet qui, d'ailleurs, était probablement bien inconnu du docteur Otto.

Nous ne décrivons pas ici le moteur Otto, que tout le monde connaît, et qui présente de grandes et réelles qualités. Plus de 35.000 exemplaires de ce système fonctionnent actuellement dans tous les pays et dans toutes les industries. Ce succès sans précédent suscita de nombreuses contrefaçons, et le constructeur allemand dut engager plusieurs procès pour défendre son bien. Il eut gain de cause en Angleterre, mais en France, on lui opposa l'anté-

riorité du brevet de Beau de Rochas et les juges rejetèrent la réclamation d'Otto, dont les brevets, délivrés en 1876 et 1877, sont tombés dans le domaine public depuis 1892. On peut penser, malgré cette décision des juges, qu'Otto n'avait pas absolument tort: c'était bien lui que l'on copiait, car si Beau de Rochas a inventé le cycle à quatre temps, le constructeur de Deutz l'a seul rendu pratique, à la suite d'études longues et patientes.

En même temps que le système Otto, on remarquait à l'Exposition de 1878, trois autres systèmes de moteurs à gaz, celui de Bisschop, construit par Mignon et Rouart, celui de Simon, et celui de Ravel que nous décrirons plus loin. Le moteur Simon, dont la construction ne fut pas continuée, présentait cependant un très réel intérêt économique: la combustion du mélange était lente et graduelle, et les chaleurs perdues s'y trouvaient utilisées pour former de la vapeur dont la force élastique s'ajoutait à celle du gaz au moment de l'explosion, comme dans le système Hugon. Cette action était même si considérable que le moteur pouvait marcher plusieurs minutes après la fermeture du robinet à gaz, par le seul effet de la vapeur. La consommation de cette machine ne dépassait pas 800 litres de gaz et 4 litres d'eau par cheval et par heure, ce qui était un excellent résultat économique. Le moteur Ravel, lui, consommait encore moins: de 500 à 600 litres seulement, mais sa marche était aléatoire par suite de la disposition vicieuse des pièces du mécanisme.

Telle était l'industrie des moteurs à gaz en 1878. Le modèle définitif existait et fonctionnait admirablement. Il ne restait plus qu'à le perfectionner dans ses détails, le simplifier, pour le rendre plus économique encore et lui donner la possibilité d'entrer en lutte directe avec la machine à vapeur.

Parmi les systèmes les plus remarquables qui ont paru depuis cette époque, il faut citer les suivants: Dugald-Clerk en 1879, moteur avec compression et explosion, mais à deux temps seulement; en 1883, Lenoir, moteur à simple effet, à compression et refroidissement du cylindre par l'air ambiant; puis, la même année, Griffin, moteur à six temps. L'Exposition d'Anvers en 1884, montra de nouveaux spécimens, de création toute récente, de moteurs dus à Andrews (le Stockport), à Bénier, à Kœrting et à Benz. C'est à cette même époque qu'apparut le type très remarquable le *Simplex*, construit par les ateliers Powell de Rouen (aujourd'hui Matter et C<sup>ie</sup>), sur les plans de MM. Ed. Delamare-Doboutteville et L. Malandin. Poursuivis par la maison Otto pour contrefaçon, les créateurs de ce système n'ont eu qu'à montrer aux experts et aux juges les dispositifs particuliers et les perfectionnements réellement nouveaux imaginés par eux, pour gagner leur cause haut la main.

A partir de 1855, à la suite de l'apparition du nouveau moteur Lenoir et du *Simplex*, la plupart des constructeurs adoptent le fonctionnement à quatre temps, d'après le cycle de Beau de Rochas et nous voyons apparaître les premiers moteurs à air carburé, c'est-à-dire pouvant marcher par la combustion des essences légères de pétrole. Citons les moteurs de Durand, Daimler, Tenting, Kœrting-Boulet, Diederichs, Gotendorf, Noël, Forest, Ragot, etc., et le moteur à six temps de Rollason et Atkinson.

L'Exposition universelle de 1889 réunit 31 concurrents et 53 machines représentant plus de 1.000 chevaux de force. Toutes, sauf quatre, procédaient du système Otto. Au nombre des modèles de création récente, les moteurs de Niel, de Charon, de Lalbin, de Crossley, etc. Pour la première fois, on put voir une machine fonctionner avec un gaz autre que celui des canalisations d'éclairage, mais bien avec un gaz pauvre produit à très bas prix par un gazogène spécial. C'était un moteur Simplex motocylindrique, de 100 chevaux de force, qui ouvrait ainsi un nouvel horizon aux chercheurs et démontrait l'avenir qui s'ouvrait devant les unités de grande puissance, alimentées aux gaz pauvres.

On peut dire que l'histoire des moteurs à gaz comporte trois périodes distinctes: la première, qui est la période d'invention, s'étend jusqu'à l'année 1860; l'idée du moteur avait été émise, retournée sur toutes ses faces, mais non pas mise à exécution. M. Lenoir a réalisé ce qui n'était avant lui que théories vagues et abstraites: il a créé la machine entrevue par Lebon et indiqué la voie à ses successeurs, c'est la seconde période de création et de réalisation. Nous sommes maintenant dans une troisième période depuis 1889. Le moteur a grandi en même temps qu'il s'est amélioré, et les constructeurs entreprennent maintenant l'exécution des grosses unités, de 200 à 400 chevaux, qui, avec l'adjonction des gazogènes à gaz pauvres, permettent au moteur à gaz de lutter contre la machine à vapeur, que ce dernier venu supplantera un jour, il n'y a plus désormais à en douter.

## FONCTIONNEMENT DES MOTEURS A GAZ

Toutes les machines motrices employées dans l'industrie tirent leur puissance de la chaleur, et les moteurs animés eux-mêmes ne font point exception à cette loi généralé. Il y a une corrélation intime entre la chaleur, qui n'est qu'une forme particulière de l'énergie et le travail. La loi d'équivalence a été formulée par Mayer et constitue le premier principe de la thermo-dynamique. Elle peut s'énoncer comme suit:

*Toutes les fois qu'un corps produit ou subit un travail, il disparaît ou il apparaît de la chaleur, et il existe un rapport unique et constant entre les quantités de travail et de chaleur qui dépendent les uns des autres dans ces phénomènes.*

Ce rapport unique et constant a été déterminé par l'expérience, et on a adopté la *calorie* comme unité de chaleur et le *kilogrammètre* comme unité de travail. Ce rapport est

donc égal à 424. Ainsi, la chaleur nécessaire pour élever de 1 degré centigrade la température de 1 kilogramme d'eau (ou calorie) est précisément égale au travail à développer pour élever un poids de 424 kilogrammes à 1 mètre de hauteur et inversement.

Dans toutes les machines thermiques connues jusqu'à présent, la chaleur est transformée en énergie de mouvement par l'intermédiaire d'un corps quelconque, vapeur d'eau, air, gaz, etc., et non pas directement. Pas plus qu'on ne sait transformer directement la chaleur en électricité sans perte considérable, on ne sait pas encore transformer une quantité donnée de calorique en une quantité équivalente de travail, et toutes les machines, même les plus parfaites comme construction, ne sont que des transformateurs très défectueux dont nos descendants riront. On peut rappeler comme exemple le rendement de la machine à vapeur qui, dans les meilleures conditions, brûle 1 kilogramme de charbon (soit 8.000 calories équivalant à 3.400.000 kilogrammètres) et ne donne que 400.000 kilogrammètres disponibles sous forme de mouvement, c'est-à-dire avec une perte de près de 80 0/0.

Cette absorption énorme de force, que l'on cherche à réduire par tous les moyens possibles, démontre que le principe sur lequel sont basées toutes les machines thermiques est défectueux; aussi est-il permis de croire que l'on fera mieux et que l'avenir nous réserve bien des surprises.

Actuellement, la quantité de travail utilisée dans une quantité donnée de chaleur est le rapport existant entre la température de l'échappement et celle de l'admission. C'est là la seconde loi de la thermodynamique, que Sadi-Carnot a énoncée comme suit dès 1823.

*«Lorsqu'un corps est successivement mis en communication avec une source de chaleur faisant office de foyer, et avec un réfrigérant, que les échanges de chaleur se font à température constante, le rapport de la quantité de chaleur fournie par le foyer à celle qui est reprise par le réfrigérant est indépendant de la nature du corps et ne dépend que de la différence de température entre le point de départ et celui d'arrivée.»*

On se demandera pourquoi il est impossible d'augmenter à volonté cet écart entre les températures. Nous y répondrons que c'est en vertu d'un fait naturel, parce que nous ne disposons d'aucun réfrigérant qui soit au zéro absolu de la nature, c'est-à-dire, à 273 degrés au-dessous de zéro du thermomètre.

«Il est aussi impossible de transformer tout le calorique disponible en travail, dit M. Witz, qu'il l'est d'actualiser tout le travail potentiel d'une chute d'eau, en comptant comme hauteur de chute la distance verticale du bief d'amont au centre de la terre, vers lequel la gravitation tend à faire converger sa masse. Refroidir un gaz au zéro absolu est aussi impossible, mais tout aussi nécessaire que d'atteindre le centre de notre globe.»

C'est donc le rapport entre le nombre de kilogrammètres recueillis et le nombre de calories dépensées qu'il faut augmenter autant que possible par la perfection des machines, et qui détermine la valeur économique de celles-ci. Or, les moteurs à gaz permettant un

écart de température plus grand que ceux à vapeur, la température explosive pouvant atteindre momentanément 1.600 degrés dans ces appareils, il en résulte que leur coefficient de rendement est plus élevé.

La difficulté pratique qui s'oppose à l'élévation indéfinie de la température du foyer réside dans la nature des pièces constituant les mécanismes, lesquels sont, nécessairement métalliques. A 400 degrés centigrades, la tôle est au rougé sombre, et à son contact, les lubrifiants se décomposent perdent leurs propriétés. Dans l'air à 3000 degrés, les huiles s'oxydent déjà et forment d'épais cambouis en se solidifiant. L'impossibilité du graissage limite donc le rendement des moteurs à 52 0/0, et la température première ne pourra être surélevée tant qu'on n'aura pas découvert une substance insensible à la chaleur et pouvant assurer la lubrification à haute température. On est donc obligé de refroidir considérablement la paroi du cylindre dans les moteurs à explosion, pour assurer le graissage, mais, de ce fait, une grande quantité de calorique se trouve perdue et nous sommes dès lors fort éloignés des conditions fondamentales d'un cycle parfait.

Théoriquement les machines à air chaud et à gaz sont donc supérieures à celles à vapeur, car elles peuvent fonctionner entre des températures plus éloignées, aussi, les premières ont été tôt dépassées par les moteurs à gaz qui, marchant à une pression plus élevée, permettent de réduire le poids et le volume au minimum. Mais notre but n'est pas d'étudier la théorie des machines à air chaud, ce système ayant disparu devant la marche conquérante des moteurs à gaz, et nous reviendrons à l'étude du fonctionnement de ces derniers, dont nous pensons avoir fait suffisamment ressortir la supériorité à tous points de vue.

Il paraît difficile d'innover quoi que ce soit dans la forme du cycle sur lequel est basé le moteur à explosion, tant sont nombreux et variés les types divers qui existent actuellement. Toutes les combinaisons possibles paraissent avoir été épuisées; leur nombre n'est pas, d'ailleurs, illimité et souvent on rencontre dans les brevets les plus nouveaux des dispositions empruntées à des systèmes anciens, et qui avaient déjà été entrevues ou proposées par Lebon, Barnett, Beau de Rochas. La plupart des moteurs actuels ne sont-ils pas basés sur les principes énoncés par ces savants et n'empruntent-ils pas des dispositifs déjà réalisés notamment dans le chef-d'œuvre du docteur Otto? . . .

Donc les inventeurs se meuvent dans un cercle fermé et marchent fatalement sur les traces de leurs devanciers. A part quelques perfectionnements de détail, tous les moteurs se ressemblent et leur classification est très facile. Pour permettre à notre lecteur de se retrouver facilement au milieu de ce dédale, nous suivrons donc une méthode rationnelle et nous rangerons les différents systèmes qui se disputent la faveur de l'industrie en quatre grandes classes que nous examinerons successivement au cours de ce livre.

1<sup>re</sup> classe. Moteurs à gaz d'éclairage;

- 2<sup>e</sup> classe. Moteurs à air carburé;
- 3<sup>e</sup> classe. Moteurs à pétrole lampant;
- 4<sup>e</sup> classe. Moteur à gaz pauvres.

Pour différencier d'après leur mode de fonctionnement les divers moteurs actuels, quelle que soit la nature du fluide les alimentant, M. Witz les range en quatre types qui sont :

- I<sup>er</sup> type Moteurs à explosion avec compression;
- II<sup>e</sup> — Moteurs à explosion avec compression;
- III<sup>e</sup> — Moteurs à combustion avec compression;
- IV<sup>e</sup> — Moteurs atmosphériques et mixtes.

Le moteur créé par M. Lenoir en 1860 représente le premier type: pendant la moitié de sa course, le piston aspire un mélange d'air et de gaz, puis la communication du cylindre avec l'atmosphère est interrompue et l'explosion qui se produit chasse le piston à bout de course; pendant son retour à sa première position, le tuyau d'échappement est ouvert et le piston refoule alors les résidus gazeux de l'opération.

Avant d'enflammer le mélange aspiré sous la pression atmosphérique, on peut le comprimer d'abord, soit dans un réservoir spécial, soit dans un prolongement du cylindre, appelé *chambre de compression*. Ce procédé caractérise les moteurs du second type. On peut encore faire brûler graduellement ce mélange sous une pression constante au lieu de le faire détonner brusquement. C'est ainsi qu'ont opéré Simon et Brayton et cette combustion progressive, avec ou sans compression préalable, forme le troisième type. Enfin, dans le quatrième type, l'explosion ne sert qu'à obtenir le vide dans le cylindre sous le piston; ce n'est que dans sa course descendante sous l'influence de la pression atmosphérique que l'action motrice se produit et que l'échappement s'effectue. Ce procédé est complètement abandonné, et on l'a remplacé par un moyen mixte qui consiste à profiter de la course ascendante du piston sous le choc de l'explosion pour produire une action motrice. On a ainsi un moteur à double effet, dont le système Bisschop est le représentant-type.

Le tableau, page 343, que nous empruntons encore à l'ouvrage si complet de M. Witz (1), montre clairement la suite des opérations qui se succèdent sous le piston des divers types: il est dressé par colonnes parallèles de manière à présenter synoptiquement aux yeux du lecteur les transformations subies par le gaz, avant et après sa combustion.

Il est nécessaire de subdiviser à leur tour en trois catégories les moteurs du second type, suivant que leur cycle s'accomplit en deux, quatre ou six temps. Théoriquement, cette distinction n'aurait pas raison d'être, car l'emploi d'un cylindre spécial pour la compression ne change en rien le cycle, mais la classification y gagne en clarté, et c'est ainsi que nous procéderons.

(1) *Traité théorique et pratique des moteurs à gaz*, par Aimé Witz (4<sup>e</sup> édition). Cet ouvrage, que nous avons pris comme modèle pour la rédaction du présent chapitre est le plus important, le plus complet et certainement les meilleur qui ait été publié sur le sujet. Paris, E. Bernard, éditeur.

I <sup>er</sup> TYPE Sans compression.	II <sup>e</sup> TYPE Avec compression.	III <sup>e</sup> TYPE Combustion et compression.	IV <sup>e</sup> TYPE Atmosphérique.
1 <sup>o</sup> Aspiration du mélange sous la pression atmosphérique.	1 <sup>o</sup> Aspiration du mélange sous la pression atmosphérique.	1 <sup>o</sup> Aspiration du mélange sous la pression atmosphérique.	1 <sup>o</sup> Aspiration du mélange sous la pression atmosphérique.
	2 <sup>o</sup> Compression du mélange d'air et gaz.	2 <sup>o</sup> Compression du mélange.	
2 <sup>o</sup> Explosion à volume constant. Action motrice.	3 <sup>o</sup> Explosion à volume constant. Action motrice.	3 <sup>o</sup> Combustion à pression constante. Action motrice.	2 <sup>o</sup> Explosion à volume constant en course libre.
3 <sup>o</sup> Détente.	4 <sup>o</sup> Détente.	4 <sup>o</sup> Détente.	3 <sup>o</sup> Détente.
			4 <sup>o</sup> Refoulement du piston par la pression atmosphérique. Action motrice.
4 <sup>o</sup> Refoulement et échappement des produits de la combustion.	5 <sup>o</sup> Refoulement et échappement des produits de la combustion.	5 <sup>o</sup> Refoulement et échappement des produits de la combustion.	5 <sup>o</sup> Refoulement et échappement des produits de la combustion.
I <sup>er</sup> TYPE à Explosion sans compression.	II <sup>e</sup> TYPE à Explosion avec compression	III <sup>e</sup> TYPE à combustion avec compression	IV <sup>e</sup> TYPE Atmosphériques.
Lenoir Kinder et Kinsey. Hugon. Ravel. Turner. Bénier. Parker. Hutchinson. Forest. Baker. Economic motor. Crown. Laviornéey. Lentz.	1 <sup>o</sup> A deux temps. Dugald-Clerk. Kœrting-Lieckfeld. Wittig et Hess. Andrews (Stockport). Benz. Ravel. Baldwin. Taylor (Midland). Campbell. Bénier.  2 <sup>o</sup> A quatre temps. Otto. Letombe. Crossley. Noël. Martini. Berlin. Sombart. Mora. Kœrting. C <sup>ie</sup> du Gaz. Niel. Lenoir. Charon. Delahaye. Dolizy. Cuiinat. Roger. Tangye. Grouan. Duplex. Lalbin. Kientzy. Fielding. Tenting. Andrews. Berlin. Maxim. Ludbridge. Ragot.	Brayton (Ready motor). Hock. Simon et fils. Livesay. Crowe. Gardie. Vermand. Diésel.	Otto et Langen. Bischopp. Gilles. Hallevell. Robson. François.
<b>MOTEURS</b>			
		à air carburé	à pétrole lampant.
Moteurs du II <sup>e</sup> type à six temps.  Griffin. Rollason. Knight.		De Dion-Bouton. L'Aster. Huchet. Daimler. Panhard-Levassor. Mors. Soncina.	Brayton. Priestman. Otto Niel. Crossley. Brouhot. Capitaine. Grob. Hornsby-Akroyd. Le Gnome. Merlin. Campbell. Sapy.

Le tableau, page 343, qui réunit tous les systèmes de moteur connus et construits permettra de se reconnaître au milieu de tous les modèles créés jusqu'à présent.

Nous avons fait rentrer dans ce tableau les moteurs alimentés non par le gaz d'éclairage courant mais par l'air carburé par son passage à travers des essences de densité de 650 à 700, et ceux alimentés au pétrole ordinaire, de densité de 0,800 gazéifié par un appareil spécial. On trouvera peut-être notre relevé incomplet, car plus de 250 moteurs à explosion ont été combinés ou brevetés depuis trente-cinq ans, mais nous nous sommes bornés à mentionner les types qui ont fait leurs preuves et conquis le droit de cité par une longue application. Il existe enfin quelques systèmes hybrides qui échappent à la nomenclature, tels que les moteurs Schweizer et Siemens par exemple. Dans le premier, la puissance explosive du gaz est employée à comprimer un volume d'air considérable, que l'on utilise ensuite pour actionner une machine à air comprimé; dans le second, le gaz chauffe une certaine masse d'air qui alimente un moteur à air chaud. Nous ne nous occuperons pas ici de ces appareils, le présent chapitre étant spécialement consacré à l'étude des mécanismes des moteurs à gaz, et nous ne les citons que pour mémoire.

Abordons maintenant l'examen des principaux systèmes de moteurs à gaz, dont la pratique a sanctionné l'emploi, et qui ont démontré leur valeur à la suite d'un usage prolongé.

---

## DESCRIPTION DES MOTEURS A GAZ ACTUELS

*Premier moteur Lenoir.* — Ce moteur (fig. 1) présentait l'aspect d'une machine à vapeur horizontale, à double effet et à bielle articulée. Ce dispositif avait, à cette époque, toutes les préférences des constructeurs et l'on conçoit qu'il peut être appliqué sans grandes modifications à la marche avec des gaz tonnants au lieu de vapeur. Les chapelles où arrive le gaz sont cylindriques; les tiroirs de distribution sont plats et conduits par deux excentriques; l'allumage est effectué par une étincelle électrique, provenant d'une bobine de Ruhmkorff, et qui jaillit au sein du mélange lorsque le piston est parvenu à mi-course. La fin de la course avant est motrice, et l'échappement a lieu pendant la course arrière, alors que c'est l'autre face du piston qui travaille. Une circulation d'eau rafraîchit les parois et empêche toute élévation anormale de la température.

Ce dispositif de la marche à double effet, qui empêchait d'utiliser la compression préalable, a été abandonné depuis par tous les constructeurs, car la régularité du fonctionne-

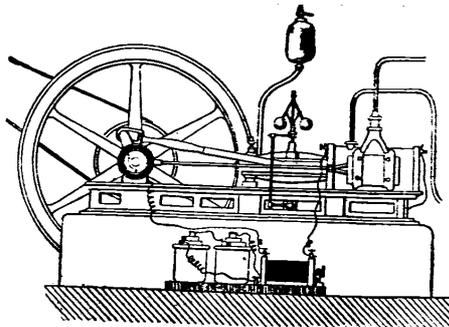


Fig. 1. — Premier moteur à gaz de Lenoir (1859).

ment n'est obtenue qu'aux dépens de l'économie, et en agissant successivement sur les deux faces du piston, on est obligé de brûler une quantité de gaz hors de proportion avec l'énergie développée:

*Moteur de Bisschop.* — Ce moteur (fig. 2), basé sur un principe mixte, utilise la détente des gaz produite par l'explosion pour provoquer la course *avant* du piston; dans la course arrière, c'est l'atmosphère qui agit par sa pression, comme dans le *moteur atmosphérique* d'Otto et Langen, dont nous avons parlé un peu plus haut. Le modèle Bisschop, très bien compris et construit avec beaucoup de soin, a remporté un très grand succès à son heure, mais il a à peu près complètement disparu maintenant. Le moteur Bisschop présentait la disposition verticale; le cylindre était pourvu d'ailettes refroidissantes, et un coulisseau le surmontait dans le but de guider la bielle attaquant la manivelle motrice. Il était construit surtout pour les petites forces, de 3 à 60 kilogrammètres, et, bien que sa consommation de gaz fût un peu élevée, il n'en était pas moins avantageux quand il ne s'agissait que de la fourniture de  $\frac{1}{3}$  ou  $\frac{1}{4}$  de cheval-vapeur. Pour une dépense de moins d'un franc,

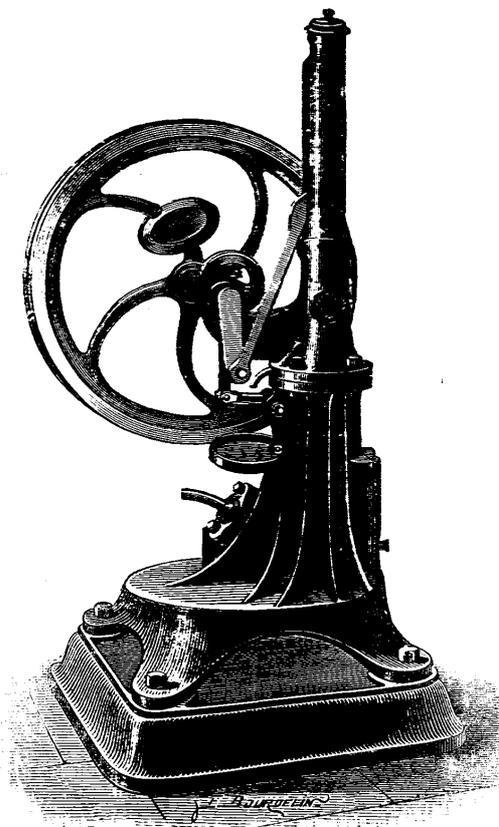


Fig. 2. — Moteur de Bisschop.

il fournissait le travail d'un manoeuvre pendant dix heures, aussi, est-ce en raison des services qu'il était susceptible de rendre à la petite industrie que la Société d'Encouragement à accordé en 1880 à l'inventeur un prix de 1.000 francs pour le meilleur petit moteur applicable aux ateliers de famille.

*Moteur François.* — Ce dispositif, qui a complètement disparu de la circulation, était une complication, sinon un perfectionnement, du moteur précédent. L'arbre de couche était en dehors de l'axe du cylindre, l'attaque de la manivelle par la bielle directe était même double, car il existait deux manivelles et deux volants, disposés symétriquement des deux côtés de l'axe, et leur mouvement était rendu solidaire par des roues dentées. C'était là bien des complications pour un résultat en somme médiocre, car il ne paraît pas que le moteur François ait réussi à supplanter le système Bisschop, bien que sa consommation fût légèrement inférieure et que sa régularité de marche fût parfaite.

*Moteur Laviornery.* — Dans cette machine, le piston est relié directement à la manivelle motrice par une bielle: le dispositif est à pilon, le cylindre était placé verticalement au-dessus de l'arbre de couche. Un régulateur modère la vitesse en agissant sur un robinet placé sur la conduite d'alimentation du gaz, et en opérant par étranglement, ce qui peut être accepté pour les moteurs du premier type, de très petite force. M. Laviornery a d'ailleurs perfectionné ce système et établi un moteur horizontal, à deux temps, beaucoup plus économique

*Moteur Bénier.* — Ce type, le premier créé par les inventeurs du moteur-gazogène que nous examinerons plus loin, est d'une extrême simplicité. La manivelle est attaquée par

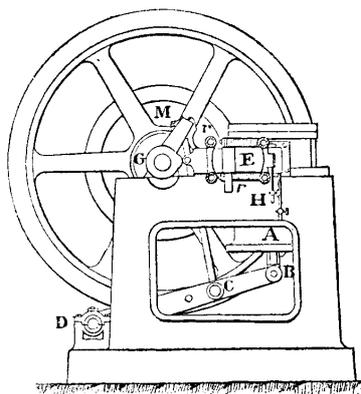


Fig. 3. — Moteur Bénier.

la bielle en retour d'un balancier: l'admission et l'allumage se font par un tiroir unique mû par une came, et des ressorts de rappel maintiennent le tiroir au contact de cette came. Le piston, disposé verticalement pour jouer de haut en bas, aspire l'air et le gaz jusqu'à moitié course, puis le tiroir amène une flamme dans l'axe de la lumière d'admission et l'explosion a lieu; un bec veilleur rallume cette flamme à chaque coup. La décharge s'opère par une soupape d'échappement commandée par une came spéciale. Une circulation d'eau empêche l'échauffement exagéré du cylindre, et la consommation ne dépasse pas 1.400 litres par cheval et par

heure. Ce système a obtenu une certaine vogue vers 1880, en raison de la simplicité de ses organes et de son prix relativement modeste (fig. 3).

*Moteur Forest.* — Ce moteur est également sans compression et à simple effet; c'est donc encore un appareil pour la petite industrie, et qui a eu de très nombreuses applications (fig. 4). Dans ce système, la transformation du mouvement rectiligne alternatif en un mouvement circulaire continu s'opère par un balancier d'Olivier Evans menant une bielle de retour qui côtoie le cylindre et vient attaquer la manivelle motrice. L'allumage est

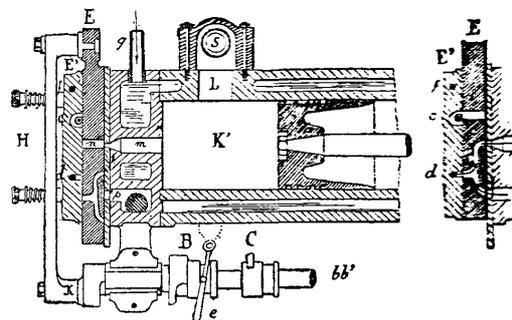
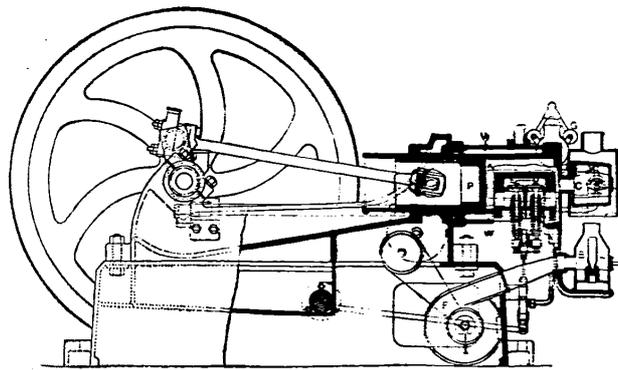


Fig. 4. — Moteur Forest.

effectué par un brûleur qui se rallume à chaque coup à un bec veilleur, et le refroidissement est assuré, non par une circulation d'eau, mais par une nervure hélicoïdale, très mince et de grande surface, venue de fonte avec le cylindre et présentant un contact très étendu avec l'air ambiant. La consommation de gaz ne dépasse pas 200 litres de gaz pour le type de 4 kilogrammètres et 1.400 pour celui d'un cheval, ce qui constitue un résultat assez satisfaisant pour un appareil de ce genre.

*Economic Motor.* — Ce modèle est d'origine américaine et construit à New-York depuis 1883. C'est encore un petit moteur sans compression, dont la force ne saurait dépasser un demi-cheval, et qui présente une disposition ingénieuse quoique plus compliquée que

celle des moteurs précédents. La commande de la manivelle se fait par un balancier et une bielle verticale, le cylindre est pourvu d'ailettes refroidissantes, la régularisation du mouvement

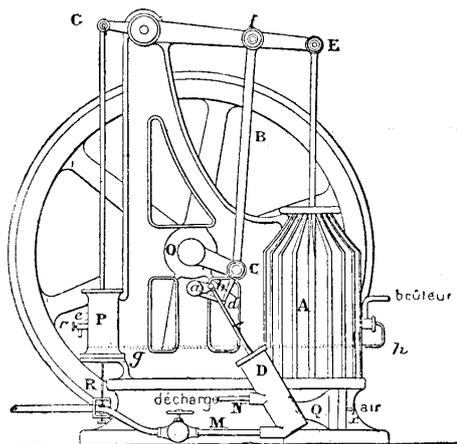


Fig. 5. — Economic Moteur.

est obtenue grâce à l'étranglement du tuyau d'amenée du gaz par le jeu d'un régulateur à boules. Ce mécanisme a donné, paraît-il, de bons résultats.

*Moteur Lentz.* — Il est difficile de simplifier davantage le moteur à gaz que ne l'a fait Lentz. L'alimentation se fait automatiquement par aspiration du mélange d'air et de gaz à travers une soupape libre, et l'allumage est effectué par l'appel d'une flamme dans le conduit même donnant passage au mélange. L'explosion ferme les soupapes, et, au retour du piston, un levier commandé par une came ouvre la décharge, qui est placée à la partie inférieure du cylindre. Il n'y a pas de circulation d'eau, mais le cylindre est composé de deux tronçons réunis par une garniture de joint, mauvaise conductrice de la chaleur. Pour amortir le choc de l'explosion sur la manivelle, la tête de bielle est munie d'un coulisseau et le bouton est maintenu contre l'extrémité par un ressort à boudin: il en résulte une élasticité qui atténue la poussée du coup moteur.

*Moteur du II<sup>e</sup> type, 1<sup>re</sup> classe. — Cycle à deux temps. — Moteur Dugald-Clerk.* — L'idéal, pour les inventeurs de moteurs à gaz, consistait à pouvoir donner une impulsion motrice par tour de manivelle, et pour beaucoup la marche à quatre temps est incomplète et insuffisante. C'est ce qui explique pourquoi on a tant cherché à établir un bon moteur à deux temps, mais l'expérience, il faut le reconnaître, n'a pas donné raison aux amateurs de simplicité théorique, et malgré les efforts de savants du plus haut mérite, les machines à deux temps même les mieux construites et les mieux combinées n'ont soutenu qu'à grand peine la

lutte contre les moteurs à quatre temps, genre Otto, car elles ne sont pas plus économiques, et c'est là le grand point.

Le premier moteur à gaz à deux temps est celui de M. Dugald-Clerk, qui parut en 1881. Il est extrêmement simple, en comporte aucun engrenage, marche régulièrement et sans bruit (fig. 6).

Il comporte deux cylindres d'égal diamètre, placés côte à côte et en porte-à-faux

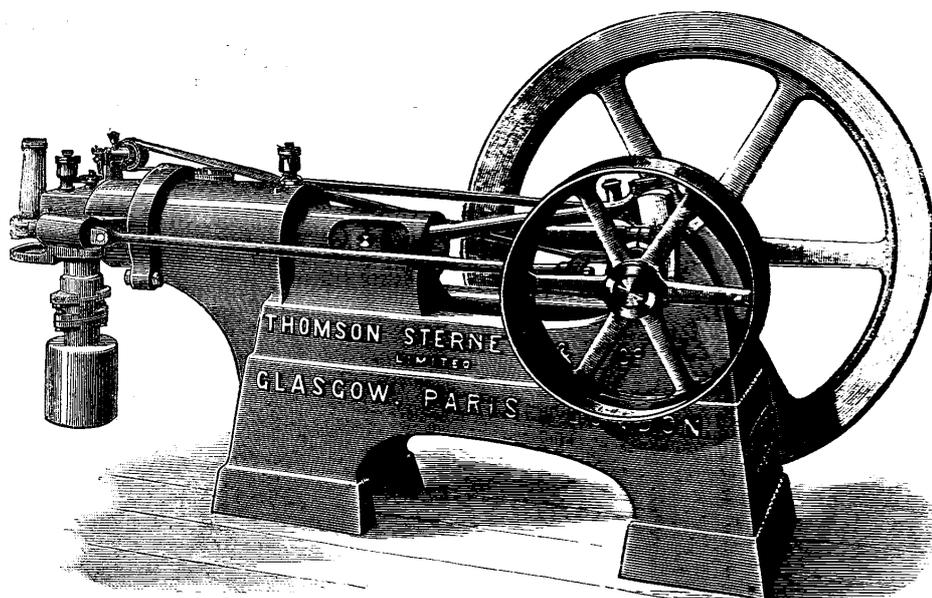


Fig. 6. — Moteur Dugald Clerk.

d'un bâti en fonte. Le premier, à simple effet est moteur; l'autre est le compresseur du mélange explosif, compression qui s'effectue dans le cylindre moteur dans les types à quatre temps. Ce compresseur a encore une autre utilité; il emmagasine, à la suite du mélange explosif, une certaine quantité d'air pur qui sert à balayer dans le cylindre moteur les résidus de l'explosion précédente.

Grâce à l'adjonction de ce second cylindre, on peut gagner deux temps sur le cycle de Beau de Rochas et avoir une action motrice à chaque révolution complète de l'arbre de couche. La combustion du mélange s'effectuant à volume constant est plus complète, et plus instantanée, mais la détente est plus considérable; malgré cela le rendement est élevé. Ajoutons que l'allumage est produit par un transport de flamme, du brûleur à la chambre de combustion, par l'intermédiaire d'un tiroir. Le refroidissement est opéré par un courant d'eau circulaire autour du cylindre; et un dispositif permet de rendre la machine compound. Le déplaceur (ou compresseur) fonctionne alors à double effet, et les gaz brûlés dans le cylindre de travail

viennent se détendre sur la face avant de son piston; ils sont expulsés ensuite, comme à l'ordinaire, par ce piston.

Malgré tout son mérite, ce moteur n'a pu soutenir la concurrence du type Otto, sa consommation ayant toujours été plus élevée, par cheval-heure effectif, et il est à peu près abandonné.

*Moteur Stockport d'Andrews.* — L'agencement de ce moteur, d'origine anglaise, est assez ingénieux. Le cylindre de compression est disposé en face du cylindre moteur sur le prolongement du même axe; un manchon rend les pistons solidaires. Le piston moteur attaque la manivelle et conduit le piston de compression. Chaque cylindre a son tiroir: un mélangeur alimente le compresseur d'une quantité d'air et de gaz limitée par un régulateur; ce mélange est ensuite refoulé dans le cylindre moteur à travers un tiroir qui assure en même temps l'allumage. L'échappement se fait par une soupape spéciale.

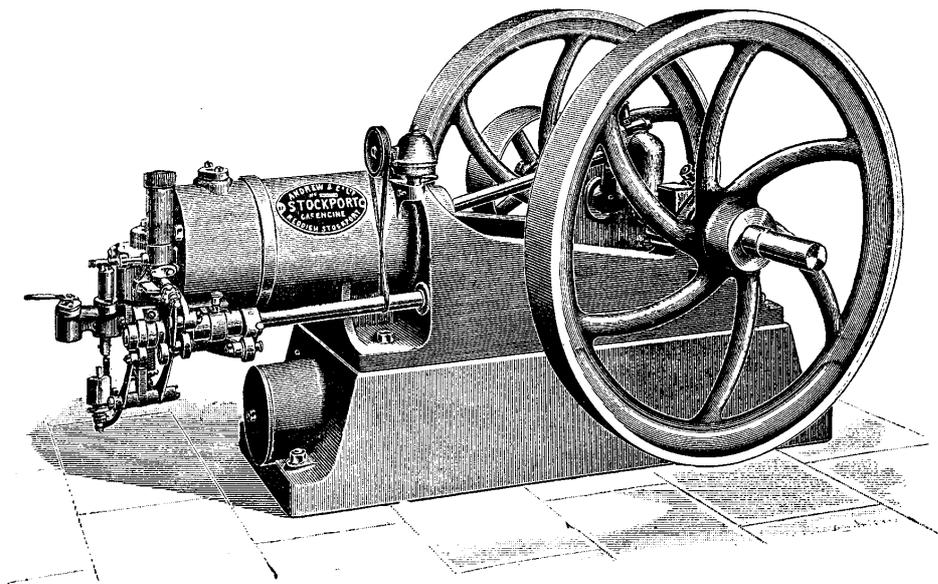


Fig. 7. — Moteur Stockport

Le cylindre auxiliaire aspire le mélange pendant un demi-tour de manivelle, et opère la compression dans le demi-tour suivant, puis les gaz sont admis au cylindre de travail où ils subissent encore une légère compression avant de détoner. Un échappement anticipé donne issue aux gaz brûlés avant que le piston soit arrivé à fond de course. Le rendement de ce système a été médiocre et son constructeur l'a abandonné pour établir un modèle à quatre temps que nous décrirons plus loin.

*Moteur Benz.* — Dans ce moteur l'inventeur s'est proposé d'effectuer une évacua-

tion complète des gaz de la combustion, dès la demi-course rétrograde du piston; à cet effet, il injecte dans le cylindre un certain volume d'air forcé, qui expulse les gaz brûlés et s'y

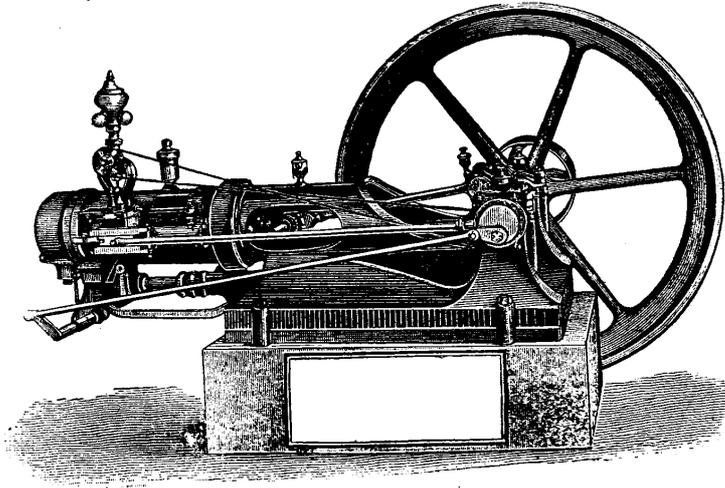


Fig. 8. — Moteur Benz.

substitue derrière le piston, puis une petite pompe auxiliaire introduit la charge de gaz avant le commencement de la compression, qui a lieu ainsi dans le cylindre moteur. L'allumage du

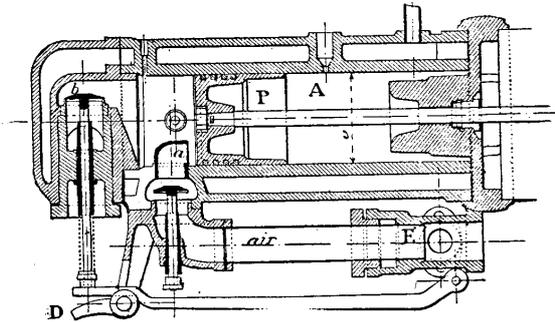


Fig. 9. Coupe verticale du cylindre Benz.

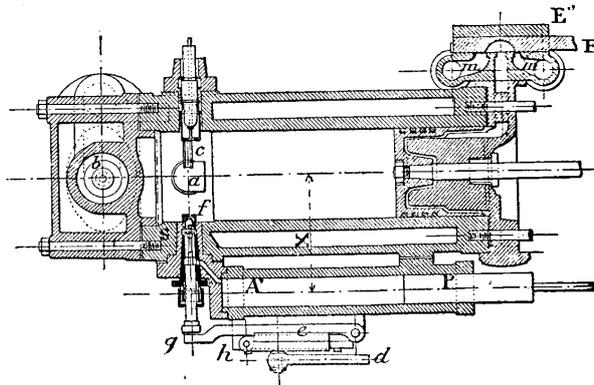


Fig. 10. — Coupe horizontale du cylindre Benz.

mélange est fait à l'aide du courant d'une petite machine magnéto-électrique actionnée par le moteur lui-même; l'étincelle jaillit entre les pointes d'une pièce appelée *fusée* noyée dans le mélange combustible.

Le réservoir d'air comprimé est alimenté à une pression constante par le cylindre moteur lui-même, qui joue le rôle de pompe aspirante et foulante par l'effet d'un tiroir disposé en conséquence. Cette manière de procéder permet d'utiliser les deux faces du piston, et l'air qui vient refroidir la paroi intérieure du cylindre facilite la lubrification des surfaces flottantes. Extérieurement, le cylindre est d'ailleurs refroidi, suivant la méthode ordinaire, par un courant d'eau. 40 litres suffisent per cheval-heure pour maintenir une température de 75 degrés.

Tel est ce remarquable moteur Benz, qui fonctionne également bien à la gazoline ou au gaz de ville et qui a rapidement conquis la faveur des industriels de tous pays. Il est construit en France, par M. Roger, qui l'a appliqué à la conduite des pompes, des dynamos, etc., en raison de sa vitesse extrêmement régulière, et enfin, aux voitures automobiles et aux bateaux chaque fois avec un grand succès, d'ailleurs mérité à tous points du vue.

*Moteur Baldwin.* — Ce moteur est à double effet, comme celui de Benz. Par sa face antérieure le piston est compresseur, tandis qu'il est moteur par sa face arrière. Le bâti forme un réservoir intermédiaire entre les deux parties du cylindre dans lequel se trouve emmagasiné le gaz tonnant. Cette disposition n'est pas sans danger.

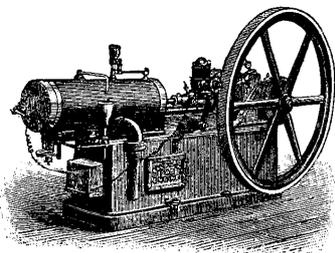


Fig. 11. — Moteur Baldwin.

Le moteur comporte trois soupapes, dont une, celle d'admission est commandée par le régulateur. Le travail se trouve ainsi proportionné aux résistances à vaincre, et la marche est assez régulière pour que ce modèle puisse être appliqué à la conduite des dynamos pour l'éclairage. L'allumage est électrique, et le courant est

emprunté à une dérivation de la canalisation d'électricité; l'étincelle est réglée par un contact. Ce système est construit à New-York, par MM. Otis Bros.

*Moteurs de Ravel.* — Le premier moteur de M. Ravel était exposé au Champ de Mars en 1878. Ce système, dit à *centre de gravité variable*, se composait d'un cylindre oscillant dans lequel la force explosive était employée à élever un piston pesant. Cette masse ayant atteint la partie supérieure du cylindre, agit alors à son extrémité comme un bras de levier, et le fait basculer autour de ses tourillons de support. Sous cet effort périodique, l'arbre de couche, qui forme le prolongement des tourillons, prend un mouvement de rotation continu.

Ce système, qui donnait le cheval-heure pour une dépense de 500 à 600 litres de

gaz avait le grave défaut d'être insuffisamment étudié au point de vue du mécanisme, et il s'arrêtait souvent en pleine marche. M. Ravel abandonna donc cette idée, et il fit connaître,

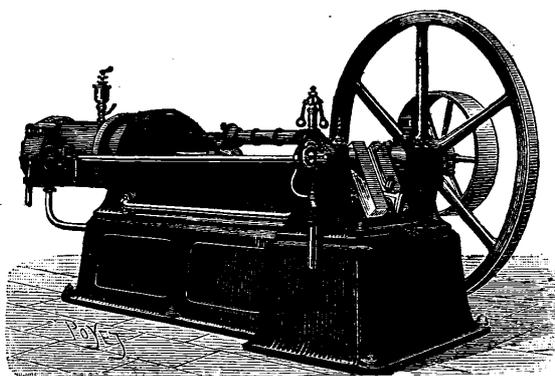


Fig. 12. — Moteur Ravel.

en 1885, un autre dispositif, basé sur le cycle à deux temps de Clerk. Ce nouveau moteur ne comportait qu'un seul cylindre, dont la partie antérieure servait de pompe de compres-

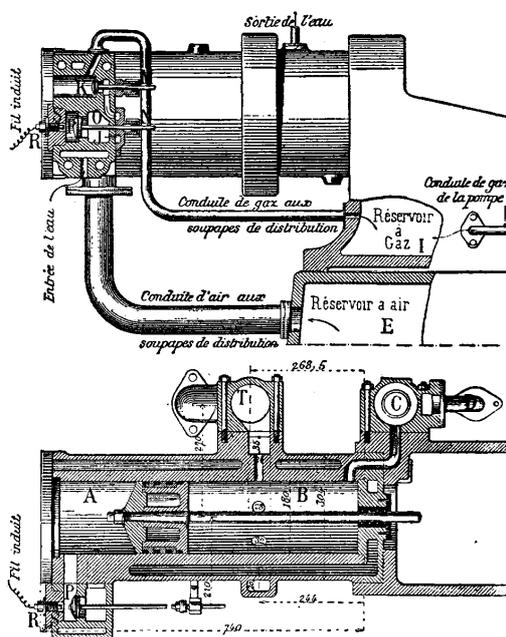


Fig. 13. — Cylindre du moteur Ravel.

sion d'air pendant la marche arrière du piston, tandis que l'explosion du mélange tonnant se produisait dans la partie postérieure. Consommant encore un peu plus de gaz qu'un moteur Otto, ce modèle présente cependant l'avantage d'une très grande régularité; mais cette qua-

lité, pas plus que l'originalité de la combinaison mécanique n'a permis au moteur Ravel de triompher.

*Moteur Midland, de Taylor.* — Cette machine, construite à Nottingham, affecte la disposition horizontale et se compose de deux cylindres égaux, dont l'un comprime le mélange tonnant et le refoule dans l'autre, qui est seul moteur: les pistons attaquent directe-

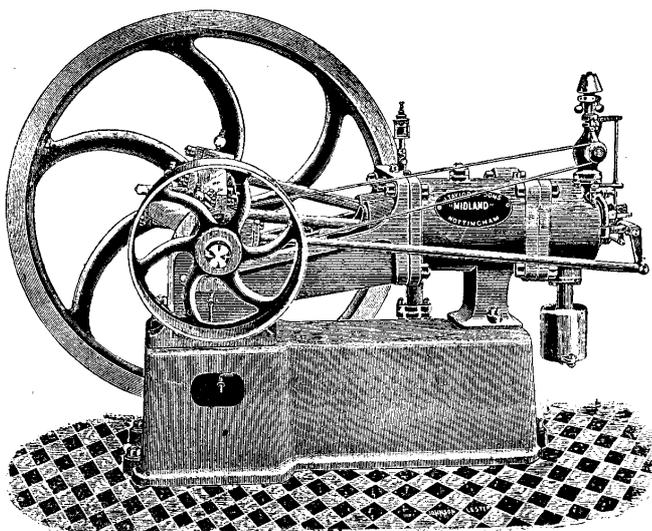


Fig. 14. — Moteur Midland-Taylor.

ment les deux manivelles, qui se trouvent calées à  $65^{\circ}$  l'une de l'autre, le fonctionnement s'opère donc, par suite, à deux temps. Les mêmes constructeurs ont établi un modèle de leur moteur, dont la consommation ne dépasse pas 600 litres de gaz à l'heure, si l'on en croit le prospectus. On peut rencontrer en France quelques échantillons de ce système (fig. 14).

*Moteur Campbell.* — Le mécanisme de ce moteur se rapproche considérablement de celui du moteur Dugald-Clerk. Il comporte deux cylindres accolés, dont le fonctionnement est absolument semblable, et il serait supérieur à son prédécesseur grâce à une meilleure utilisation du calorique, qui permet d'abaisser la consommation de gaz à 500 litres par cheval-heure, résultat que le promoteur du cycle à deux temps ne put jamais atteindre, et qu'il serait bon de voir confirmer par des expériences officielles. Quoiqu'il en soit, ce modèle procure une très grande régularité et il est à recommander, lorsqu'on veut activer des appareils demandant un mouvement absolument sans à-coups.

Il existe encore aujourd'hui divers systèmes de moteurs à deux pompes, tels que ceux de Connelly, de Day, de Ravel, dont on trouve l'étude détaillée dans l'important ou-

vrage de M. Witz, déjà cité (1). Mais le peu de place dont nous disposons nous oblige à passer sous silence ces appareils, qui n'ont eu d'ailleurs qu'un succès très restreint. Quant

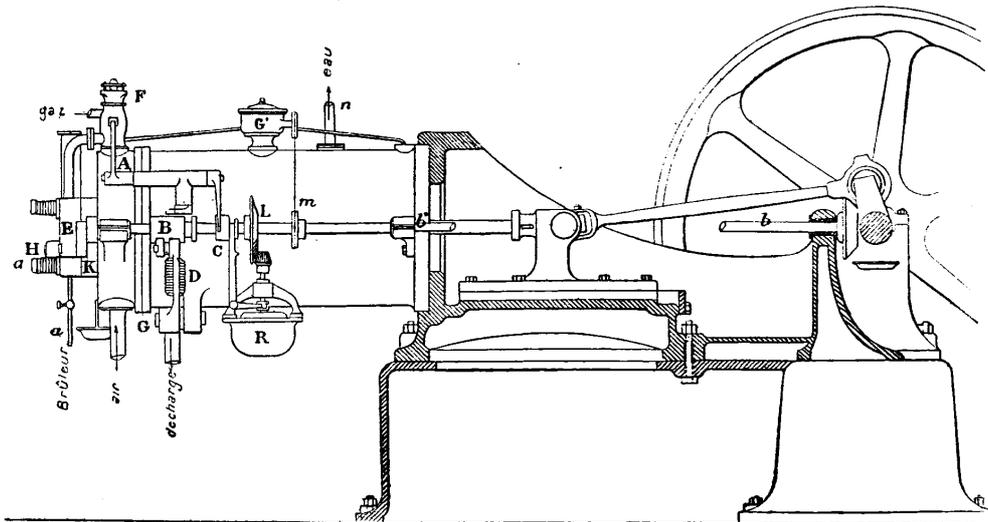


Fig. 15. — Moteur Otto à tiroir.

au moteur gazogène Bénier, qui fonctionne d'après le cycle en deux temps, et qui mérite d'être examiné avec attention, car il constitue une invention des plus intéressantes, nous en parle

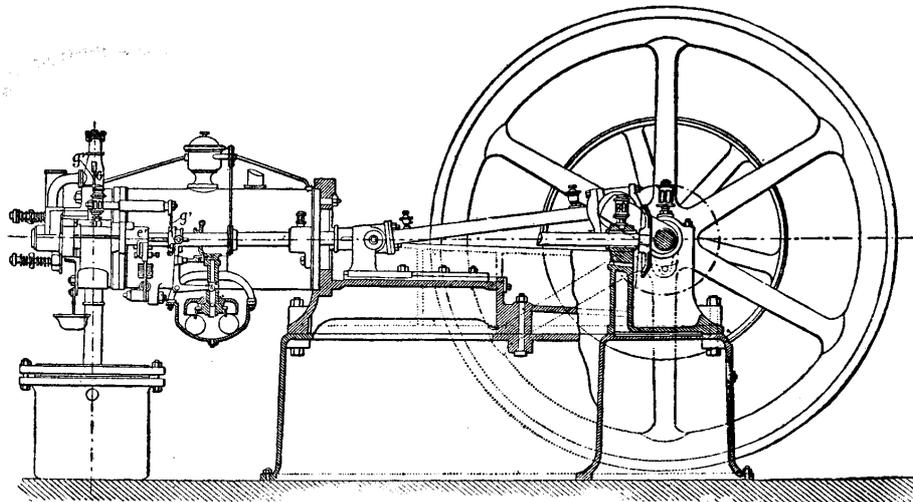


Fig. 16. — Moteur Otto à tiroir.

rons au paragraphe des *Moteurs à gaz pauvres*. Nous en arriverons donc maintenant aux moteurs à quatre temps, d'après le cycle de Beau de Rochas, lequel a été réalisé pour la première fois par le D<sup>r</sup> Otto en 1887.

(1) Tome II du *Traité théorique et pratique de Moteurs à gaz et à pétrole*, page 180 et suivantes.

*Moteurs à quatre temps. Moteur Otto.* — Ce système, qui est le plus célèbre de tous ceux basés sur le cycle à quatre temps, a été un moment le plus répandu, puis l'invention étant tombée dans le domaine public, la durée des brevets ayant expiré, il a été imité et copié, avec plus ou moins de perfection, par de nombreux mécaniciens. L'explication du fonctionnement du moteur Otto, que nous allons donner, nous évitera d'y revenir dans les descriptions des types analogues qui ont succédé à ce système célèbre.

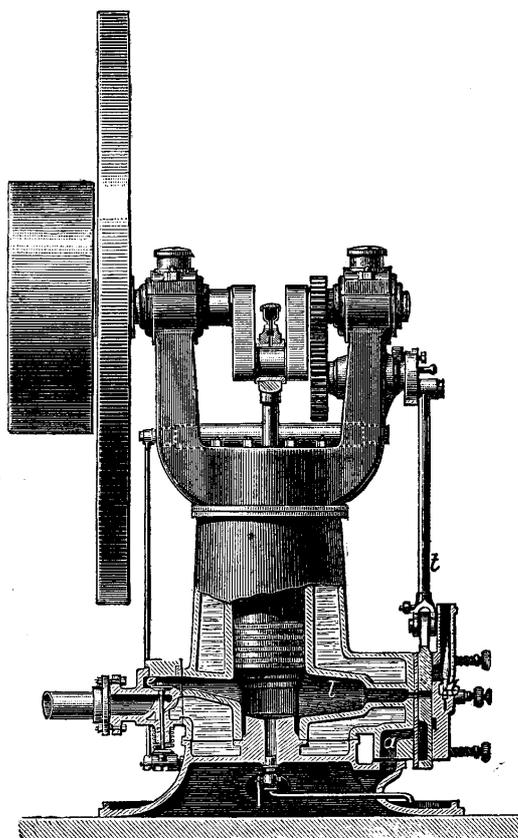


Fig. 17. — Machine Otto verticale.

Le cylindre moteur est prolongé à l'arrière de façon à constituer une chambre de compression, où s'accumulent le gaz et l'air atmosphérique aspirés pendant la première course avant du piston. Ce mélange se trouve comprimé dans cette cavité pendant le retour du piston, et c'est quand il est à son minimum de valeur, sous une pression de 3 ou 4 atmosphères, que le tiroir démasque la flamme d'un bec de gaz, qui met le feu aux gaz ainsi comprimés. L'explosion, qui élève la température du mélange à 1.500 degrés, pousse le piston avec une pression qui peut aller à 13 kilogrammes par centimètre carré et produit l'action motrice. En revenant en arrière, dans une quatrième course, correspondant au deuxième

tour de la manivelle motrice, le piston refoule les gaz, et les expulse à l'air libre avec une pression de 1 à 2 kilogrammes. L'échauffement du cylindre est évité par une circulation d'eau autour de cette partie dont la conservation est essentielle pour la durée de la machine.

L'inventeur de ce modèle a surtout porté ses efforts sur l'économie du gaz, et il y est parvenu en diluant le gaz et l'air aspirés, dans le résidu de la combustion précédente. L'aspiration étant réglée conséquence, le cylindre se trouvait rempli, avant la compression, d'un mélange très dilué, plus riche en gaz sous le piston, et pouvant brûler progressivement. Mais il a été démontré que la faible consommation horaire n'est nullement due à la stratification des couches d'air et de gaz superposées dans le cylindre, mais bien à une action de paroi.

Mécaniquement, on peut dire que le moteur Otto est un chef-d'œuvre de simplicité et d'ajustage, et qu'une machine à vapeur Corliss est certainement plus compliquée. L'admission

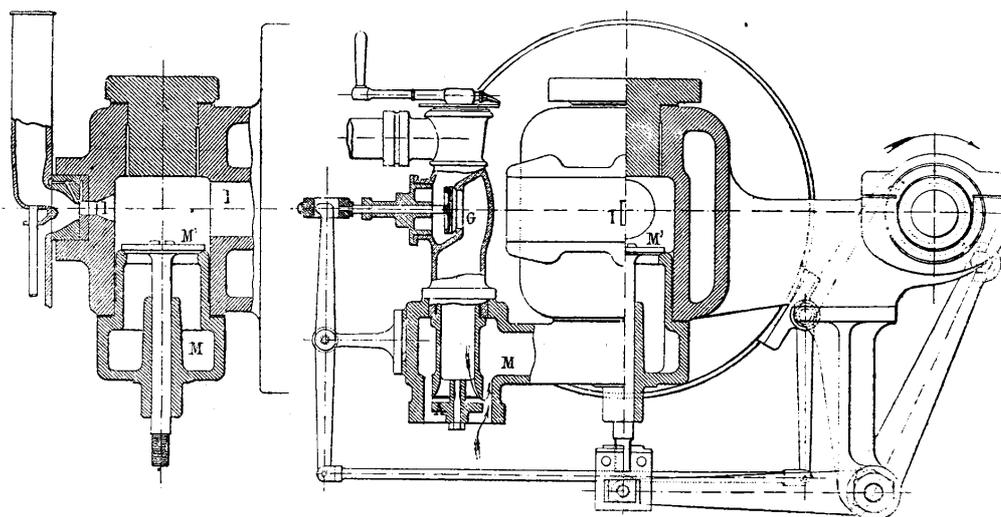


Fig. 18. — Premier moteur Otto à soupapes (1880).

et l'échappement sont mus par des cames, l'allumage est opéré par un transport de flamme sous pression, le régulateur à boules agit en supprimant l'admission, quand la vitesse dépasse la limite fixée, d'après le principe du *tout* ou *rien*, enfin la transmission s'effectue par une bielle articulée sur une crosse fixée à l'extrémité de la tige du piston. Le volant, très lourd pour faire l'effet d'accumulateur d'énergie, permet d'assurer une certaine régularité, bien qu'il n'y ait qu'une course motrice pour quatre. La consommation de gaz est de 800 litres par cheval.

Ajoutons qu'il existe différents modèles, suivant les applications: un type à deux cylindres à arbre unique ou à deux arbres, et un type à deux volants pour la commande

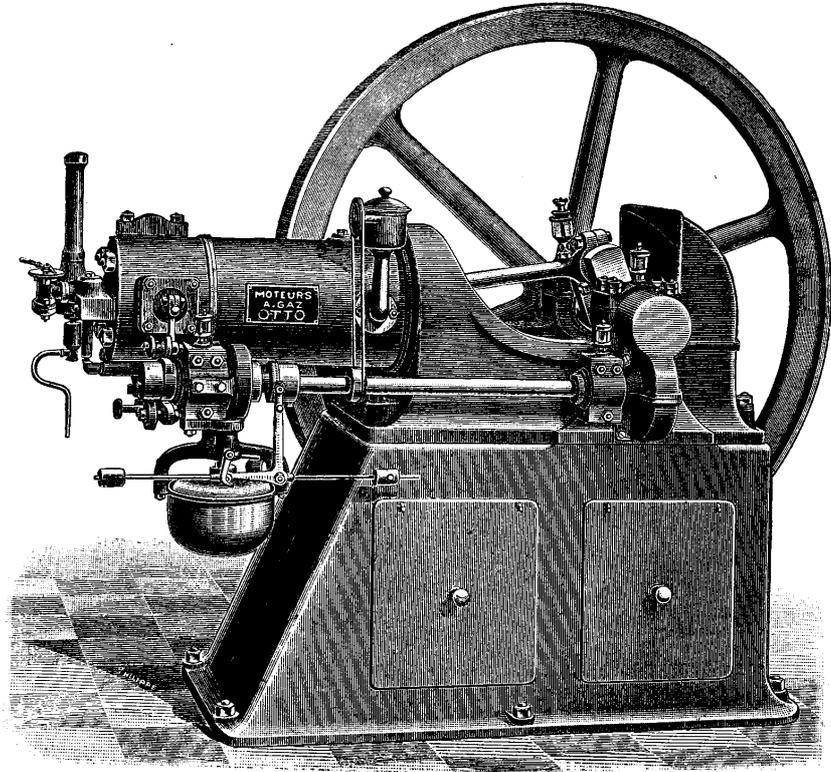


Fig. 19. — Moteur Otto à soupapes.

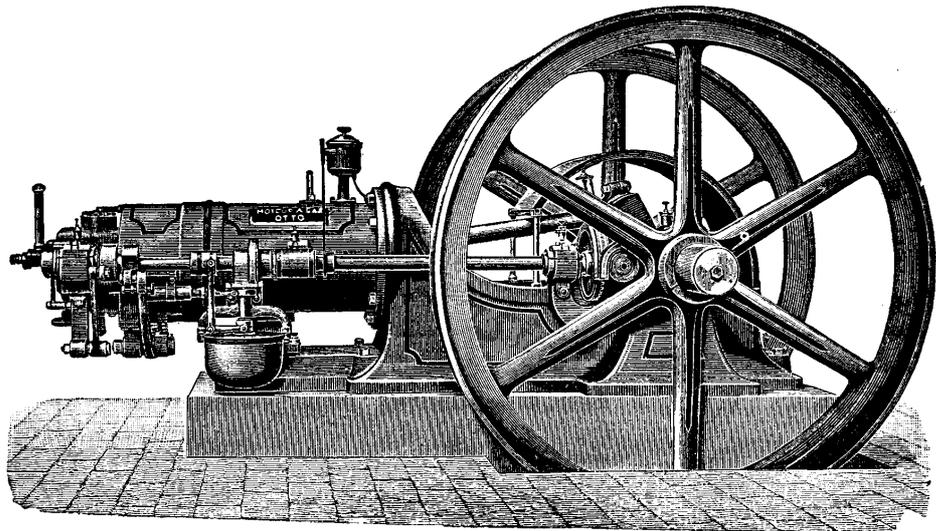


Fig. 20. — Moteur Otto à soupapes.

des dynamos. Otto a également combiné un moteur compound qui n'a donné aucun résultat et un moteur vertical, de prix plus réduit que le moteur horizontal, et très convenable pour les

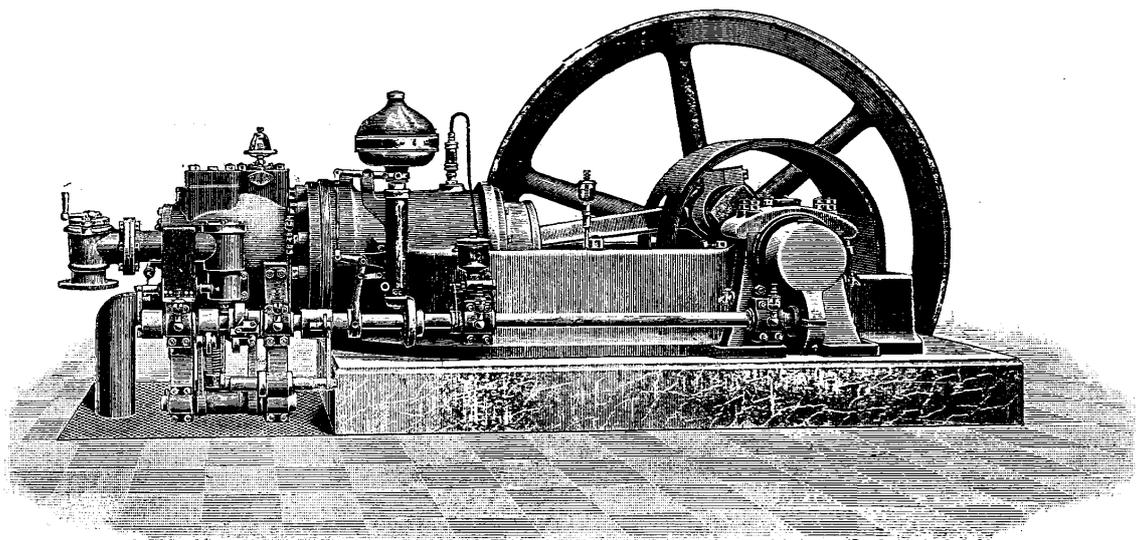


Fig. 21. — Moteur Otto à gaz pauvre.

pour les petits ateliers. Depuis la réussite des moteurs à air carburé, le créateur du moteur à quatre temps, a imaginé une disposition pour utiliser la gazoline au lieu du gaz de ville.

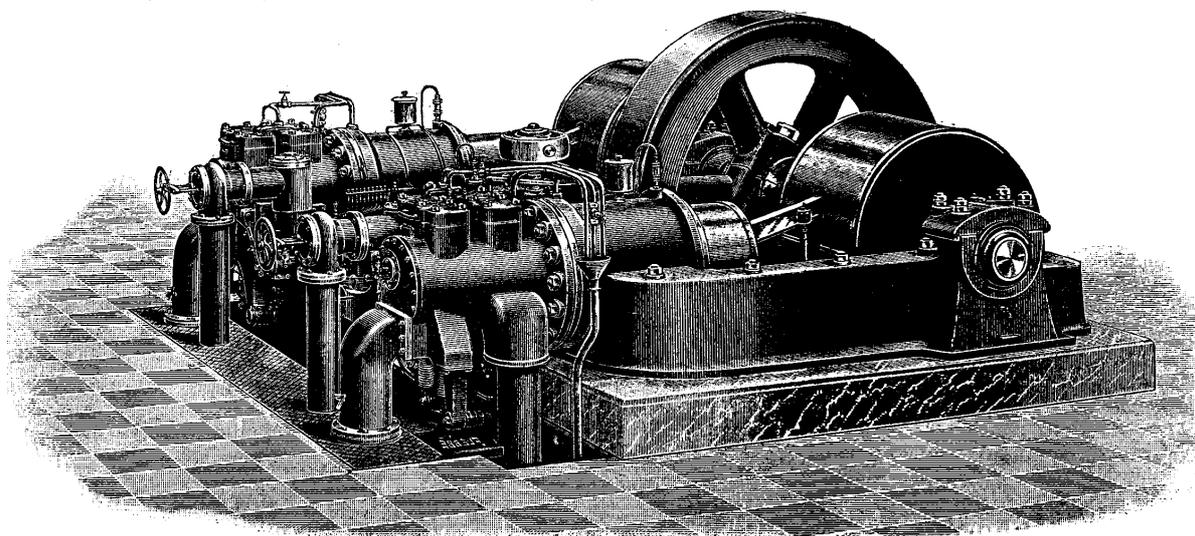


Fig. 22. — Moteur Otto de 500 chevaux à 2 cylindres.

Otto a eu le mérite d'ouvrir la voie et de réaliser le premier moteur à gaz réellement pratique; ses successeurs ont dû se borner à améliorer les détails de la construction, et il

faut reconnaître que plusieurs y sont parvenus, et, évitant les pertes de calorique en augmentant la détente des gaz, ils ont abaissé la consommation dans une forte proportion. Nous passerons en revue les systèmes les plus remarquables qui sont entrés dans l'usage depuis plus de vingt ans.

*Nouveau moteur Lenoir.* — Ce système a paru en 1883 et son inventeur y a apporté tous les perfectionnements dont une expérience de 25 ans lui a démontré l'utilité. Le

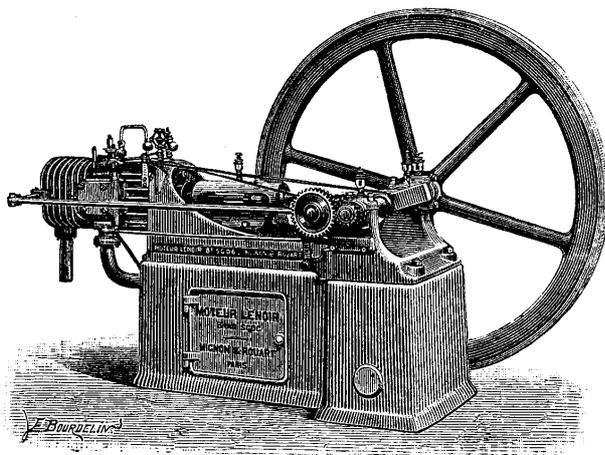


Fig. 23. — Moteur Lenoir.

cylindre placé en porte-à-faux à l'arrière du bâti est pourvu d'ailettes venues de fonte avec le cylindre, pour le refroidissement par l'air, la transmission se fait par bielle articulée, la tige du

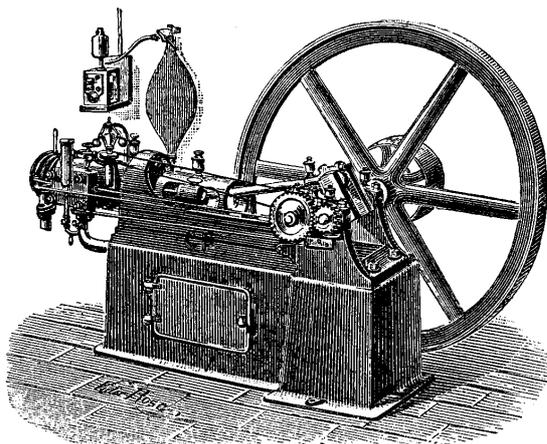


Fig. 24. — Deuxième moteur à gaz de M. Lenoir.

piston étant guidée par une coulisse cylindrique; l'allumage est obtenu par l'étincelle d'une bobine de Ruhmkorff actionnée par une pile; la consommation moyenne est de 800 litres de

gaz à l'heure. Il existe aussi un moteur à essence de pétrole et une locomobile à pétrole, du même système, et que nous étudierons plus loin. Le moteur Lenoir, construit d'abord par la maison Mignon et Rouart puis par la Compagnie parisienne du gaz, est très bien étudié et construit; aussi donne-t-il des résultats très satisfaisants (fig. 24).

*Moteur Kærting-Lieckfeld.* — Le premier moteur construit par cette maison vers 1877, était du genre Dugald-Clerk à deux temps. Ce modèle a été abandonné, et la maison J. Boulet (Brûlé et C<sup>ie</sup>) de Paris, a étudié un moteur à quatre temps qui réalise un ensemble de qualités et d'avantages incontestables. Dans ce type (fig. 25), tous les organes du mouve-

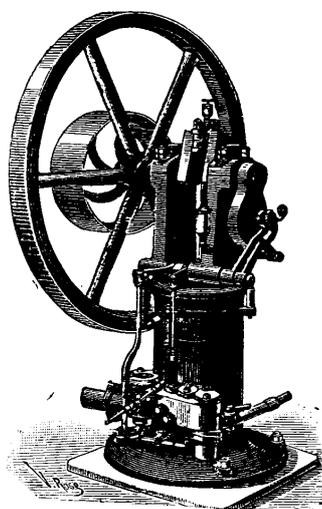


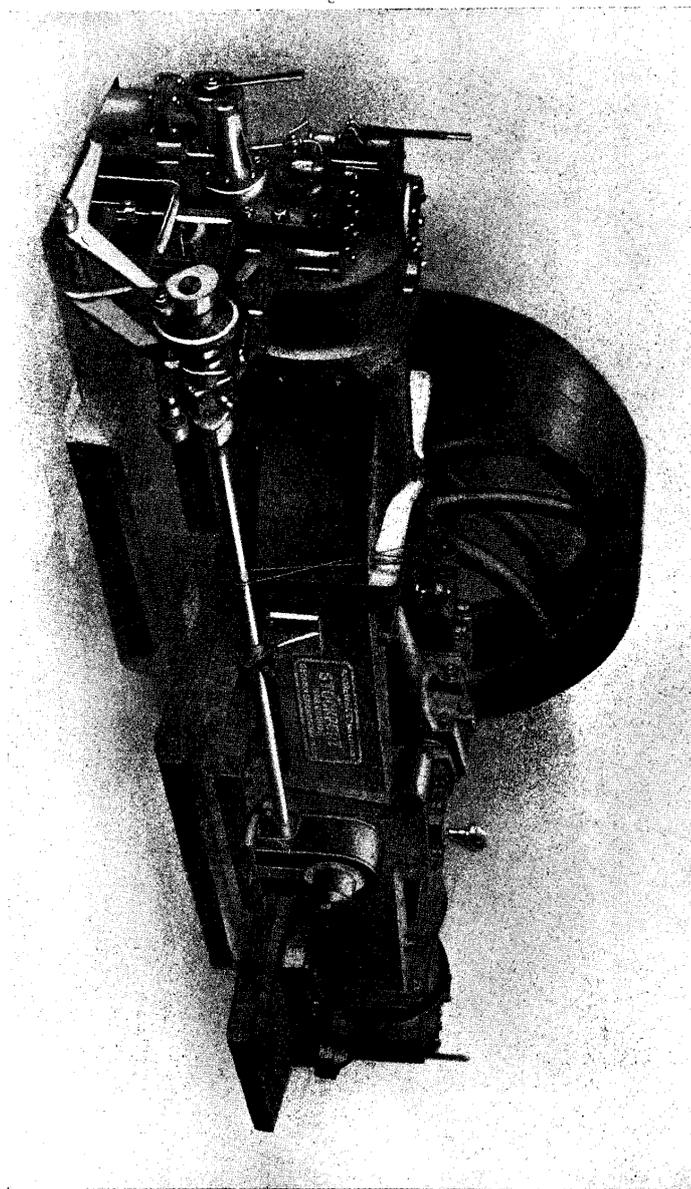
Fig. 25 — Moteur Kærting-Poulet.

ment sont groupés sur une colonne en fonte creuse, à la partie inférieure de laquelle se trouve le cylindre moteur. Les soupapes d'admission et d'échappement sont disposées à côté l'une de l'autre sur le devant; le régulateur à marche centrifuge, agit directement sur le levier des soupapes, enfin l'allumage s'effectue par une flamme, et sa disposition est assez simple pour n'exiger qu'un rodage des soupapes de temps à autre.

La consommation de gaz, par cheval et par heure, pour des moteurs de 8 chevaux au plus est d'environ 800 litres. L'arbre moteur est placé à la partie supérieure, et la transmission du mouvement aux tiges commandant les soupapes s'effectue par deux engrenages enfermés dans une boîte, et en système de cames. L'usure d'huile pour le graissage est insignifiante. Ce moteur se construit également suivant la disposition horizontale et possède encore là les brillantes qualités qui ont assuré son succès.

*Moteur Andrew (Le Triomphe).* — Ce moteur est pourvu d'un régulateur oscillant très simple; un poids monté sur un ressort est mû par un levier oscillant, et tant que la machine marche à sa vitesse de régime, le poids tient en position un levier réglant l'intro-

duction du gaz dans le cylindre. A toute variation d'allure au-dessus de la vitesse normale,



le poids prend une position différente et modifie l'inclinaison du levier pour fermer l'admission

du gaz. Par ce moyen, la consommation du gaz est constamment proportionnelle au travail développé.

L'allumage du mélange s'opère à l'aide d'un tube incandescent; il est muni d'une valve variable, assurant l'allumage au moment précis où la compression est terminée. Le démarrage en arrière est donc évité, et ce moteur est absolument *self starting*, grâce à cette soupape.

L'arbre possède deux volants qui, avec le régulateur assurent une grande régularité de marche. La consommation de gaz d'éclairage s'abaisse jusqu'à 580 litres par cheval-heure avec des unités de 100 chevaux.

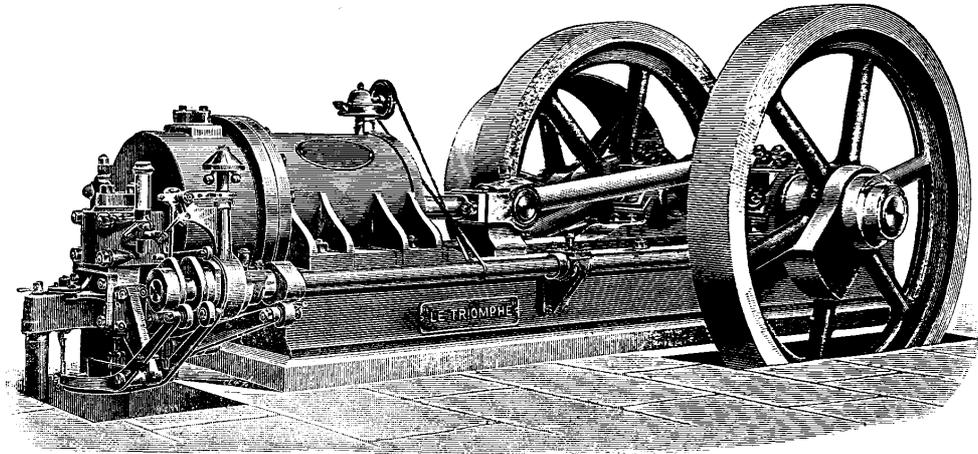


Fig. 27. — Moteur Stockport de 300 chevaux.

Ces derniers types sont pourvus, pour la mise en train, d'un dispositif *self-starter* qui dispense de tourner le volant à bras. Le moteur est arrêté avec la tête de bielle un peu au-dessus du centre, le piston étant au point correspondant de l'allumage; le gaz entre dans le cylindre par une petite valve tenue ouverte par un ressort antagoniste, et qui se referme dès que la pression supérieure pour l'explosion se produit. Le gaz arrivant sous pression chasse une portion de l'air contenu dans le cylindre. Cet air ne peut s'échapper que par une valve similaire rappelée par un ressort et fixée au sommet du tube incandescent. Au bout d'une minute, le gaz commence à suivre l'air par l'orifice au sommet du tube; aussitôt que sa quantité est suffisante pour former un mélange détonant, il s'allume dans le tube, qu'il traverse pour se rendre dans le cylindre y allumer la charge entière. Ainsi la détente pousse le piston et le moteur est mis en marche automatiquement aussitôt le mélange combustible produit.

Le moteur Andrew, connu en France sous le nom de *Triomphe* marche aussi au gaz pauvre produit à l'aide de gazogènes Dowson. La consommation de combustible mesurée s'est trouvée être de 600 à 800 grammes d'antracite par cheval-heure. A une station cen-

trale d'électricité, on a produit le kilowatt-heure à 10 centimes, graissage et chiffons compris, ce qui constitue un très bon résultat.

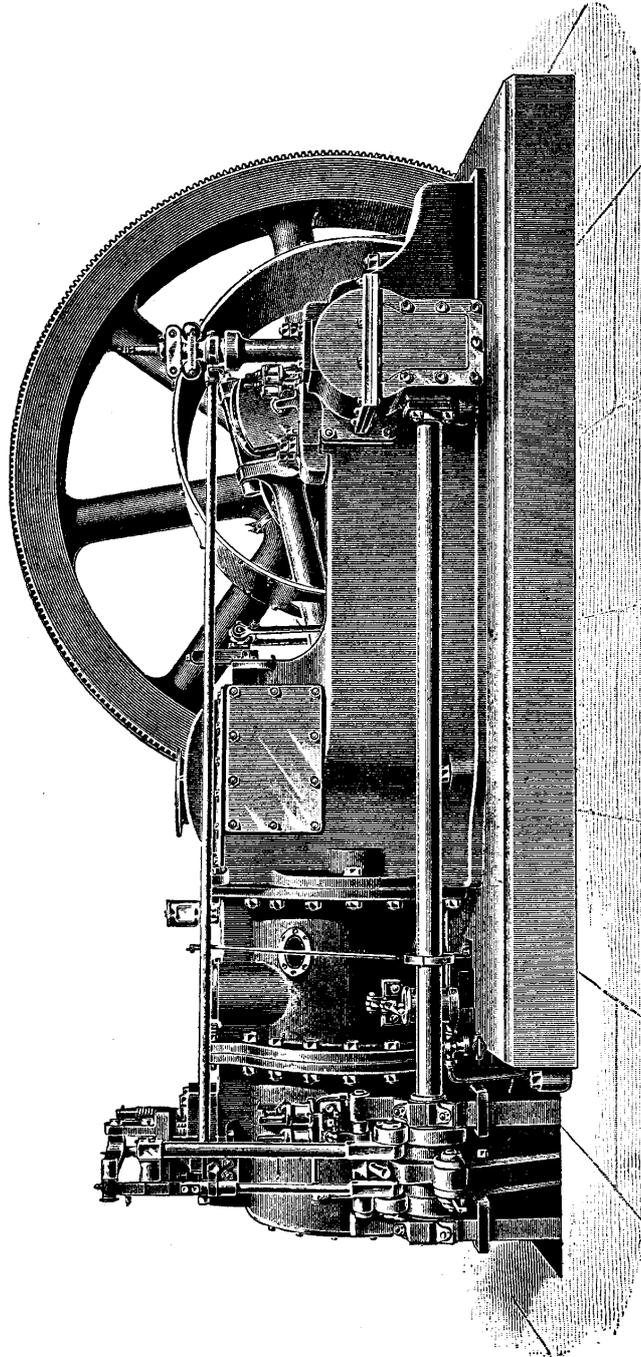


Fig. 28. — Moteur Premier.

*Moteur à gaz Fielding.* — La caractéristique de ce système est une très grande

simplicité, car il ne possède qu'une seule soupape sous pression; les tiroirs sont supprimés, même dans les types verticaux de faible puissance, et le mécanisme se réduit à deux clapets,

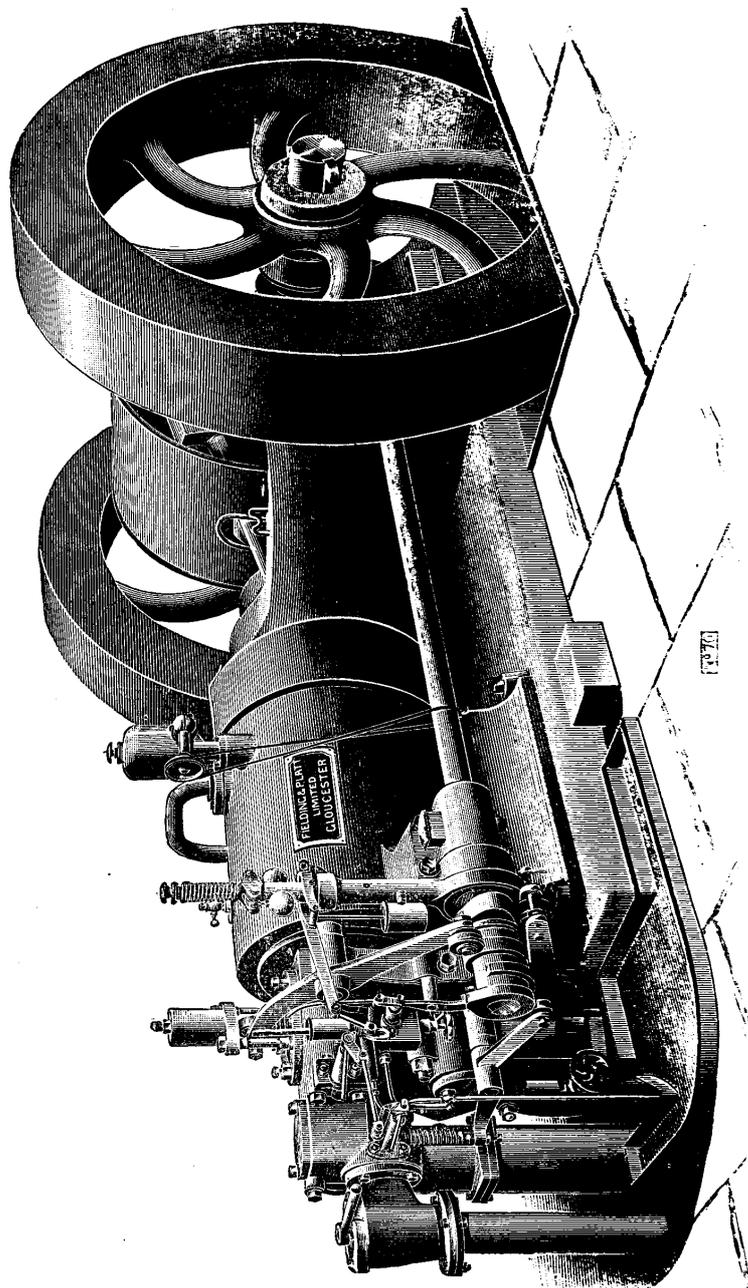


Fig. 29. — Moteur Fielding de 100 chevaux.

l'un à double effet ou compound, commandant à la fois l'admission et l'échappement l'autre pour l'introduction du gaz. Ces deux soupapes sont actionnées par un moteur à double levier commandé par une seule came.

Le fonctionnement s'exécute en quatre temps, comme dans le cycle Otto. Lorsque le piston commence sa course en retour après l'explosion, la soupape est soulevée par le jeu du levier, et les gaz brûlés s'échappent dans la conduite amorcée à un espace annulaire au-dessous du clapet. A la course suivante, la soupape est soulevée davantage, et la valve (ou tiroir-valve) vient alors obstruer l'échappement, en même temps qu'elle dégage une ouverture inférieure en communication avec le cylindre, et une nouvelle charge est admise par aspiration. Lorsque la course d'admission touche à sa fin, l'action du levier cesse; la soupape est ramenée *sans bruit* sur son siège par son ressort antagoniste, et la compression peut avoir lieu.

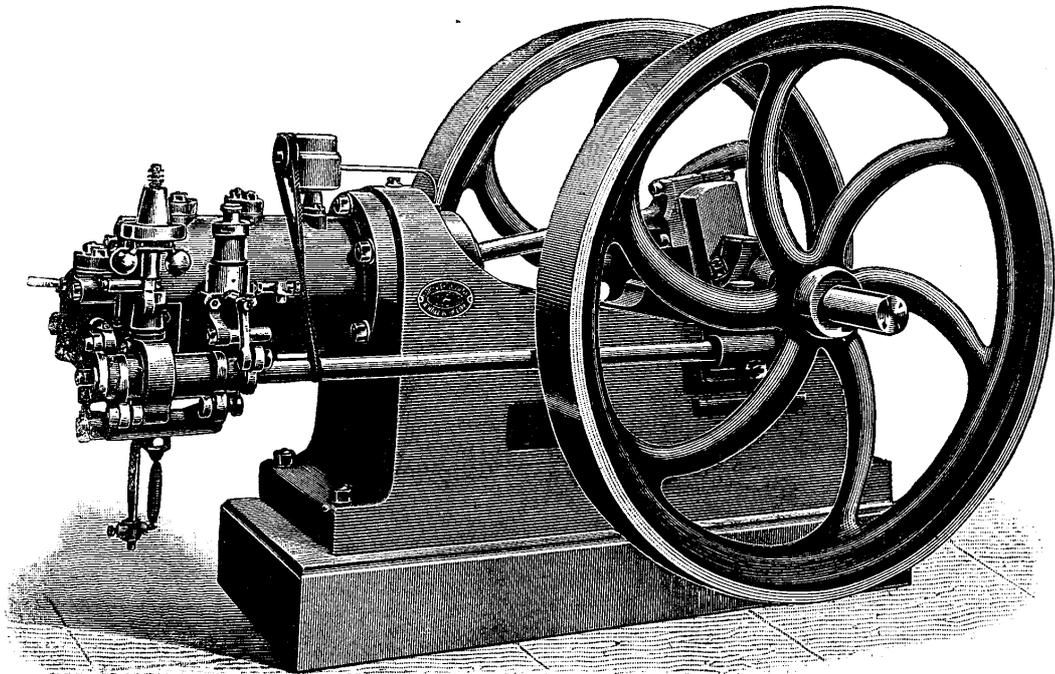


Fig. 30. — Moteur National.

Le double mouvement élévatoire de la soupape est obtenu par une came unique munie de deux renflements inégaux agissant successivement sur le levier de commande. Il n'y a donc qu'une *seule soupape* soumise à l'effet de la compression dont l'effort est supporté sans aucun risque de déformation par un double siège, celui du clapet-disque et celui du tiroir-valve, en même temps que l'étanchéité est assurée d'une manière absolue.

La seconde soupape, en avant de la première, commande simplement l'admission du gaz dans la chambre de mélange et travaille sans fatigue; son mouvement est régi par le deuxième levier dont le déplacement est solidaire de la vitesse du moteur et fait fonction de régulateur.

*Régulateur.* — Le bras supérieur du levier qui correspond à la soupape compound est muni d'un taquet oscillant retenu par un ressort. A la vitesse normale, ce taquet glisse sur un plan incliné terminant le levier de la soupape à gaz et le fait basculer. Quand la vitesse s'accélère, le taquet animé d'une force centrifuge supérieure à l'énergie de son ressort, ne peut plus accomplir sa descente sur le plan incliné il passe au-dessus et la soupape ne s'ouvre pas. Ce dispositif est très sensible, grâce à l'absence de toute friction, et il assure la constance du nombre de tours de la machine par minute.

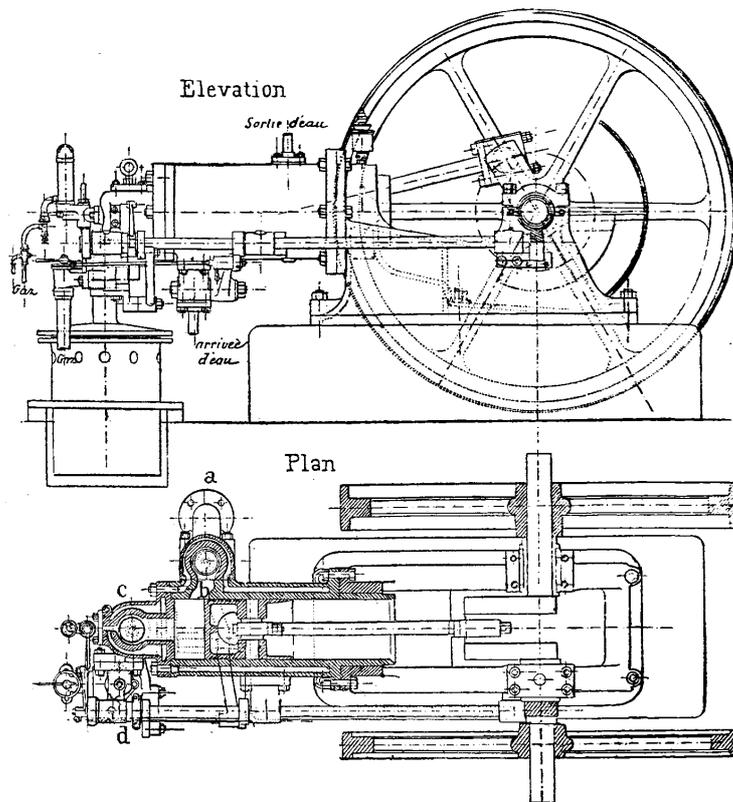


Fig. 31. — Moteur Niel à soupapes.

Ajoutons que, pour les grosses unités, allant jusqu'à 350 chevaux M. Fielding assure la mise en train au moyen d'un réservoir chargé d'air comprimé avant l'arrêt du moteur, qui joue alors le rôle de pompe foulante. Ce moteur est donc ainsi *self-starting*, et il peut aussi bien fonctionner avec des gaz pauvres qu'avec des gaz de ville de haute capacité calorifique.

*Moteur Niel.* — Ce système est caractérisé par l'emploi d'un distributeur conique, à mouvement circulaire et par un régulateur à lame flexible. Ce distributeur est un robinet

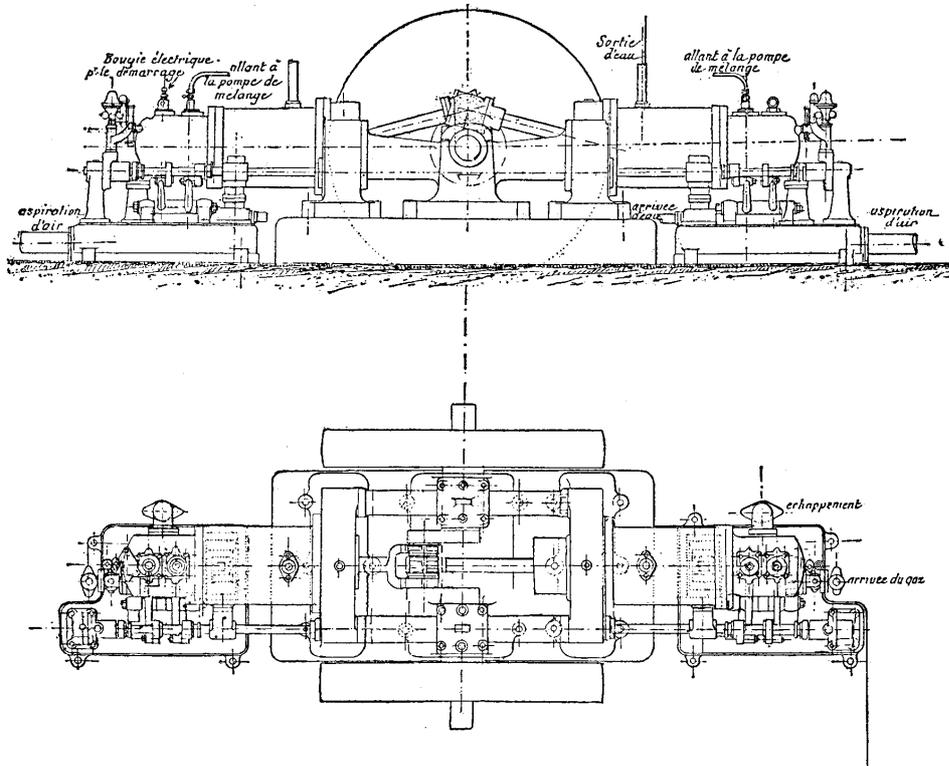


Fig. 32. — Moteur Niel de 120 chevaux.

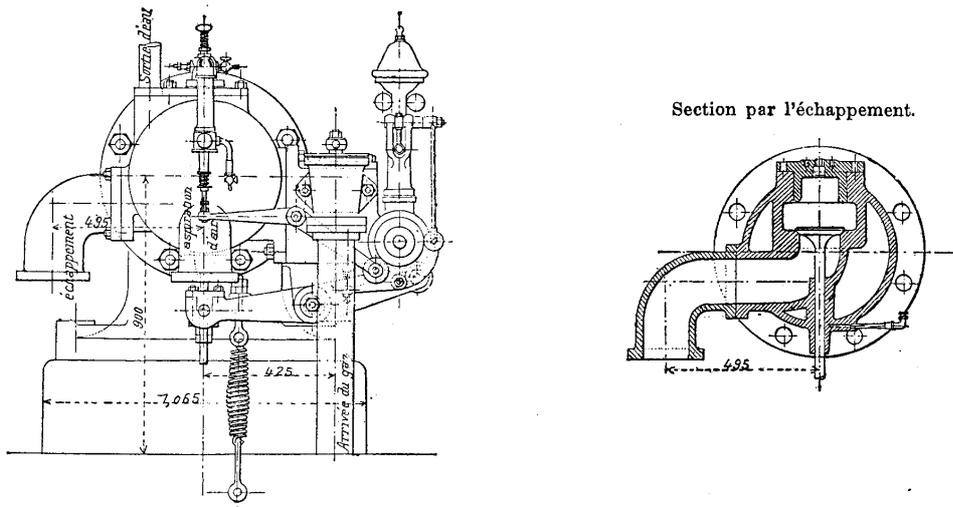


Fig. 33. — Moteur Niel de 120 chevaux.

conique faisant une révolution pour deux tours de manivelle, opérant tour à tour l'introduction des gaz tonnants dans le cylindre, leur détente et leur allumage; un dispositif très ingénieux assure l'étanchéité et empêche complètement le grippage. Le fonctionnement est à quatre temps, mais l'aspiration n'a lieu que pendant les deux tiers de la course avant, et le volume du gaz admis à chaque coup est moindre que celui d'une cylindrée. La détente est donc plus grande, et la compression un peu moins forte; il en résulte une certaine économie. L'allumage est opéré à l'aide d'un tube incandescent, suivant le procédé mis pour la première fois en pratique par Léo Funck en 1883.

Le moteur Niel a aujourd'hui fait ses preuves, et la faveur dont il est l'objet est justifiée par ses qualités de marche qui en font une bonne machine industrielle.

*Moteurs Martini, Sombart, Adam, le Parisien, le Kientzy.* — Tous ces moteurs, construits chacun par un mécanicien différent, empruntent le cycle Otto, avec quelques

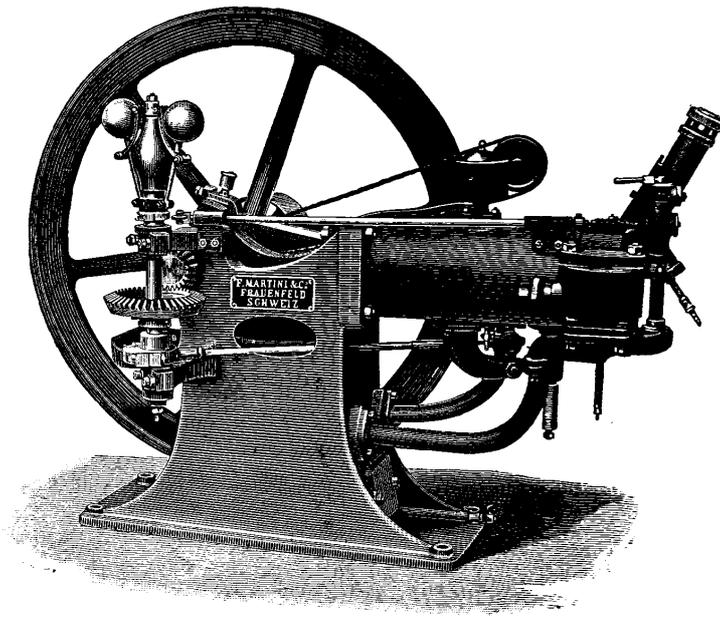


Fig. 34. — Moteur Martini.

changements de peu d'importance dans la construction. Ils ne présentent donc aucun intérêt particulier, et le peu de place dont nous disposons, nous oblige à simplement les mentionner sans pouvoir leur consacrer une notice particulière.

*Moteur Lalbin.* — M. Lalbin, de Nantes, s'est préoccupé surtout de créer l'analogue de la machine à vapeur Brotherhood et Westinghouse, c'est-à-dire de réaliser un moteur de grande puissance, mais de petit volume et de faible poids, et d'augmenter, comme il le

dit, la densité dynamique du moteur à gaz. Il y a réussi, puisqu'il construit des machines de 1/2 cheval pesant 40 kilogrammes et de 8 chevaux pesant 350 kilogrammes et que ces mo-

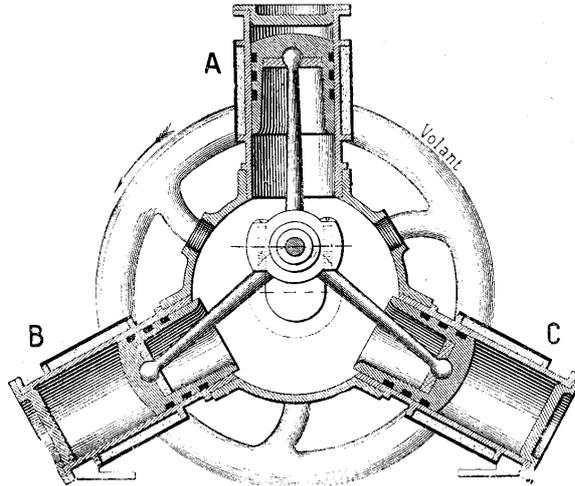


Fig. 35. — Moteur Lalbin.

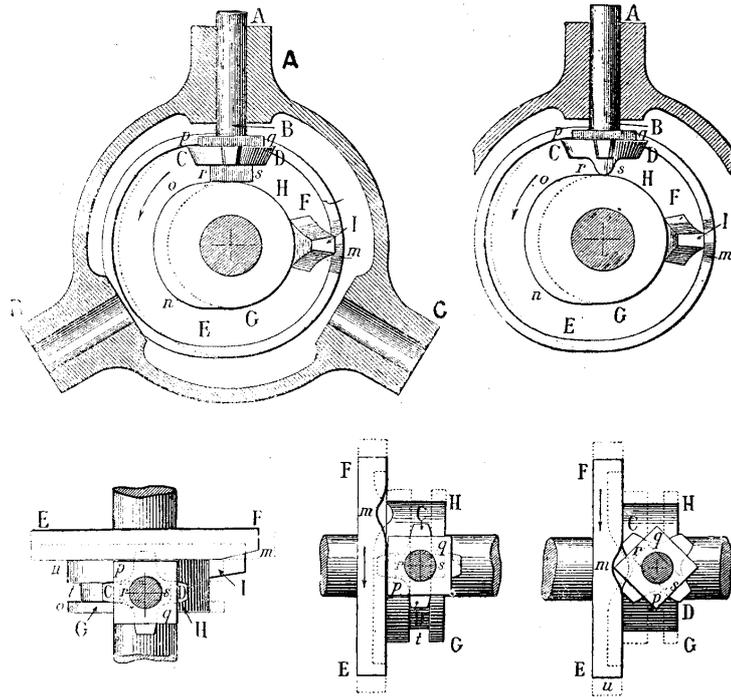


Fig. 36. — Distribution Lalbin.

teurs ne consomment que 1000 litres de gaz de ville ou 500 grammes de gazoline par cheval-heure effectif ces chiffres permettent d'apprécier l'œuvre de M. Lalbin.

Son moteur est à quatre temps, mais il se compose de trois cylindres moteurs, groupés radialement autour de l'arbre à manivelle; l'action motrice est presque constante sur la manivelle unique, à laquelle chaque piston est relié par une bielle. Le volant a pu être dès lors réduit au minimum de sa masse. La distribution est réglée de manière à ce que les cylindres donnent leur explosion tour à tour et qu'il y ait trois poussées motrices par révolution de l'arbre moteur. Ainsi quand la manivelle passe devant A, l'explosion donne sa

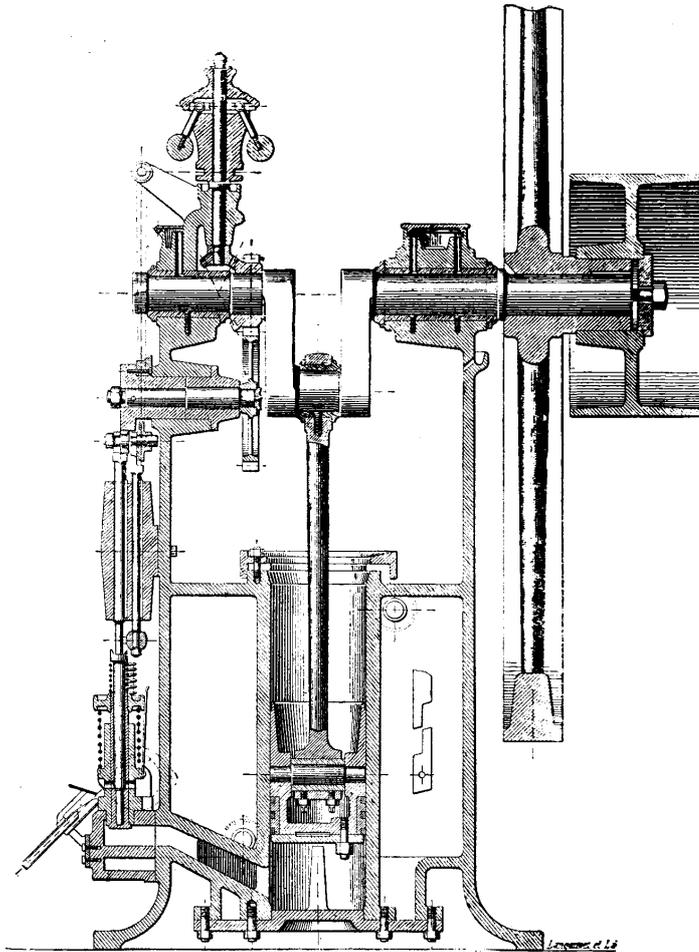


Fig 37. — Moteur Adam.

poussée, tandis que B est en décharge et que C achève l'aspiration pour commencer la compression. Les interruptions de travail ne sont par suite de  $1/6$  de tour entre les deux explosions.

L'allumage est produit, soit par un tube incandescent, en platine, quand on marche au gaz, soit par une étincelle électrique, dans le cas de l'emploi de gaz carburés. Le réglage

de la vitesse se fait par une poulie à force centrifuge, qui agit sur le robinet d'admission du gaz. Ce moteur est appliqué aux travaux les plus divers.

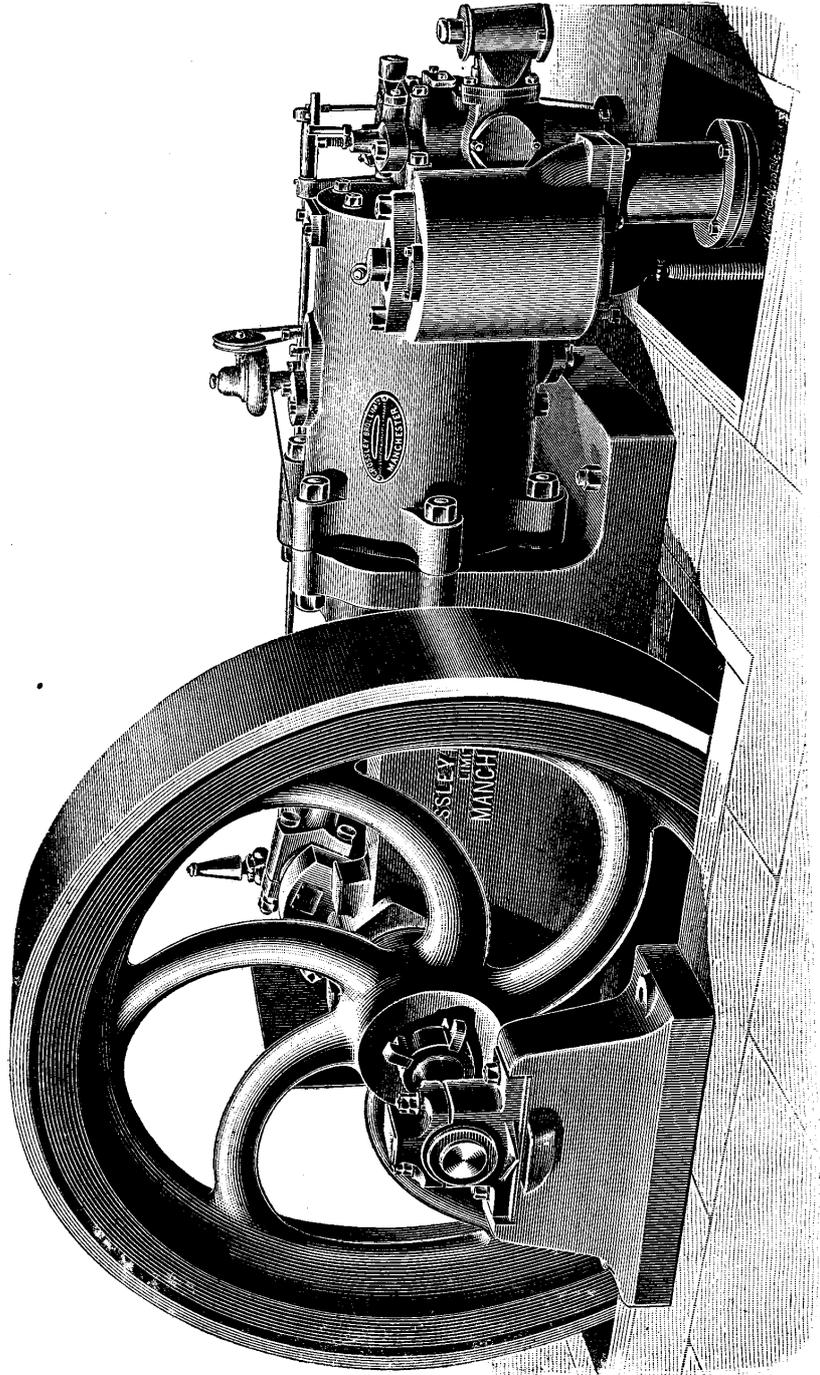


Fig. 38. — Moteur Crossley pour éclairage électrique.

*Moteur Crossley.* — Ce dispositif dérive directement du type Otto. La distribution se fait au moyen d'un arbre latéral et par un engrenage hélicoïdal monté sur l'arbre principal. Cet arbre est muni de cames qui actionnent les quatre soupapes d'air, de gaz, d'allumage et

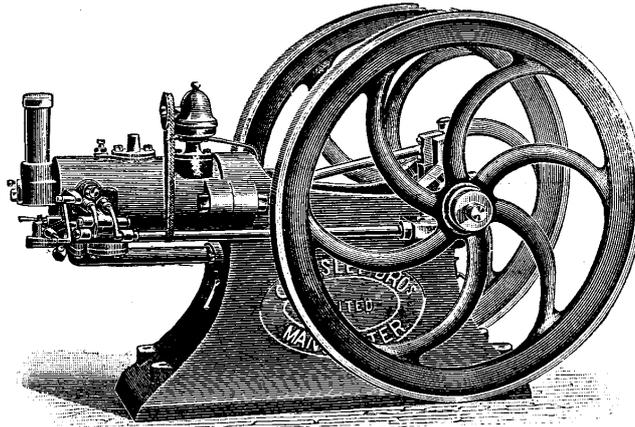


Fig. 39. — Moteur BA Crossley.

d'échappement. La compression dans le moteur est portée à 5 kilogrammes, et au moment de l'explosion du mélange tonnant, elle atteint 14 kilogrammes 1/2; au moment de l'échappement, la pression est de 1 kilogramme 1/2.

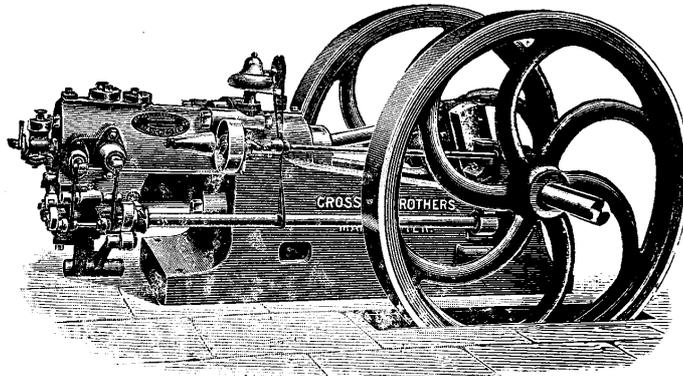


Fig. 40. — Moteur Crossley à régulateur horizontal.

L'allumage de la charge se fait par tube incandescent. Ce tube est chauffé au rouge cerise par un chalumeau, et, lorsque le gaz se trouve sous pression dans le cylindre, une soupape d'allumage vient mettre le tube en communication avec l'intérieur du cylindre et l'explosion se produit. Au moment de la mise en marche, l'allumage est retardé ou a lieu un moment après le passage du point mort: de cette façon, le démarrage en sens inverse est évité.

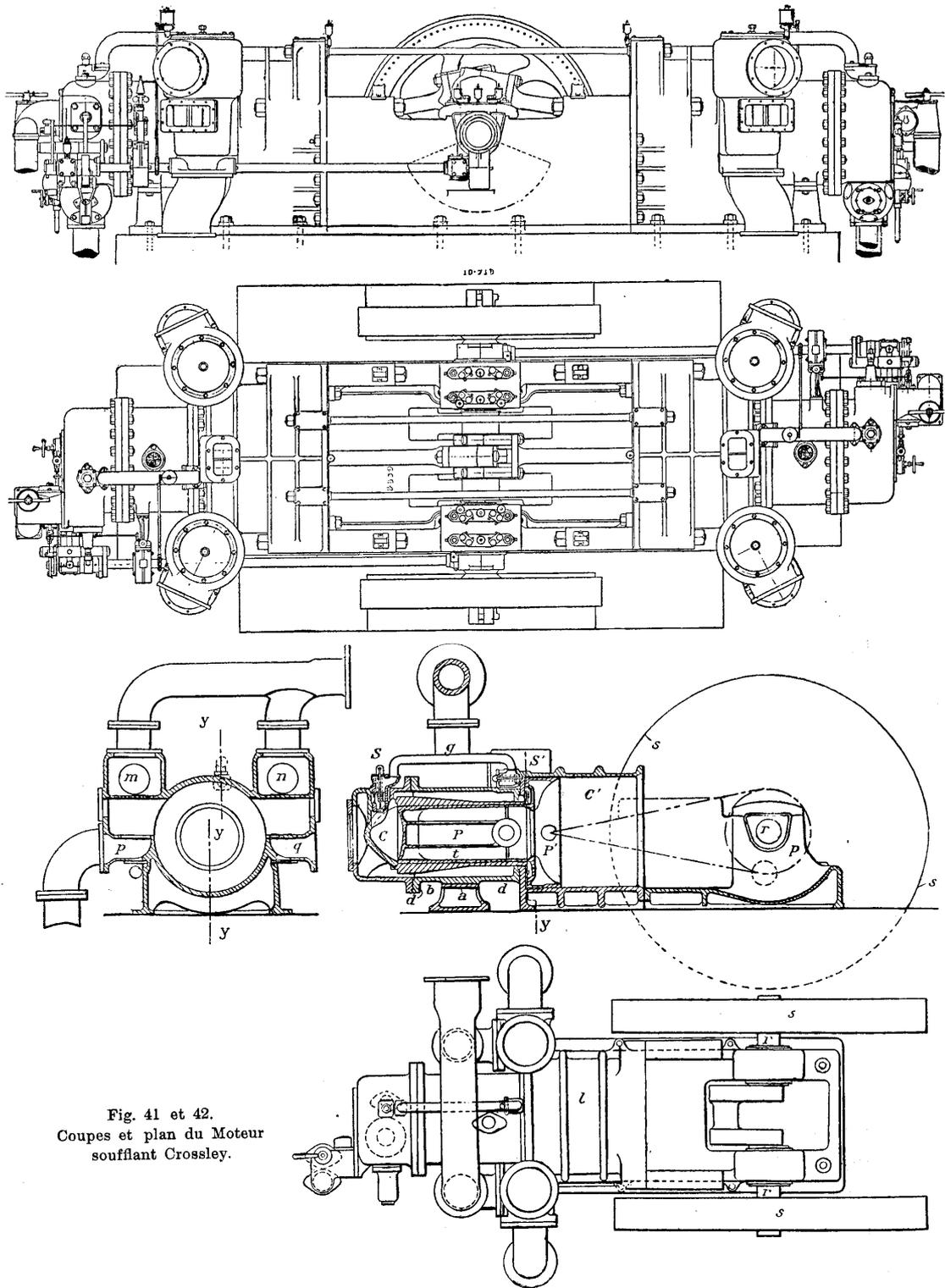


Fig. 41 et 42.  
Coupes et plan du Moteur  
soufflant Crossley.

Le moteur Crossley présente encore cette particularité que le cylindre est construit en deux parties, c'est-à-dire l'enveloppe d'eau en fonte ordinaire et le cylindre proprement dit, qui est formé d'une chemise en fonte spéciale et détachable. Cette construction spéciale

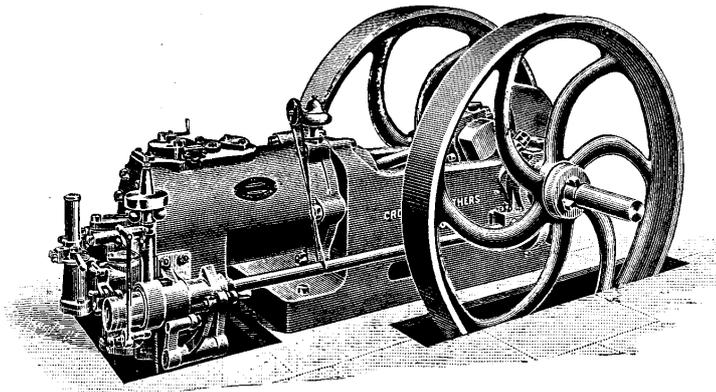


Fig. 43. — Moteur XA Crossley.

permet d'être certain qu'il n'existe pas de soufflures dans le cylindre même et la chemise peut se remplacer facilement sur place quand elle s'use. La première explosion donnée par cet appareil est assez violente pour faire vaincre au moteur huit fois sa pleine compression.

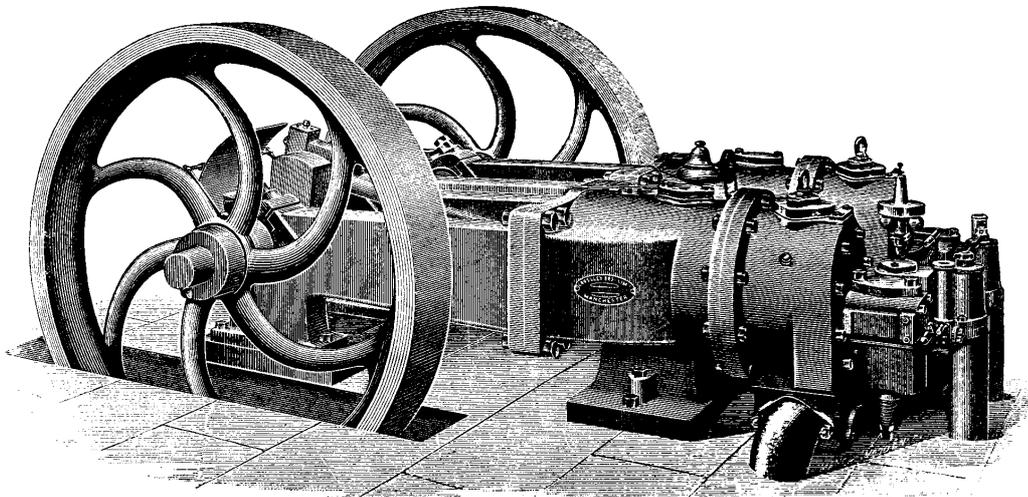


Fig. 44 — Moteur Crossley à deux cylindres conjugués.

*Moteur le Pygmée, de Lefebvre.* — Ce modèle que représente la figure 45, présente un aspect robuste et ramassé: il fonctionne à volonté et très régulièrement dans la disposition horizontale ou verticale. Les moteurs *Pygmée* sont bien équilibrés et ne produi-

seut aucune trépidation. Leur mise en marche est excessivement facile; leur poids et leur dimension à force égale n'ont jamais encore été atteints: ce sont les plus petits moteurs connus jusqu'ici. Grâce aux dispositions spéciales de leur bâti et de leurs organes principaux, le graissage, la durée et le bon fonctionnement en sont assurés malgré les plus mauvais temps et les plus mauvaises conditions. Ces avantages joints à l'emploi de deux cylindres et à la latitude que l'on a de régler leur vitesse du simple au double instantanément en assurent le placement facile sur tous les genres de voitures et d'embarcations.

Le moteur industriel est du même type que le modèle pour voitures automobiles, mais on peut le monter à volonté sur un socle en fonte. En raison de ses dimensions excessivement réduites et de son faible poids, sa place est toute indiquée dans les ateliers pour la production de force motrice, dans les châteaux et les villes pour élévation d'eau ou arrosage

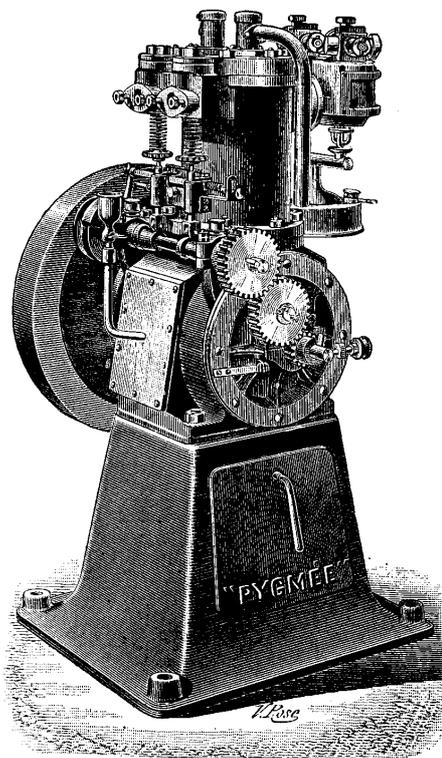


Fig. 45. — Moteur Le Pygmée.

le jour, et éclairage électrique le soir, car il donne directement, sans accumulateurs et par une simple disposition spéciale une lumière d'une fixité absolue et d'un prix de revient très minime.

Pour l'agriculture, il remplace avec avantage les machines à vapeur au milieu des exploitations les plus vastes comme les plus modestes; il y rend des services inappréciables

parce que sa conduite est des plus simples, à la portée du premier venu et que l'enveloppe qui met toutes ses parties importantes à l'abri des poussières environnantes le protège contre toute avarie et assure un graissage parfait. Son transport est très facile, car dans ce cas le socle est remplacé par un chariot léger, facilement transportable.

*Moteur «Le National».* — Comme machine à gaz, ce moteur se construit dans presque toutes les forces tant en petites machines à partir de 1 cheval, qu'en grandes forces qui se combinent alors à un gazogène.

Les moteurs à pétrole se construisent de 1 à 10 chevaux effectifs. Toutes ces machines ont deux volants qui les rendent bien équilibrées et qui donnent une vitesse stable et régulière. Le régulateur à boules, breveté et d'une combinaison nouvelle, attribué également

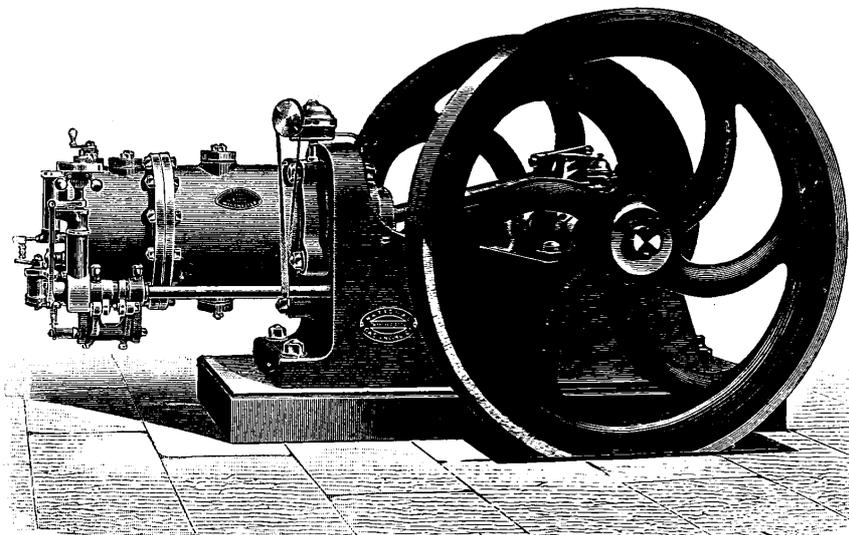


Fig 46 — Moteur à gaz le *National*, d'Herckenrath.

à la régularité de la marche, réalise des économies notables dans la consommation du gaz ou du pétrole.

L'aspect général des moteurs *le National* tant pour ceux au gaz que pour ceux au pétrole est celui représenté par la figure 46.

Les machines à pétrole possèdent un vaporisateur et une lampe à pétrole qui se trouvent placés sur le devant de la machine, et un réservoir à pétrole qui trouve sa place immédiatement au-dessus du cylindre.

La construction de ces moteurs est excessivement simple et le constructeur M. Herckenrath s'est appliqué à faire le moins possible d'organes apparents.

Les machines jusqu'à 50 chevaux effectifs se construisent avec un seul cylindre.

La mise en marche est simplifiée, leur perfectionnement de l'allumeur évite tous les ratés si fréquents autrement. L'entretien et le graissage demandent peu de soins, et se font, pour la plupart, automatiquement. Le nettoyage est simple et ne nécessite qu'une certaine habitude de la mécanique. Enfin le prix de ces moteurs est des plus modérés.

*Moteur Forest.* — M. Forest est un mécanicien qui a fait du moteur à gaz le but de ses recherches, et nous avons décrit son premier système à deux temps sans compression. Il a combiné encore deux autres types intéressants. Dans le premier, le cylindre moteur,

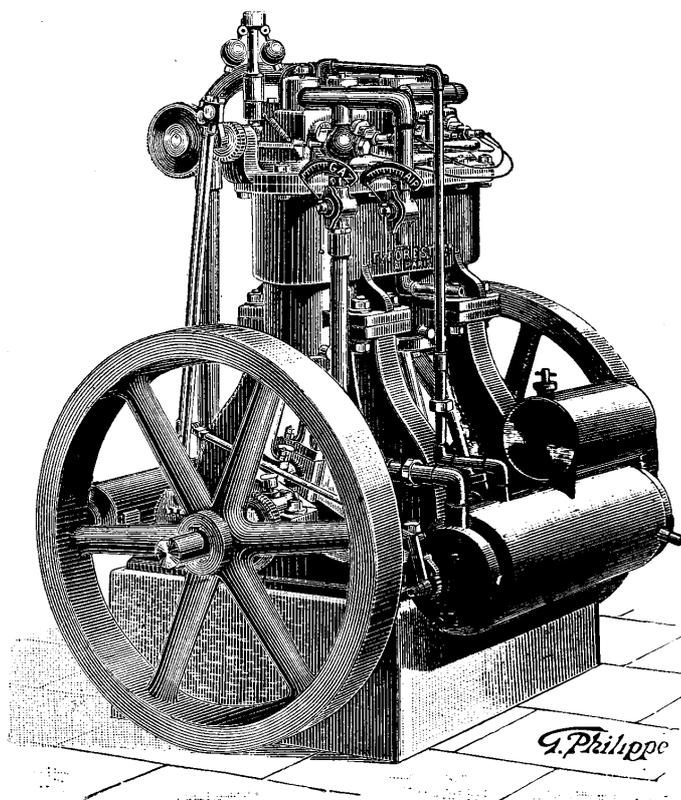


Fig. 47. — Moteur Forest.

ouvert aux deux bouts, renferme deux pistons entre lesquels est introduit le mélange tonnant. L'explosion chasse ces pistons en sens inverse l'un de l'autre, et le mouvement est transmis à l'aide de couche par deux bielles et deux balanciers. Ce modèle, compact et ramassé, est bien conçu.

Le second dispositif, qui fonctionne également suivant le cycle à quatre temps est à pilon et comporte un, deux ou quatre cylindres accolés, ce qui permet d'obtenir deux impulsions motrices par tour de manivelle et d'avoir une très grande régularité de marche.

Mais c'est surtout dans les moteurs à pétrole pour bateaux, et en collaboration avec M. Gallice, que M. Forest a montré son mérite. Il a su disposer un ingénieux système de cames commandant les soupapes d'admission et d'échappement, et au moyen duquel, par un simple mouvement imprimé à l'arbre de ces cames, on peut obtenir la marche en avant ou en

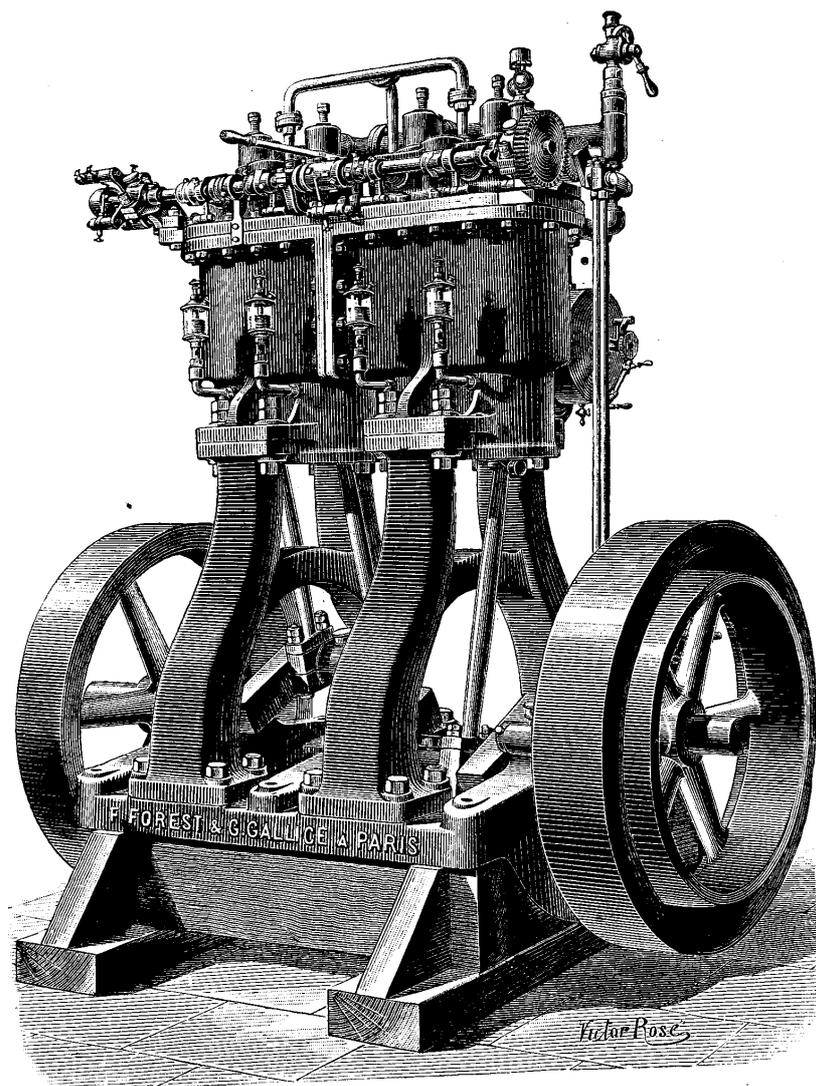


Fig. 48. — Moteur Forest et Gallice.

arrière, instantanément et à volonté. La mise en train peut être rendue automatique. Les qualités de cette machine l'on fait adopter par la marine française, et de nombreux bateaux de différents tonnages en sont aujourd'hui pourvus. C'est la meilleure preuve de la valeur de cet intéressant système.

*Moteurs à gaz Cuinat.* — Nous nous contenterons de donner quelques détails sur le nouveau principe sur lequel est basé le moteur Cuinat.

Les moteurs type A sont verticaux, genre pilon, c'est-à-dire que le volant se trouve à la partie inférieure des moteurs, et assure leur stabilité. Cette disposition est bien préférable à celle qui est généralement employée et qui consiste à placer le volant à la partie supé-

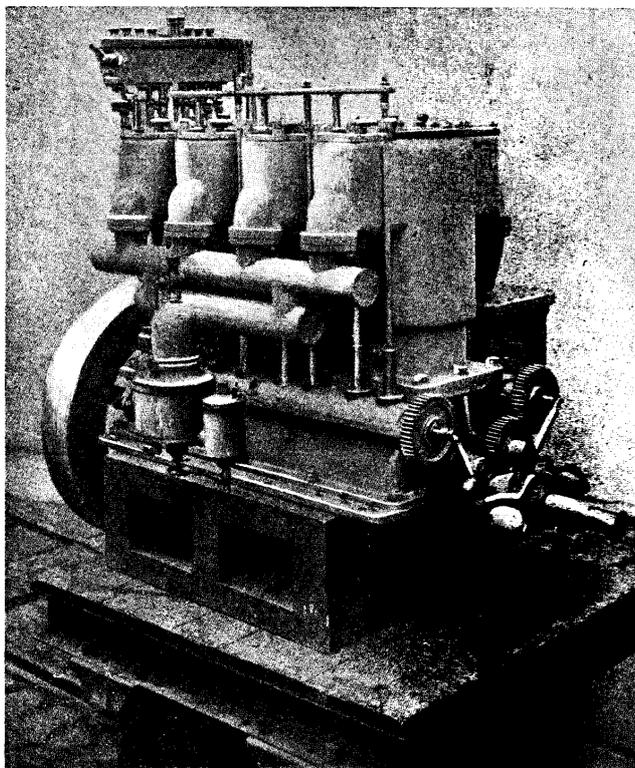


Fig. 49. — Vue du Moteur Forest (Avant).

rieure du moteur. Il est inutile d'insister sur l'emplacement restreint qu'occupent ces moteurs, comparativement aux moteurs horizontaux; c'est pourquoi nous les avons préférés à ceux-ci pour les petites forces. Les moteurs type B sont semblables aux précédents, mais sont pourvus de deux volants. Ils conviennent particulièrement aux petites installations électriques. Les moteurs type C sont horizontaux. Toutes les soupapes sont verticales sans exception, ce qui, lorsqu'on arrive aux puissances supérieures à 10 chevaux, est une garantie de bon fonctionnement. Les moteurs type D sont semblables, dans leurs dispositions générales, aux moteurs du type précédent, mais sont munis de deux volants. Ils conviennent particulièrement aux installations électriques. Les moteurs type D combinés avec dynamo ont

été étudiés en vue de tenir le moins d'espace possible. Le moteur, le socle spécial et la dynamo n'occupent pas plus de place que le moteur proprement dit; la dynamo est placée directement sur la semelle du socle reposant sur le sol, et en dessous du cylindre du moteur. Cette disposition assure la stabilité de l'installation.

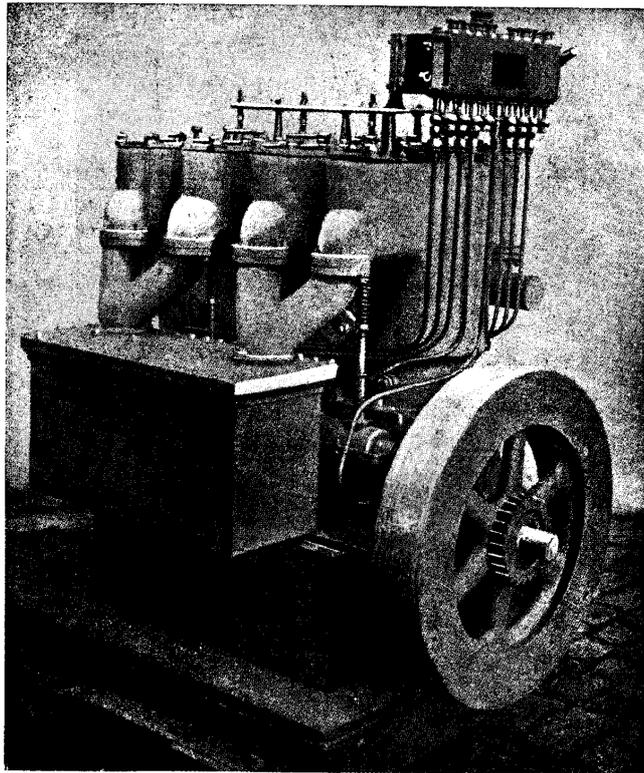


Fig. 50. — Vue du Moteur Forest (Arrière).

*Allumage.* — Ces moteurs à gaz et à pétrole sont à allumage électrique par pile et bobine d'induction. Le constructeur peut, sur demande, livrer des moteurs à gaz par tube incandescent.

*Huile pour graissage.* — Les huiles animales ou végétales doivent être proscrites pour le graissage du cylindre, parce qu'après leur fonction remplie, elles ne se volatilisent pas et forment un cambouis épais qui cause des perturbations dans le fonctionnement du moteur. On doit recommander de n'employer que des huiles minérales absolument pures.

Le moteur à gaz et à pétrole Cuinat est à *évacuation complète des produits de la combustion*, c'est-à-dire que le mélange détonant frais aspiré par le piston ne se mélange

pas, comme dans les autres moteurs, avec les gaz brûlés qui sont enfermés dans la chambre d'explosion. Ces derniers, dans le moteur Cuinat, sont chassés de cet espace par une masse d'air, et le mélange détonant aspiré reste seul dans le cylindre.

Il résulte de ce principe, qui est la base même du brevet, que le mélange détonant est beaucoup plus propre à l'inflammation que lorsqu'il est mélangé aux gaz inertes, et que son utilisation par suite du prolongement de la détente, qui est la résultante du phénomène précédent, est beaucoup plus complète que dans les autres systèmes de moteurs.

La réunion de ces avantages permet de garantir des consommations de gaz et de pétrole inférieures à toutes celles qui ont été obtenues jusqu'ici.

L'examen du diagramme pris sur un de ces moteurs, montre que l'inflammation s'opère sans retard, par suite de l'absence de tous gaz inertes, et que la pression finale est réduite au minimum, par suite de la détente complète des gaz.

*Moteur Atkinson.* — Cet appareil, construit par la *British gas engine* de Londres peut être considéré comme le champion des moteurs à gaz, en raison de l'économie qu'il permet de réaliser. Son coefficient d'utilisation atteint 22,8 0/0; c'est le plus élevé que l'on connaisse. M. Atkinson est parvenu à ce résultat en prolongeant le détente des gaz et en raccourcissant la course de compression. La décharge des résidus de la combustion est com-

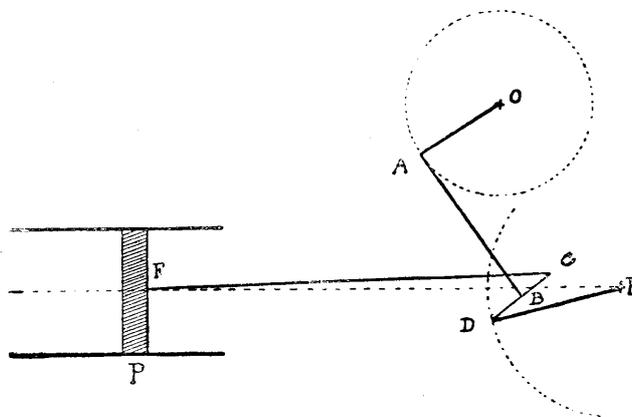


Fig. 51. — Schéma du mobile Atkinson.

plète; cette manière de procéder est donc diamétralement opposée à celle d'Otto qui fait, au contraire, un très grand cas de la dilution du gaz aspiré dans les produits de la combustion. Mais pour faire exécuter au piston deux courses de longueur différente, il a fallu employer un artifice mécanique assez compliqué. Cependant le résultat définitif a été satisfaisant, et c'est ce qu'il est bon de connaître.

*Moteur Noël.* — Ce modèle, construit à Provins, présente l'avantage d'une grande simplicité: les tiroirs sont remplacés par des soupapes, l'allumage se fait par l'électricité. De 1/4 de cheval jusqu'à deux chevaux, le cylindre ne comporte pas d'enveloppe d'eau, et il affecte la disposition horizontale ou celle à pilon. Le moteur Noël peut être alimenté indifféremment au gaz de ville ou à l'air carburé; dans ce cas, le carburateur est placé dans le socle même supportant le cylindre. La consommation garantie est de 900 litres de gaz ou de 500 grammes de gazoline par cheval-heure effectif, ce qui est un résultat des plus satisfaisants.

*Moteur Tenting.* — C'est un moteur horizontal avec refroidissement par l'air et allumage électrique par l'étincelle d'induction. Le régulateur agit sur la soupape d'échappement; les gaz brûlés cessent d'être évacués, dès que la vitesse dépasse sa limite normale, et la soupape d'admission, qui est automatique, ne se lève plus. On peut compter le système Tenting au nombre des moteurs à gaz de petite force les plus pratiques, en raison de la grande simplicité des organes qui le composent. Il marche également bien à l'air carburé; disposé en pilon, il a été appliqué avec succès à la propulsion des bateaux de plaisance.

*Moteur Charon.* — M. Charon a cherché, pour prolonger la détente, un procédé moins compliqué que celui d'Atkinson, et il y est parvenu à l'aide d'un régulateur commandant une double came à gradins, dont une moitié actionne la soupape d'admission et l'autre

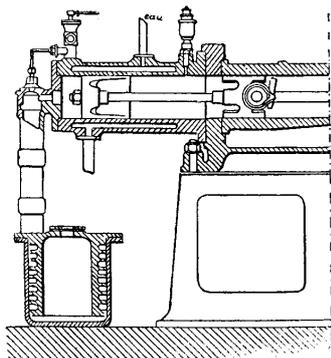


Fig. 52. — Coupe du Moteur.

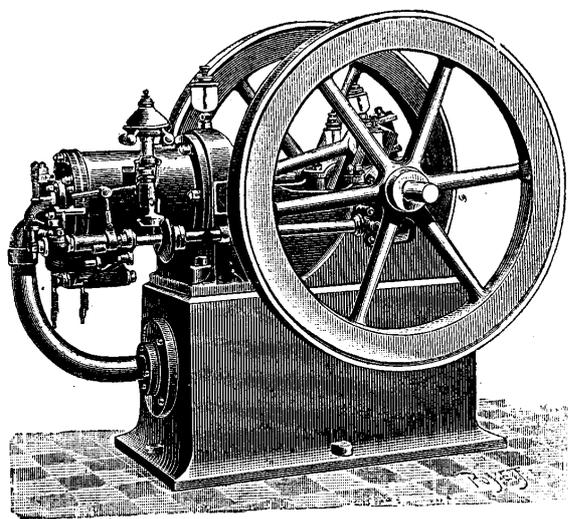


Fig. 53 — Moteur Charon, dernier type.

une soupape de retenue, qui laisse échapper dans un tuyau, servant de réservoir, une partie du mélange explosif refoulé pendant la compression. La compression est donc plus faible, la

dépendance plus complète et déterminée par le seul jeu du régulateur; on obtient ainsi une économie considérable, telle que ce système de moteur ne consomme que 550 litres environ de gaz de ville par cheval-heure.

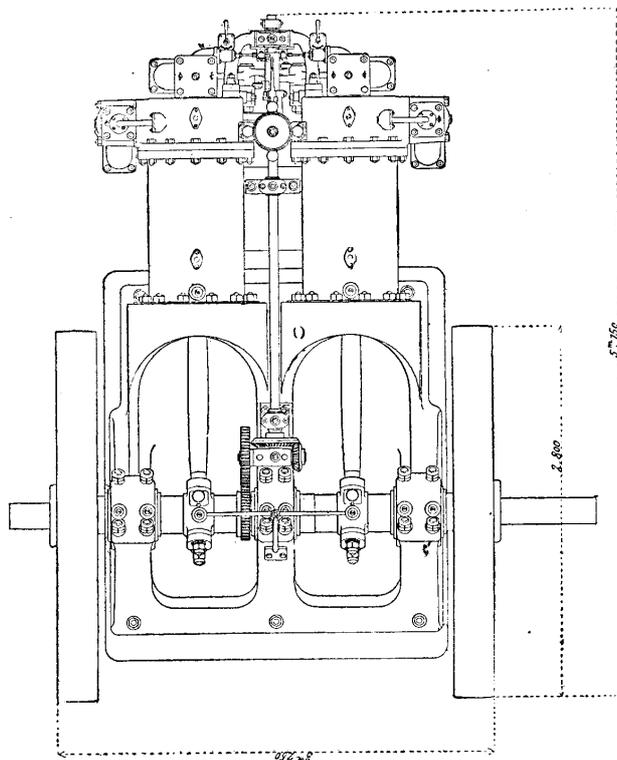


Fig. 54. — Moteur Charon de 160 chevaux.

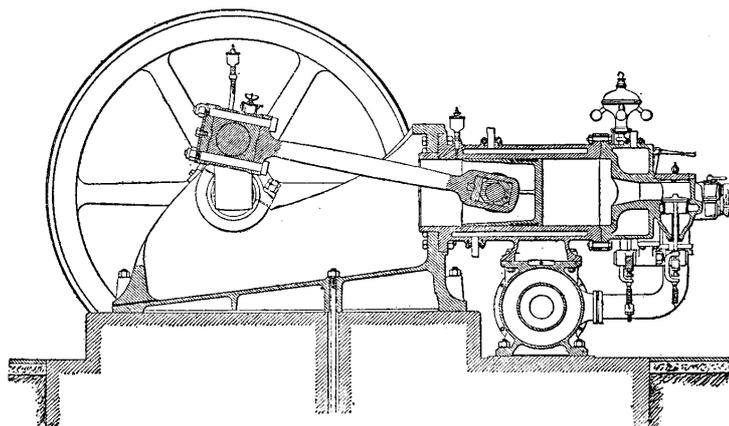


Fig. 55. — Moteur Charon de 160 chevaux.

L'aspect du moteur Charon rappelle celui du moteur Otto, l'arbre de distribution, les soupapes et le régulateur sont placés à peu près de la même façon. Il a reçu de nombreux

ses applications, et, quoique son prix soit un peu plus élevé à égalité de puissance que d'autres moteurs à 4 temps, l'économie de gaz qu'il permet de réaliser, grâce à la longue détente, fait recommander son emploi chaque fois que le prix du gaz devant l'alimenter est élevé (fig. 52 et 53).

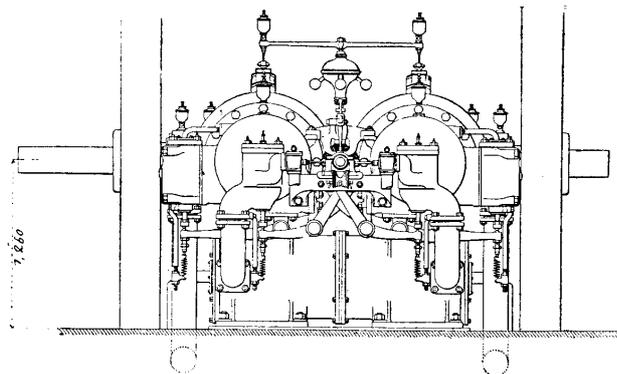


Fig. 56. — Moteur Charon de 160 chevaux.

*Moteur Roger.* — C'est un excellent petit moteur vertical, créé pour l'usage des petits ateliers, par le concessionnaire français du moteur Benz. L'extrême simplicité du

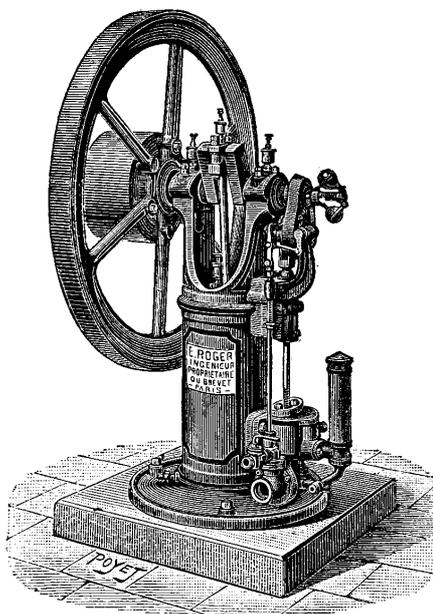


Fig. 57. — Moteur vertical Roger.

mécanisme ne nuit nullement à l'économie, car le type de 2 chevaux ne brûle que 700 litres de gaz par cheval-heure. Le résultat de cette simplicité est un prix de vente très réduit, environ 750 francs par cheval.

Le régulateur agit sur la soupape d'admission. L'allumage se fait par tube incandescent, le refroidissement s'effectue par la circulation d'eau, la vitesse moyenne est de 200 tours par minute; enfin, la régularité est assez grande pour qu'on puisse commander directement une dynamo à l'aide d'une courroie passée sur le volant. En résumé, construction fort intéressante et qui mérite largement le succès qui l'a accueillie dès son apparition.

*Moteur de la Compagnie parisienne du Gaz.* — Ce modèle ressemble beaucoup à celui de M. Roger, que nous venons de décrire. Il est vertical, à grande vitesse, à allumage électrique par pile, à circulation d'eau, et possède deux cames actionnant l'admission et l'échappement. Cet ensemble est bien combiné, toutes les pièces sont facilement accessibles, le graissage est assuré; aussi le fonctionnement est-il assuré dans de bonnes conditions. La vitesse atteint 400 tours par minute; la consommation de gaz est plus élevée, 1,100 litres environ par cheval-heure.

*Moteur Letombe.* — Ce système est construit par la maison Mollet-Fontaine, de Lille. Il présente quelques particularités intéressantes que nous allons résumer brièvement. Le cylindre est à double effet, et les phases, pour les deux côtés du piston, se suivent à un

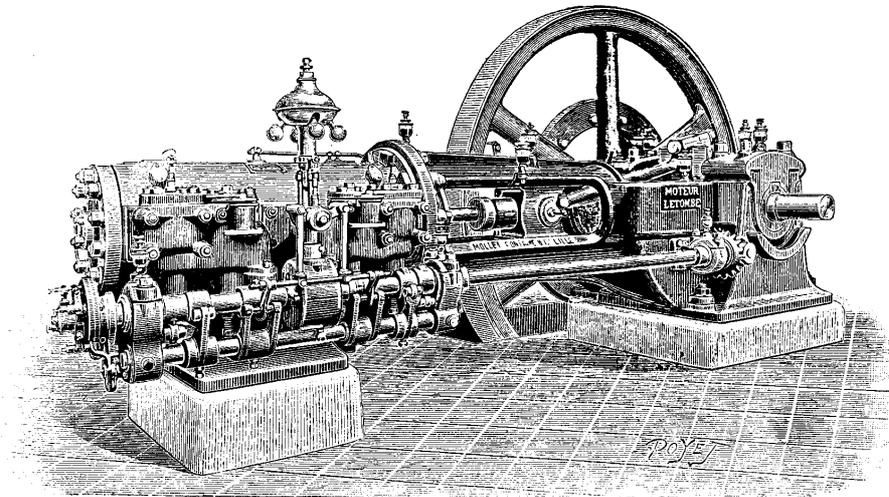


Fig. 58. — Moteur Letombe.

demi-tour d'intervalle, de telle sorte qu'à chaque révolution correspond un coup moteur. La régularité est donc assurée comme dans le cycle à deux temps; une économie importante est réalisée, d'autre part, par une longue détente, comme dans le moteur Charon. Ce système

est donc excellent à tous les points de vue, et il dénote une grande expérience des moteurs à gaz de la part de son auteur.

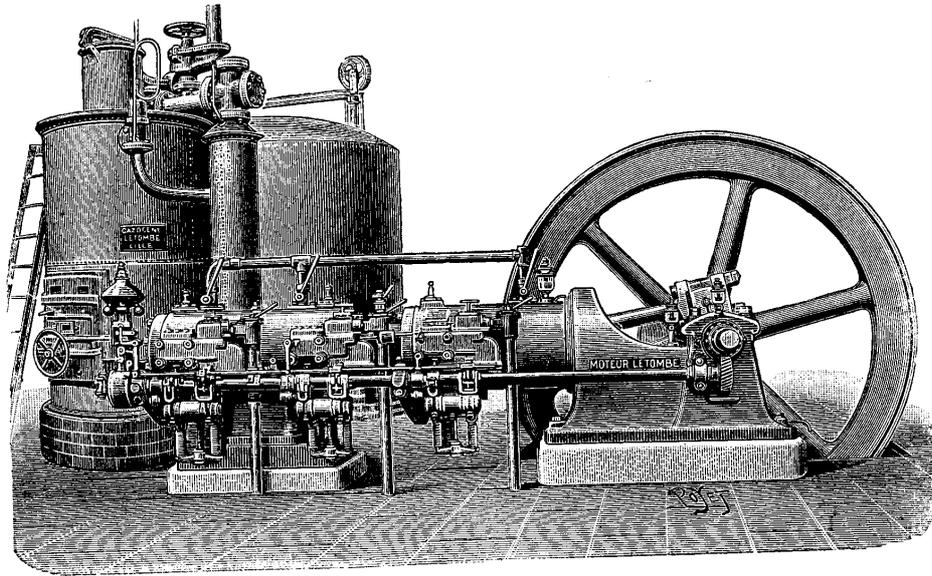


Fig. 59. -- Moteur Letombe.

*Moteur à gaz Ragot.* — M. Ragot a exposé en 1878 à Paris, un premier système de moteur à pétrole qui a obtenu un certain succès. Ainsi encouragé, cet inventeur a continué

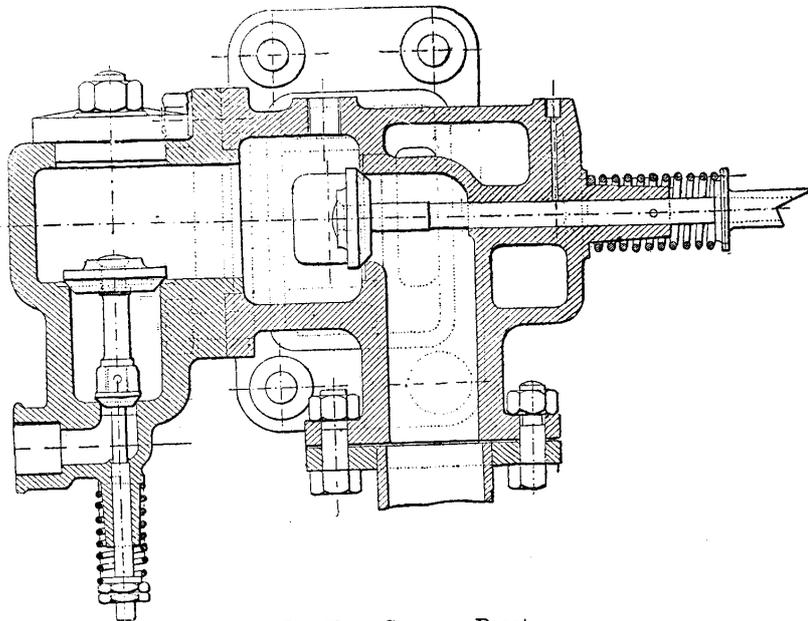


Fig. 60. — Soupapes Ragot.

dans la même voie, et fait connaître en 1885 un moteur horizontal à quatre temps, consom

mant assez peu, et d'une grande simplicité d'agencement. Le réglage s'opère, comme dans le système Kœrting, par la fermeture de la soupape d'échappement. Le cylindre porte un certain nombre d'ailettes circulaires venues de fonte et assurant un refroidissement suffisant par l'air; l'allumage se fait par un tube incandescent, et la tige du piston étant articulée directement sur le vilebrequin de l'arbre, supprime l'intermédiaire de la bielle.

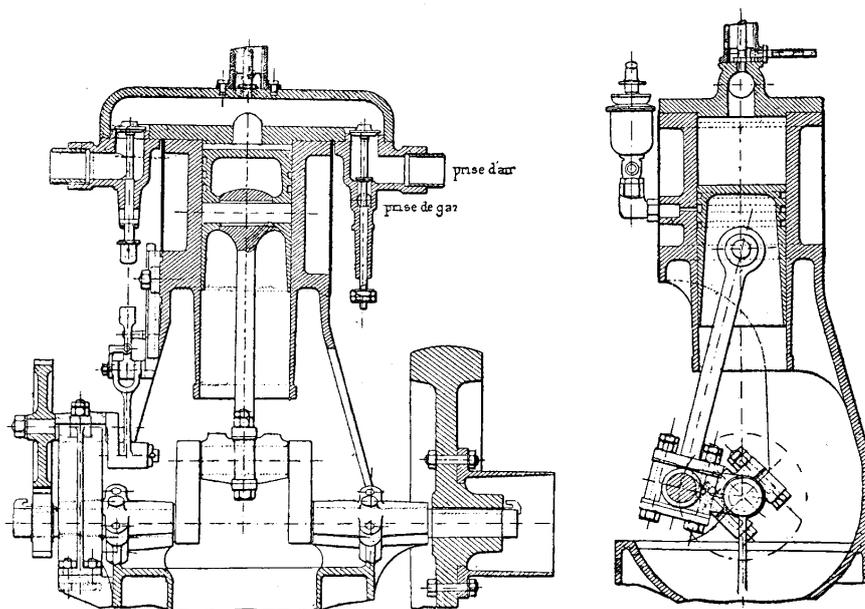


Fig. 61. — Moteur Ragot (coupes verticale et horizontale).

M. Ragot a également créé un type vertical à grande vitesse (300 tours à la minute) et possédant les qualités reconnues au type horizontal.

*Moteur le Robuste de L'evasseur.* — La composition, l'admission et l'allumage du mélange tonnant sont effectués par un tiroir, comme dans le moteur Otto, mais ce tiroir est circulaire et glisse à la façon d'un piston dans un cylindre disposé dans le fond de la chambre d'explosion. L'originalité réside surtout dans la forme de ce distributeur; le réglage est obtenu par un régulateur d'inertie supprimant l'admission quand la vitesse s'accélère outre mesure; le refroidissement s'opère par double enveloppe à circulation d'eau. Bien qu'il ne nous représente pas en somme une grande nouveauté, il n'empêche que le moteur *Robuste* paraît mériter son nom et être capable de rendre des services prolongés sans dépense exagérée de gaz.

*Moteur Richardson et Norris.* — Ce modèle, qui marche à grande vitesse (230 tours à la minute), est construit par la maison Robey and C<sup>o</sup> de Lincoln. Il est établi spécialement pour la commande des dynamos, et se trouve muni, en conséquence, de deux volants, pour

assurer la régularité de la marche, et son régulateur permet de modifier à volonté sa vitesse de régime. L'allumage, effectué par le tube, a lieu dans une soupape à double siège, ce qui donne la faculté d'invertir au besoin le sens de rotation, particularité qui peut avoir son

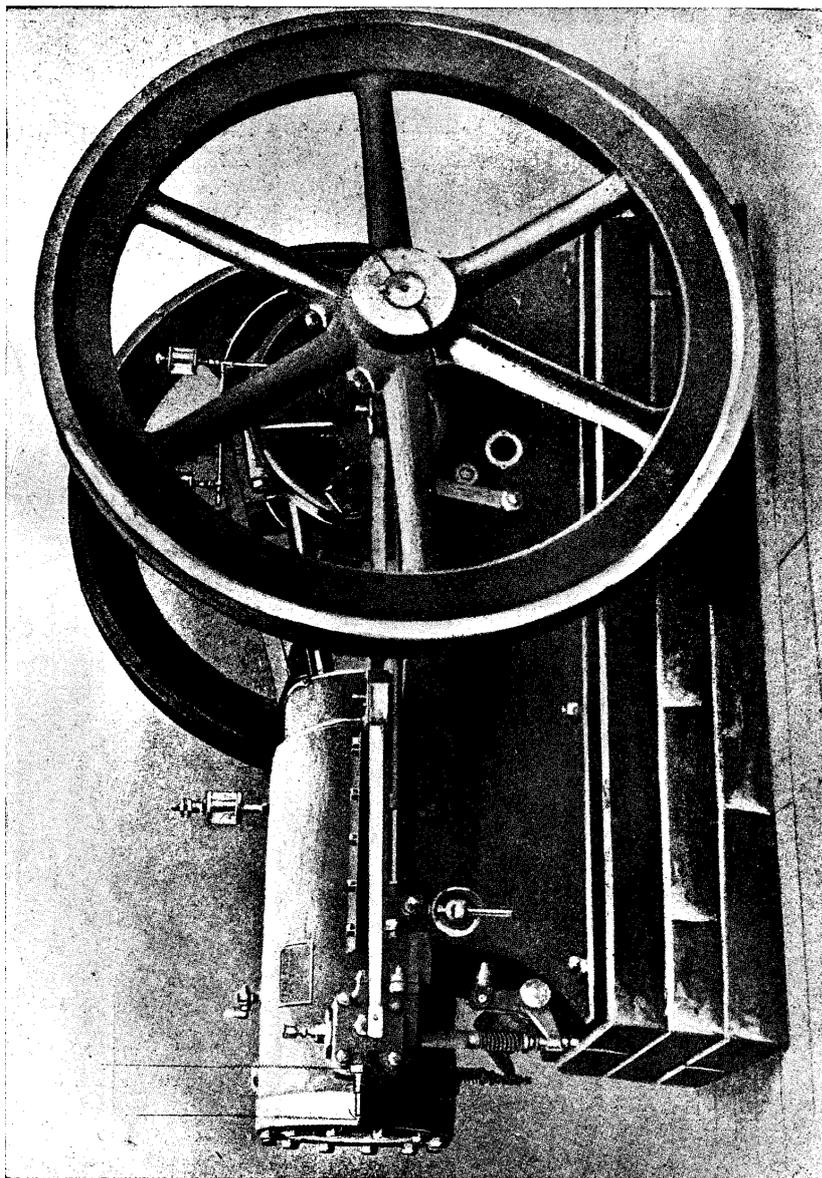


Fig. 62. — Moteur Fooks.

intérêt dans certains cas. Ce moteur peut fonctionner aussi aux gaz pauvres, et on a relevé une consommation d'antracite de 510 grammes par cheval-heure sur un moteur de 86 che-

vaux alimenté au gaz Dowson, ce qui représente un rendement de 21 0/0, résultat qui se passe du commentaires.

*Moteur H. C.* — Ce dispositif, imaginé par M. Crouan, est original en ce sens que toutes les parties du mécanisme se trouvent enfermées dans un tambour, pour éviter l'encrassement par les poussières, ainsi que les projections d'huile. Le volant est placé extérieurement après la poulie de façon à faciliter la mise en train à bras; tout le graissage est automatique, et des crampons permettent de fixer tout l'ensemble à une colonne ou à une poutre. Le moteur H. C., qui se construit pour des forces de 1/2 à 6 chevaux peut être alimenté de gaz de ville, d'air carburé ou de pétrole. Mais, malgré son originalité, il ne s'est que peu répandu jusqu'à présent dans l'industrie.

*Moteurs «le Marcel» et «le Maurice» de Cadiot.* — Ces moteurs sont construits seulement pour de petites forces depuis 1 homme (8 kilogrammètres) jusqu'à 1 cheval. Leur fonctionnement est basé sur le cycle à quatre temps, à explosion tous les deux tours. Le

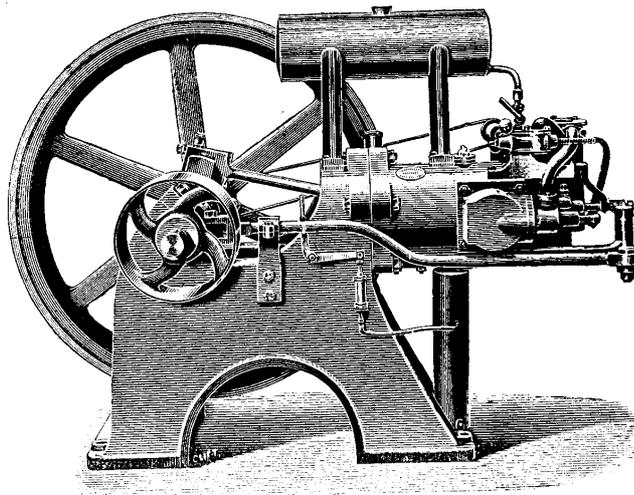


Fig. 63. — Moteur Cadiot.

«Marcel» diffère du moteur Otto par la substitution du tiroir à glissière, d'un tube chauffé au rouge, dans lequel le gaz est comprimé par le piston pendant sa demi-course en arrière. Il n'a que deux valves, l'une pour l'admission, l'autre pour l'échappement, et qui sont commandées par une came fixée sur l'arbre. Une circulation d'eau dans une double enveloppe refroidit le cylindre.

Le régulateur est fondé sur le principe du *tout ou rien*, dont l'effet est de supprimer brusquement ou, au contraire, d'ouvrir en grand l'admission du gaz quand la vitesse angulaire s'écarte en deçà ou au delà de sa valeur normale, qui est de 350 tours par minute.

Le «Maurice», connu d'abord sous le nom de *moteur Rootz*, est également d'une construction très robuste et pourvu du système d'allumage par tube chaud. Il porte deux volants, pour assurer la régularité de la marche, et peut être employé pour la production de la lumière électrique, car sa force est suffisante pour actionner une dynamo de 100 watts, et

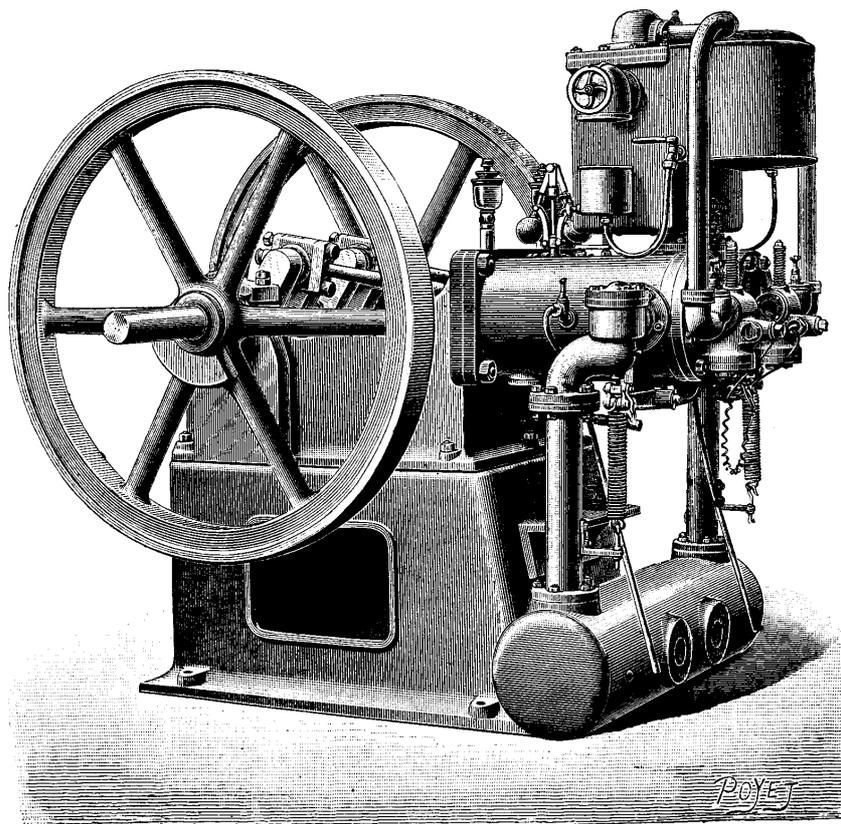


Fig. 64. — Moteur Brouhot.

même de 200 watts quand le gaz est bien réglé. Ces petits moteurs, dont l'usage commence à se répandre en France, sont très employés en Angleterre pour les petites installations d'éclairage électrique, les ventilateurs, les tours, les pompes, les instruments de laboratoire, etc.

*Systèmes divers.* — Nous venons de décrire une trentaine de systèmes différents de moteurs à gaz, que nous avons choisis parmi les plus connus et les plus originaux, mais cette étude est loin d'être complète, et il est exploité, en France et à l'étranger, au moins 100 dispositifs dérivant des types qui viennent d'être passés en revue. Tels sont les moteurs de

Durkopp, Forward, Brouhot, Deliry de Soissons, Narjot, Archat, Wertenbruch, l'*Acmé* de Ducommun de Mulhouse, et bien d'autres encore. Mais nous sommes obligés de nous borner,

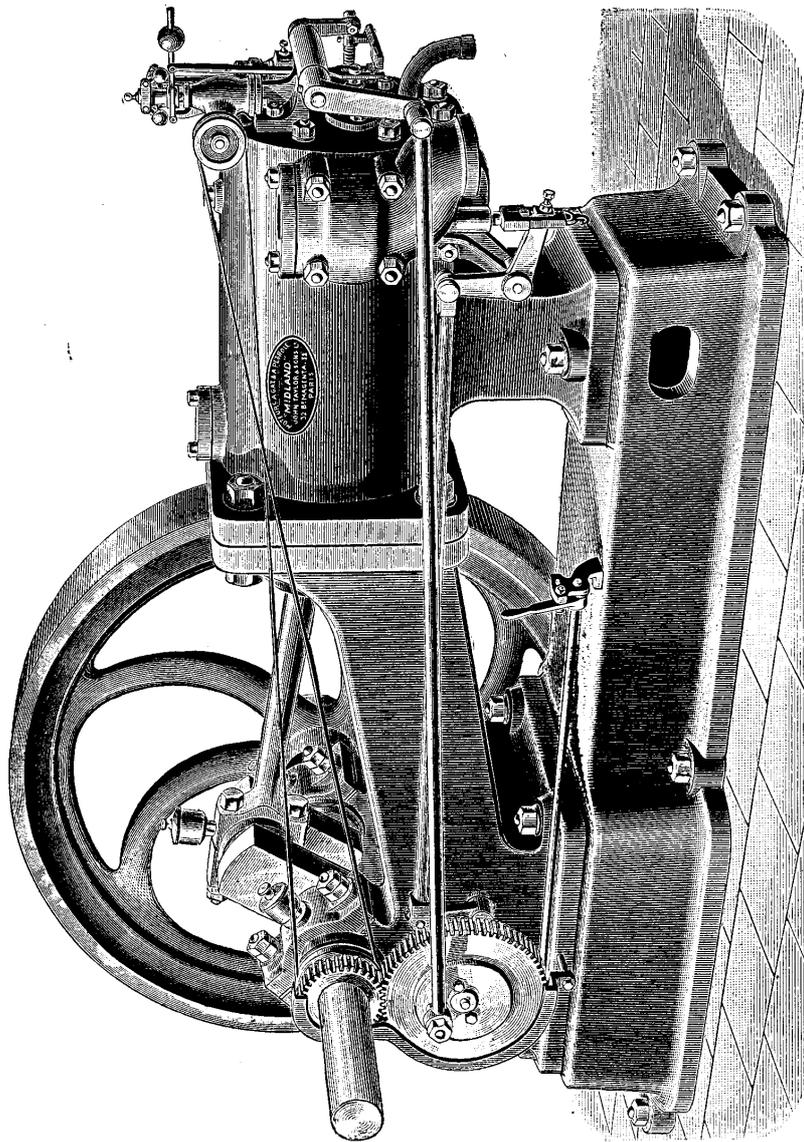


Fig. 65. — Moteur Midland.

et nous terminerons cette description par l'examen des moteurs fonctionnant d'après le cycle à six temps.

*Moteurs à 6 temps, système Griffin.* — Dans ce moteur, il ne se produit que deux explosions tous le trois tours, mais comme le piston travaille à double effet, on a une explo-

sion pour un tour et demi. Les divers temps se succèdent comme suit: 1<sup>o</sup> aspiration de l'air et du gaz; 2<sup>o</sup> compression; 3<sup>o</sup> inflammation, action motrice et détente; 4<sup>o</sup> refoulement des

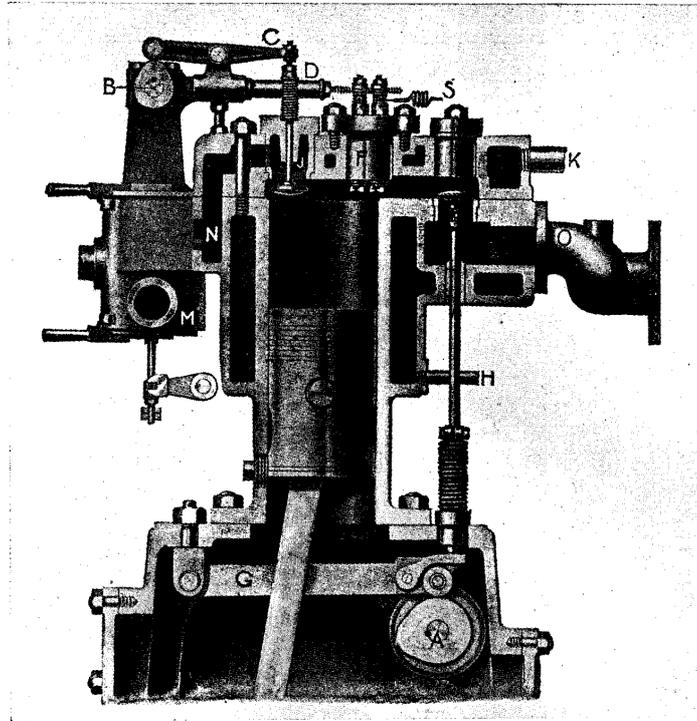


Fig. 66. — Coupe du moteur Westinghouse.

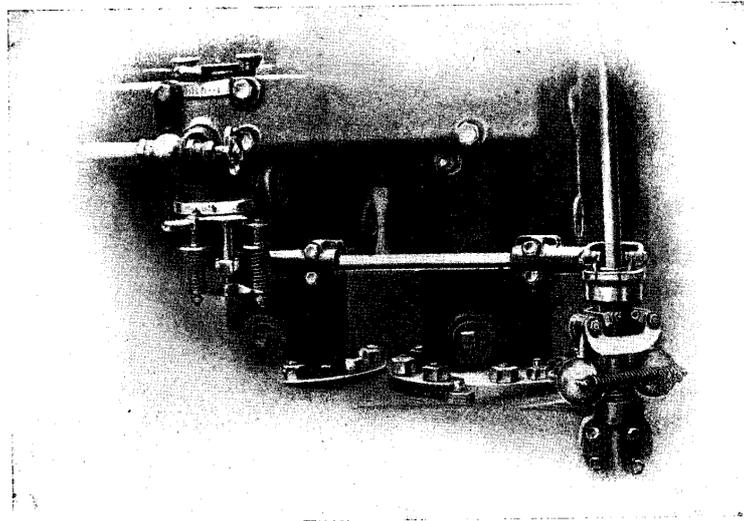


Fig. 67. — Distributeur Westinghouse.

gaz brûlés; 5<sup>o</sup> aspiration d'une chasse d'air pour compléter l'expulsion des résidus de la

combustion; 6° échappement de cette chasse d'air. L'admission et l'allumage s'opèrent par le jeu d'un tiroir conduit par une bielle; le régulateur fait avancer plus ou moins le taquet triangulaire, placé sur la tête de la valve du gaz, et la maintient ouverte pendant un temps plus ou moins long, de manière à assurer la constance de la vitesse; l'échappement a lieu par deux soupapes, mues par deux cames qui les ouvrent à chaque tour et demi, et font alternativement la décharge à l'avant et à l'arrière du cylindre.

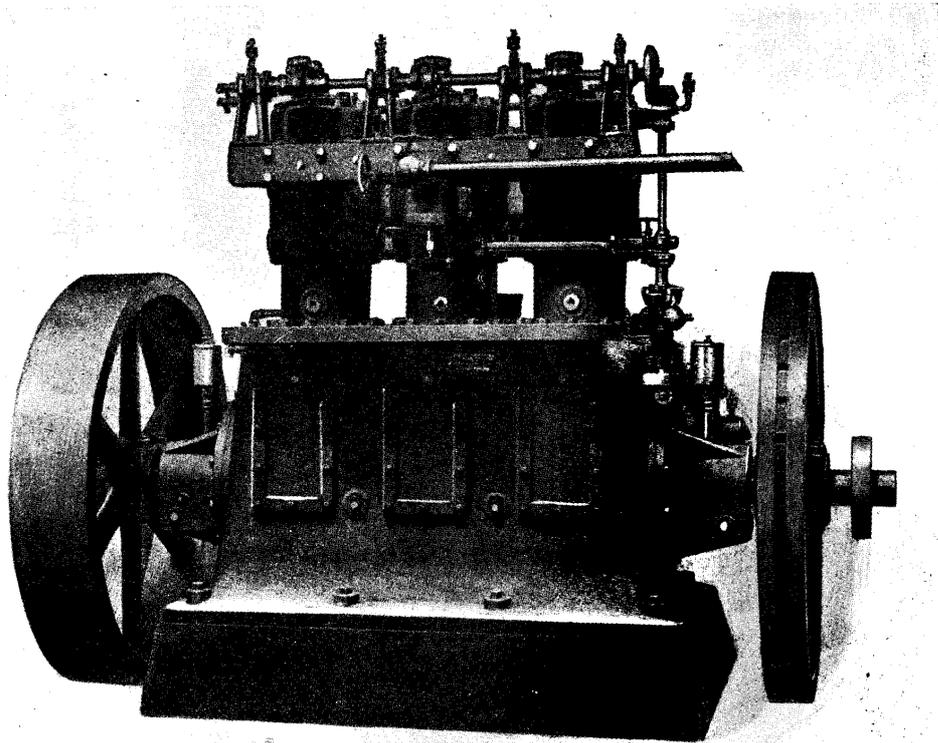


Fig. 68. — Moteur Westinghouse de 125 chevaux.

La consommation de gaz, pour un moteur de 12 chevaux, a été de 792 litres par cheval-heure, dans un essai officiel, et ce système a été classé premier pour sa régularité de marche, ce qui est un résultat à noter pour une machine à 6 temps.

*Moteur Rollason.* — Ce système fonctionne suivant le même cycle que le précédent et la disposition de son mécanisme se rapproche beaucoup du type Otto. Il possède un régulateur électrique très ingénieusement combiné, qui agit sur la valve d'admission et proportionne constamment l'admission du gaz combustible au travail à développer pour assurer une vitesse constante; un dispositif de *self-starting* assure le démarrage et la mise en train pour les unités de 20 à 100 chevaux. Ce moteur, comme celui de Griffin, a prouvé, qu'en expulsant complètement les résidus de la combustion, on pouvait employer des mélanges très dilués,

qui donneraient lieu à des ratés dans les moteurs Otto. Il est assez économique, et a reçu de nombreuses applications en Angleterre. Les constructeurs sont MM. Beck and Co de Newcastle-on-Tyne.

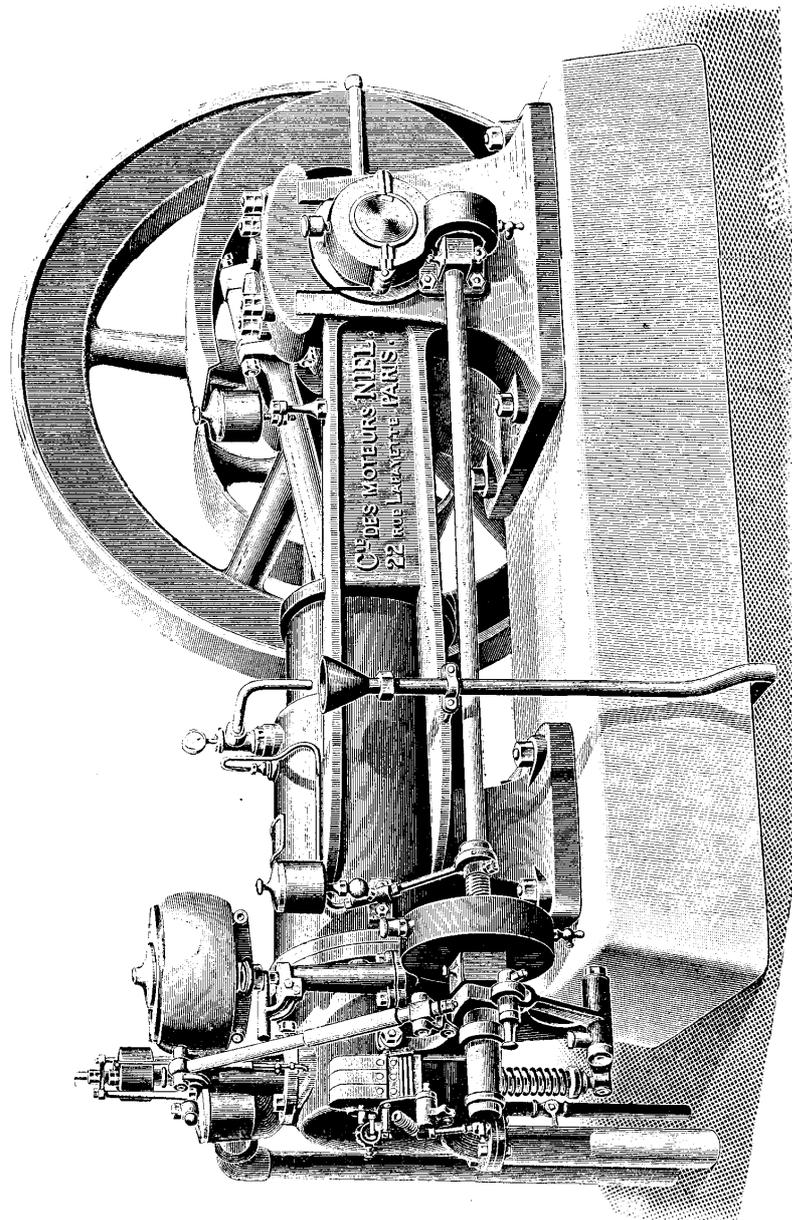


Fig. 99. — Moteur Niel 1901.

#### LES MOTEURS A AIR CARBURÉ

Lorsqu'on sature l'air, à froid, de vapeurs d'essence volatiles, telles que la gazoline ou les essences de pétrole, d'une densité moyenne de 0,650, on forme un mélange combus-

tible qui présente toutes les propriétés du gaz d'éclairage, et peut être, comme celui-ci, appliqué au fonctionnement des moteurs à explosion. Mais le mode de carburation de l'air varie beau-

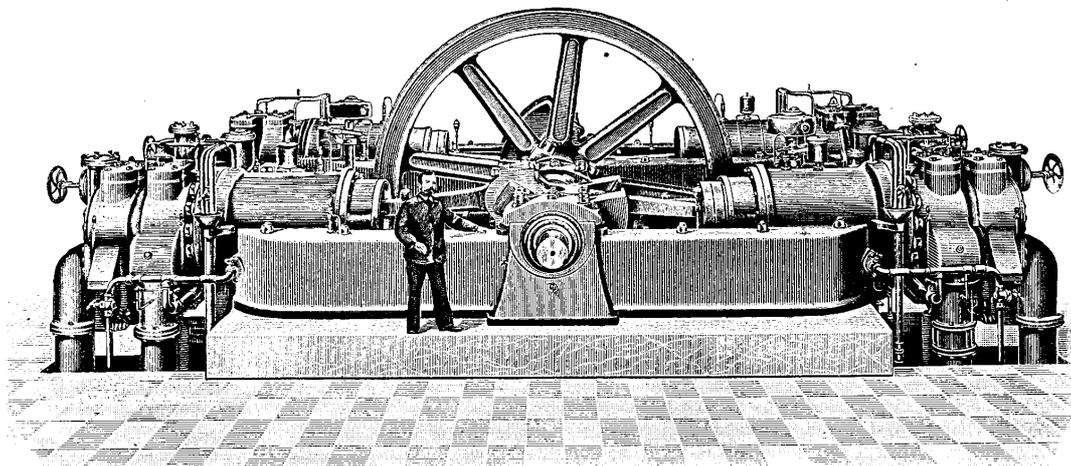


Fig. 70. — Moteur Otto à 4 cylindres.

coup, et l'on connaît une vingtaine des systèmes de carburateurs, dont certains sont très pratiques et ont donné de bons résultats. Nous décrivons les systèmes les plus connus:

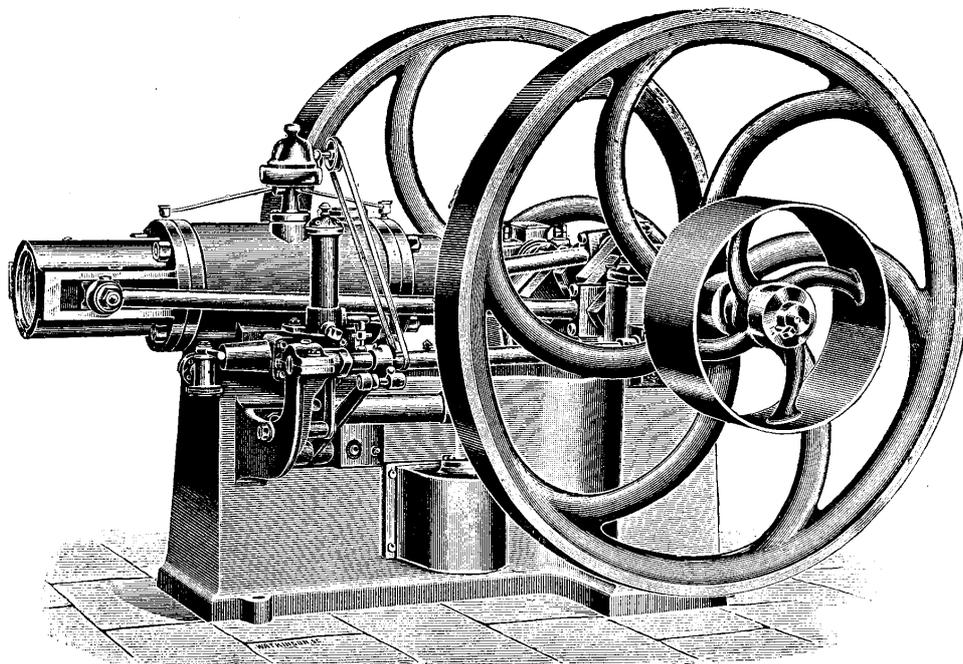


Fig. 71. — Moteur Robson.

*Gaz Mille.* — Dans ce système, l'air est appelé dans un réservoir à essence de pétrole par la volatilisation et la chute même de la vapeur qui est plus dense que l'air. Le ré-

servoir est placé à un niveau supérieur, et un tube de caoutchouc partant du fond, conduit le gaz combustible au brûleur. Le succès remporté par ce dispositif a encouragé les inventeurs

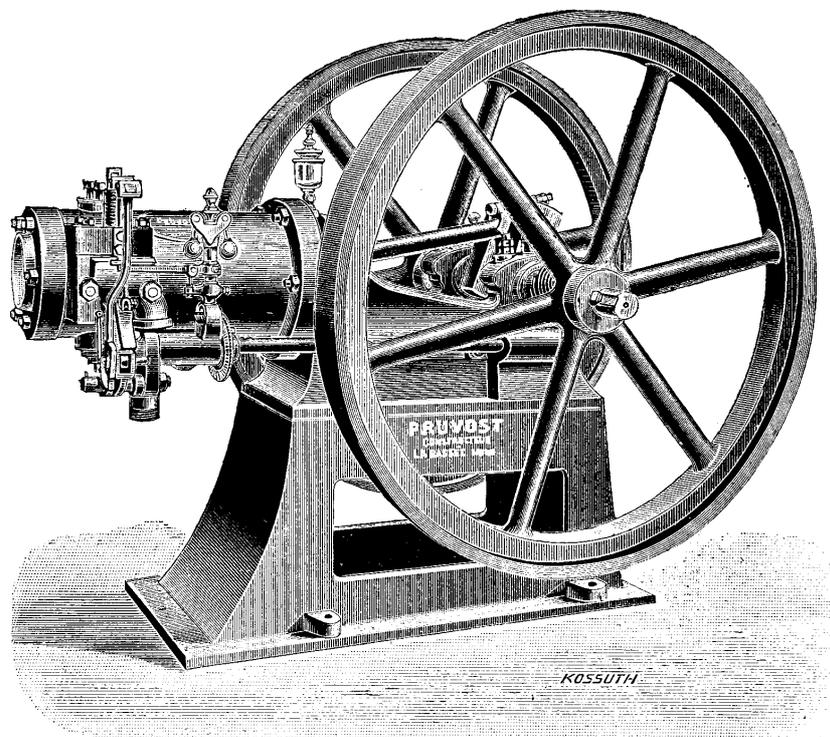


Fig. 72. — Moteur Pruvost.

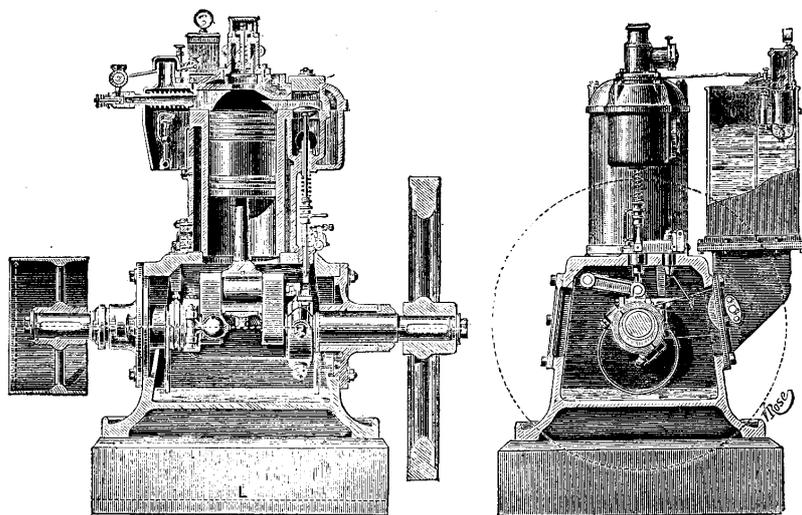


Fig. 73. — Moteur Le Gnome.

à le perfectionner. Le carburateur Lafrogne est un des plus anciens: la saturation y est obtenue

à l'aide d'un petit moteur à air chaud. Dans les systèmes Haerson, Pluyer et Muller de Birmingham, dans les types *Eclipse* et *Phæbus*, c'est un compteur mis en mouvement par la descente d'un poids, qui fait l'office de ventilateur pour l'appel d'air. Enfin, dans le gazogène Rouilli, c'est

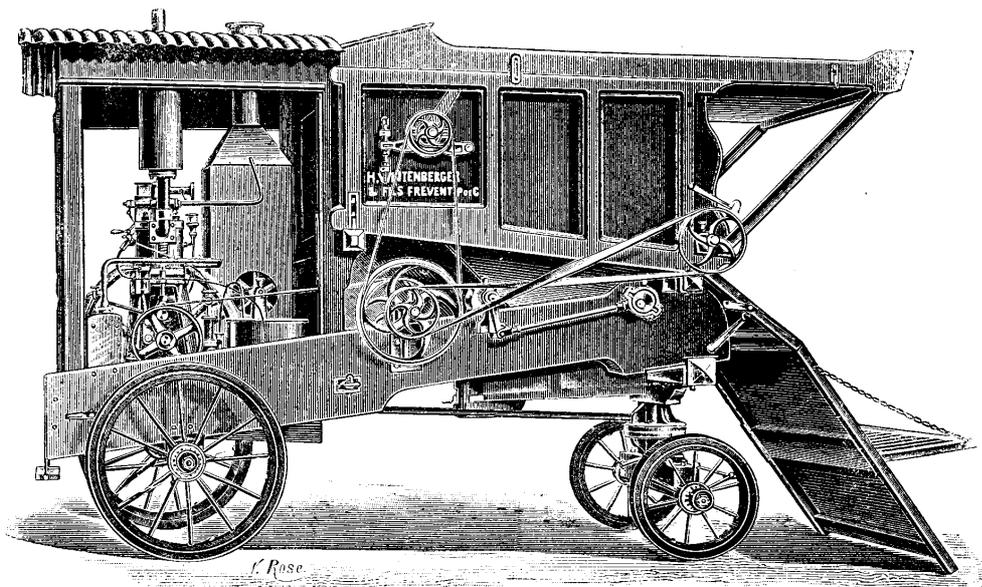


Fig. 74. — Batteuse Wintenberzer.

une sorte d'injecteur Giffard qui déplace l'air. Le carbure se volatilise dans une petite cornue chauffée par la flamme d'un brûleur, et s'échappe, par un orifice très étroit dans un canal

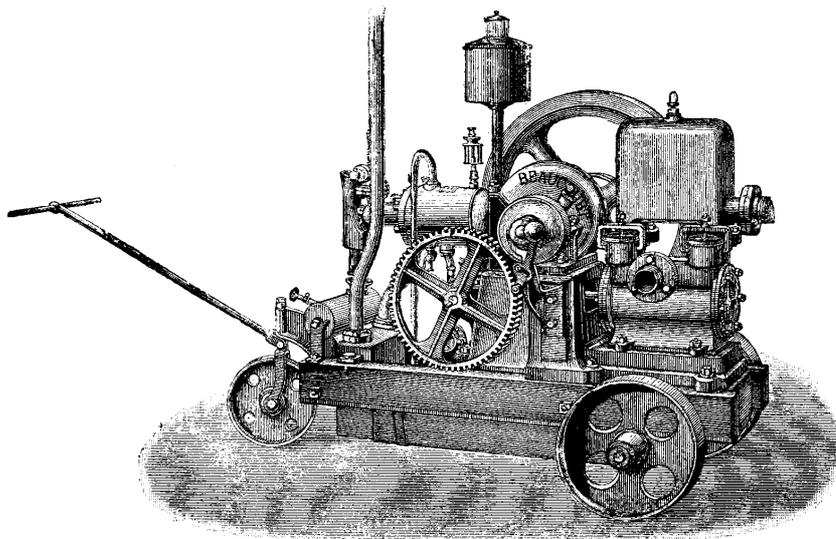


Fig. 75. — Pompe Japy sur roues.

aboutissant au gazomètre, en entraînant l'air extérieur, qui est appelé par un orifice latéral.

*Appareil Faignot.* — Le compteur d'appel, actionné par un tourne-broche, aspire l'air extérieur et le refoule dans des caisses de grande surface, divisées en plusieurs étages

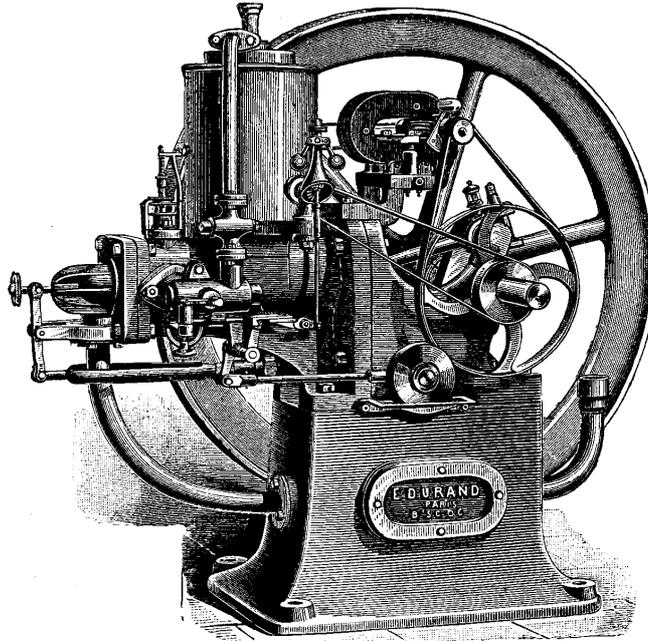


Fig 76. — Moteur à air carburé Durand.

par des claies poreuses et contenant la gazoline; un jeu de robinets permet d'ouvrir alternativement les caisses et de maintenir constante la richesse du gaz produit. La carburation est

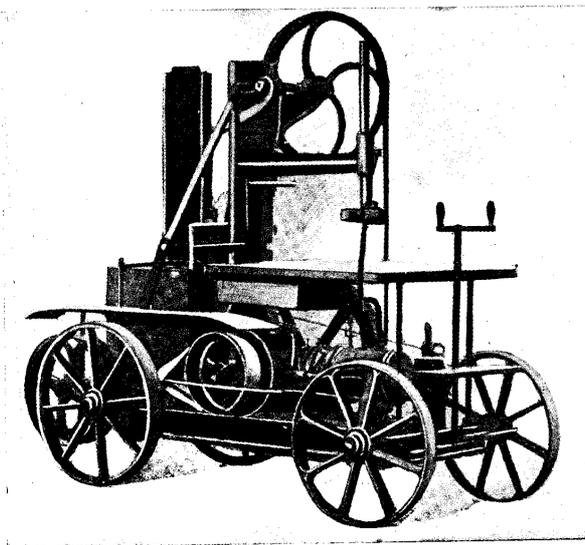


Fig. 77. — Scie automobile Japy.

ainsi très méthodique. L'appareil a paru en 1885 à l'Exposition d'Anvers, et alimentait un moteur Bénier. Il a été surtout appliqué à l'éclairage des villes, châteaux, etc., enfin de

toutes les habitations non desservies par une canalisation de gaz, et sa disposition a été imitée par plusieurs constructeurs, tels que Pollack de Hambourg et Wilhelm, qui ont fait connaître des carburateurs cloisonnés analogues.

*Moteur à air carburé Lenoir.* — Les carburateurs pour force motrice ont été étudiés avec soin depuis une dizaine d'années, et en raison de l'extension rapide prise par

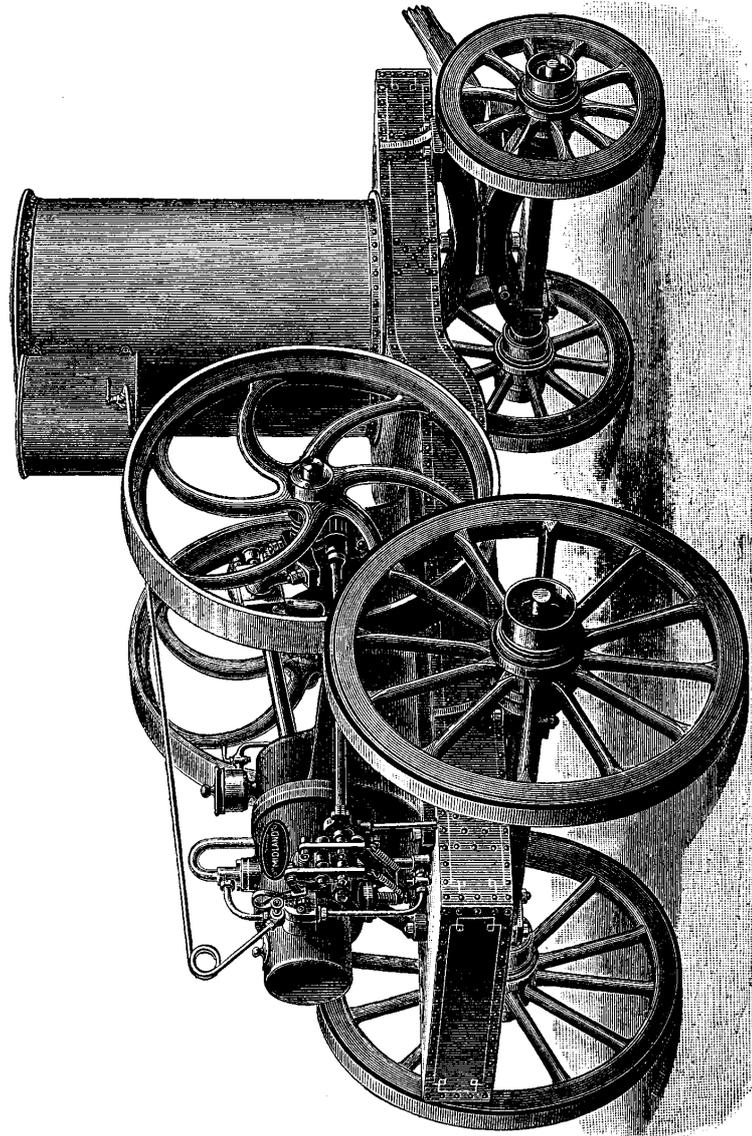


Fig 78. — Locomobile Midland.

l'industrie des moteurs à gaz. L'un des plus ingénieux est celui construit par MM. Rouart frères, sur les plans de M. Lenoir, pour l'alimentation du nouveau moteur créé par cet inventeur. Le

carburateur Lenoir est cylindrique et disposé horizontalement sur un axe qui lui fait accomplir 5 à 6 tours par minute à l'aide d'un pignon commandé par le moteur lui-même. Des cloisons verticales perforées divisent le cylindre en plusieurs compartiments, et la paroi intérieure est garnie d'augets faisant office de norias; le carbure remplit ces augets, et il

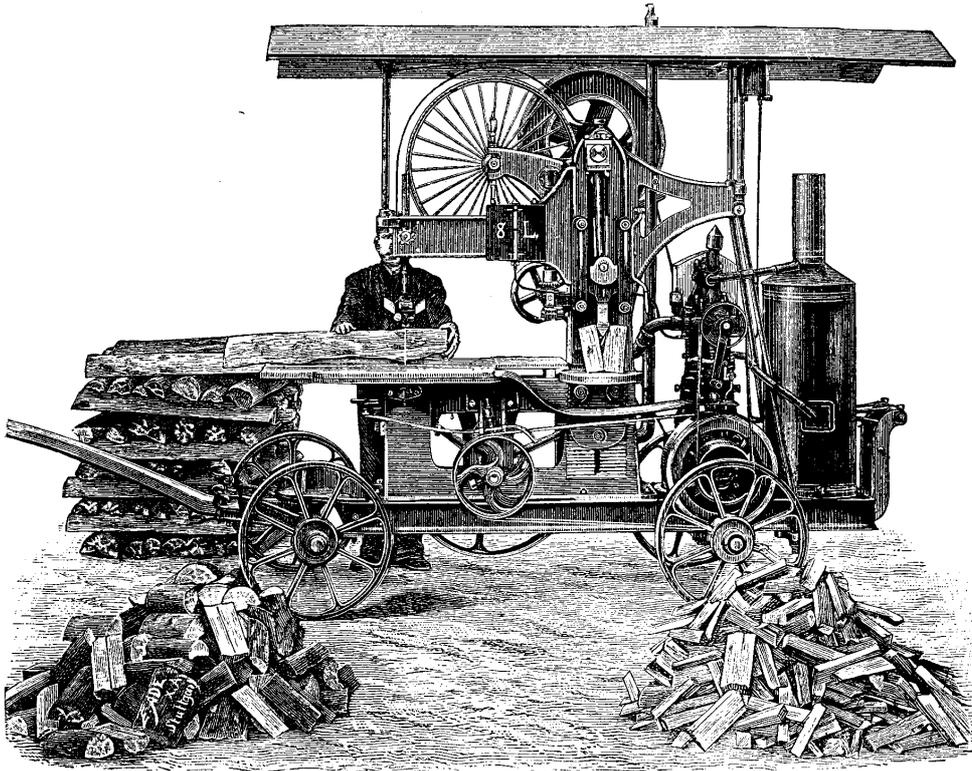


Fig. 79. — Machine à scier le bois.

s'élève avec eux par suite du mouvement de rotation, pour se déverser en pluie quand les augets atteignent le point culminant de leur course. L'air se trouve donc saturé de vapeurs combustibles qui sont aspirées par le moteur pendant le premier temps du cycle. C'est par ce carburateur que sont alimentés les moteurs agricoles et les machines de bateaux Lenoir. En estimant le prix de la gazoline à 50 centimes (hors Paris), le cheval-heure coûte 0 fr. 32 par ce système.

*Carburateur Schrab.* — L'idée de cet inventeur est vraiment originale: Il remplace l'eau contenue dans la double enveloppe du cylindre, et qui est exigée pour refroidir les parois, par l'hydrocarbure à gazéifier. De là, cet hydrocarbure, qui est déjà à une température de 80 degrés, passe dans un récipient de carburation à plusieurs compartiments, que traversent les gaz de la décharge; ces gaz ainsi refoulés dans un liquide bouillant se recarburent en

se chargeant d'hydrogène, d'oxyde de carbone et autres gaz très combustibles, et ils redeviennent aptes à rentrer dans le cycle, et à produire une nouvelle explosion, à condition toutefois de retrouver l'oxygène nécessaire à leur combustion. L'inventeur affirme que les gaz de la décharge n'entraînent que le 1/16 de ce que prendrait de l'air pur traversant de l'essence de

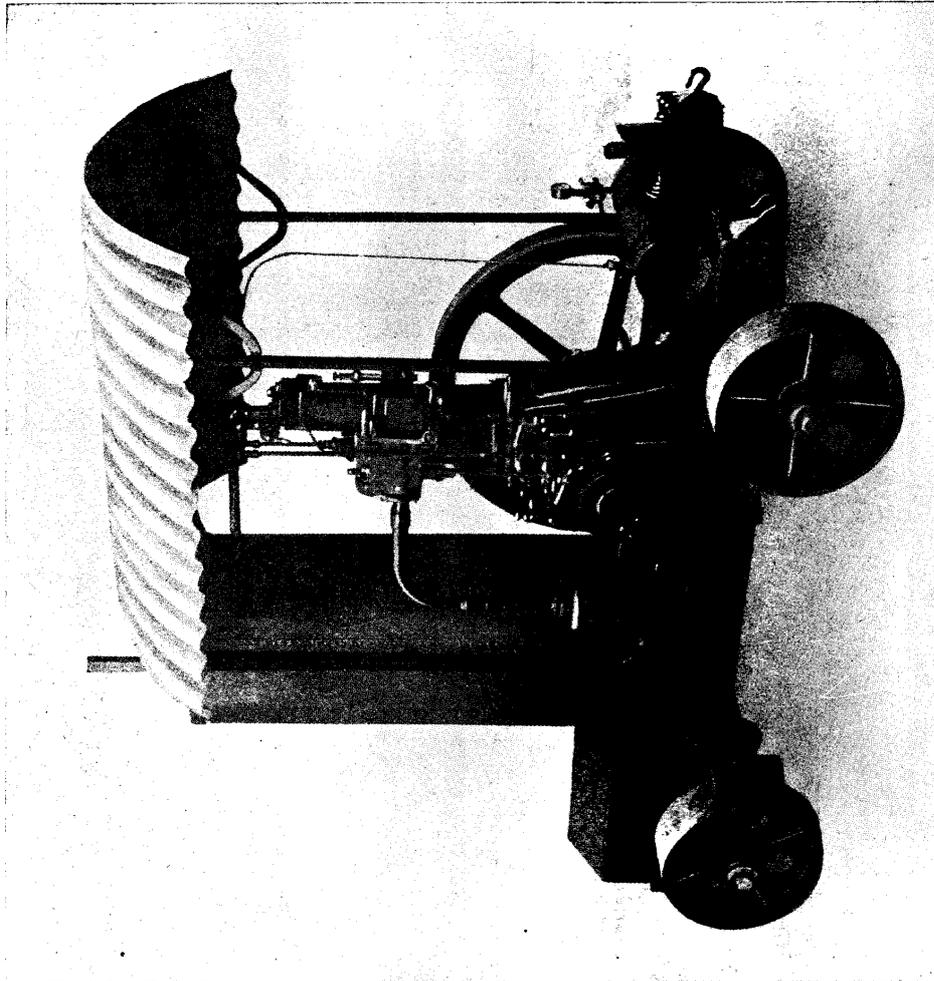


Fig 80 - Moteur Niel sur plateforme roulante.

pétrole, et il explique ainsi l'économie extraordinaire réalisée par son moteur qui ne consommerait qu'un litre de gasoline par cheval en dix heures de travail. C'est là un résultat vraiment remarquable et qui fait, s'il est exact, de l'appareil de M. Schrad, un générateur de force d'une économie sans égale.

*Carburateur Meyer.* — Ce système présente l'avantage de pouvoir utiliser des carbures lourds, autres que les gazolines, et ordinairement de prix moins élevé et de les volatiliser entièrement. Ces carbures coulent goutte à goutte dans une chaudière lenticulaire en tôle d'acier, de 8 centimètres de diamètre sur 4 de hauteur, chauffée par un bec de gaz.

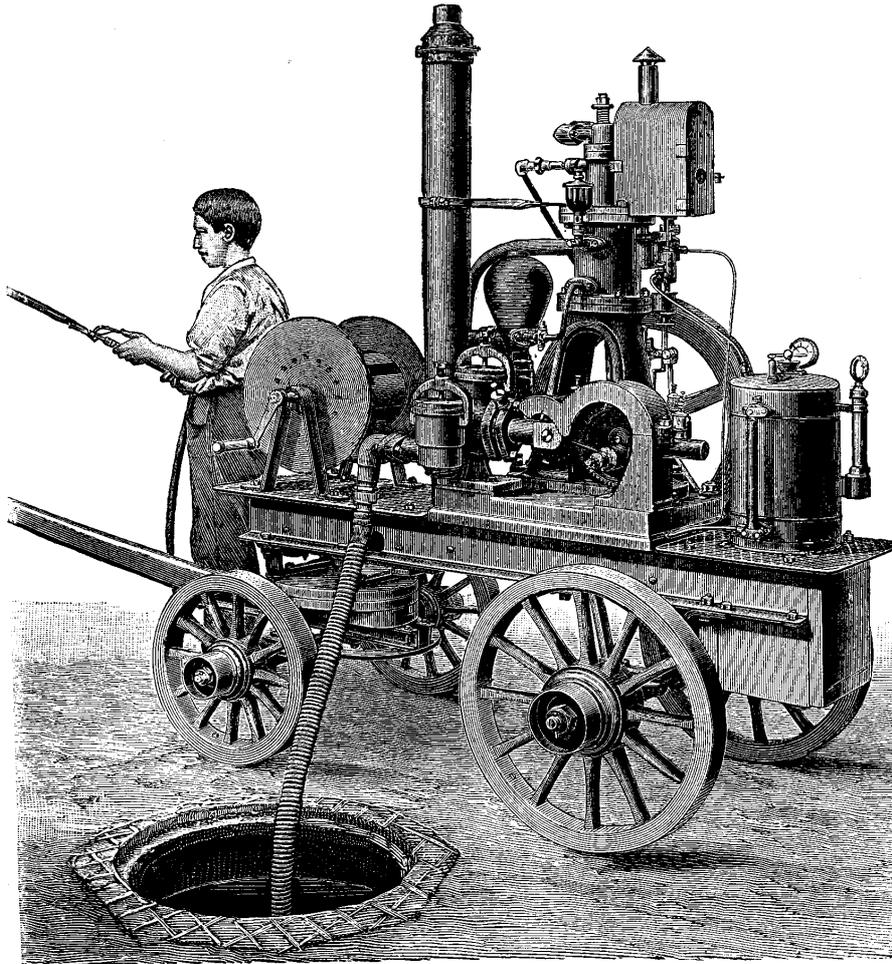


Fig. 81. — Moteur-pompe Grob.

La vapeur produite a, par suite, une tension très élevée; elle traverse un injecteur d'air avec une très grande vitesse, et pénètre à travers une soupape d'arrêt, dans un gazomètre muni d'un système d'arrêt qui fait baisser la flamme du bec brûleur dès que la cloche est entièrement remplie. L'appareil est donc auto-régulateur, et la proportion de carbure vaporisée est proportionnée à la consommation du moteur. Il paraîtrait que l'air carburé par ce procédé aurait un pouvoir calorifique de près de 10.000 calories ce qui constituerait un résultat vraiment remarquable.

*Carburateur Delamare.* — M. Delamare-Deboutteville a combiné un carburateur très bien compris, et qu'il adjoint à son moteur *Simplex* pour la marche à essence de pétrole.

La gazoline contenue dans un récipient supérieur, s'écoule en un filet mince par

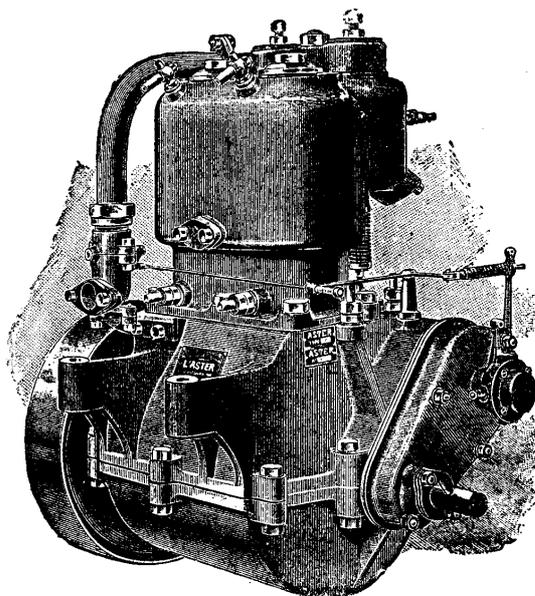


Fig. 82. — Moteur Aster.

un robinet et tombe sur une brosse en crin, de forme hélicoïdale, en même temps qu'un jet d'eau chaude provenant de l'eau de réfrigération du moteur. L'élévation de la température

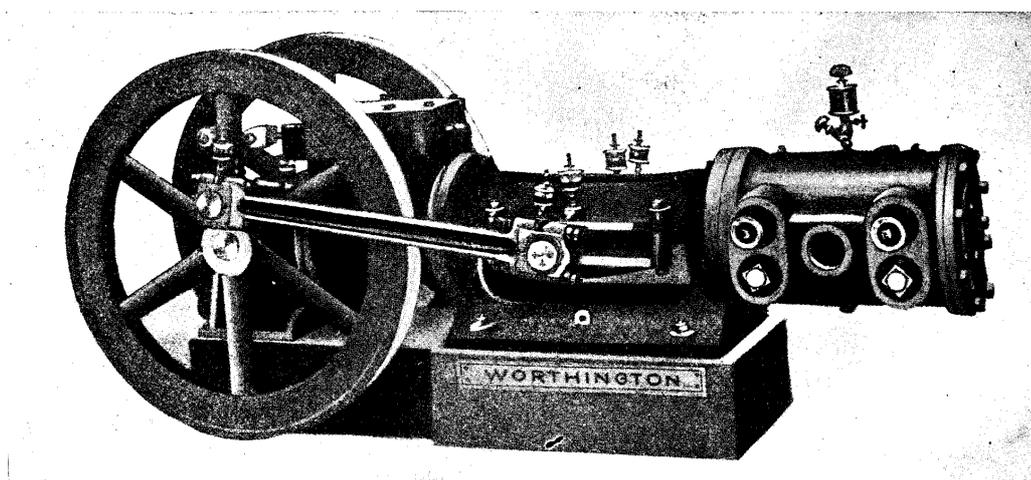


Fig. 83. — Moteur Worthington.

favorise l'évaporation du carbure, et les deux liquides tombent ensemble dans un vase clos. La gazoline, débarrassée de toutes ses impuretés, surnage et, tandis que l'eau est évacuée

par un siphon de trop plein, les vapeurs combustibles se rendent au moteur à travers une valve de sûreté empêchant toute inflammation en retour. Ce dispositif de nettoyage préalable du carbure donne les meilleurs résultats et évite tout encrassement du cylindre, sans aucune perte par le trop plein.

*Carburateur Lothammer.* — Autant l'air se charge facilement d'hydrocarbures volatils, autant la séparation de ces substances est rapide à se produire; c'est pourquoi il est nécessaire de placer l'appareil aussi près que possible du moteur à alimenter. Dans le système

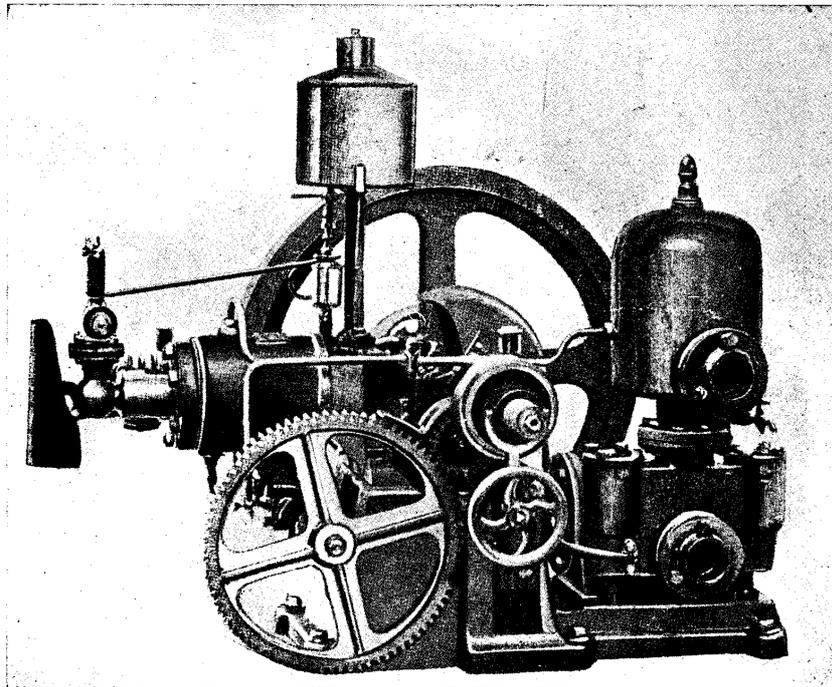


Fig. 84. — Moteur-pompe Japy.

Lothammer, le mélange est tellement parfait qu'on pourrait croire, dit l'inventeur, à une combinaison avec les vapeurs du carbure. Ce carburateur est cependant très simple: l'évaporation s'y produit à froid, et la température y est maintenue constante grâce à l'adjonction d'un brûleur. L'air qui pénètre par la partie inférieure traverse la gazoline par petits filets et se charge très également de vapeurs combustibles. L'appareil Lothammer a reçu d'assez nombreuses applications et donné des résultats avantageux.

*Moteur Tenting.* — M. Tenting a disposé le moteur à gaz que nous avons décrit plus haut pour la marche à air carburé, et, à cet effet, il l'a muni d'un carburateur composé de trois caisses superposées que parcourt la gazoline. La première renferme la provision

pour la marche d'une journée et la dernière est traversée par le tuyau de décharge des gaz, dont la chaleur réchauffe le liquide volatil refroidi par son changement d'état. Bien qu'un peu rudimentaire, ce carburateur n'en a pas moins un fonctionnement très pratique.

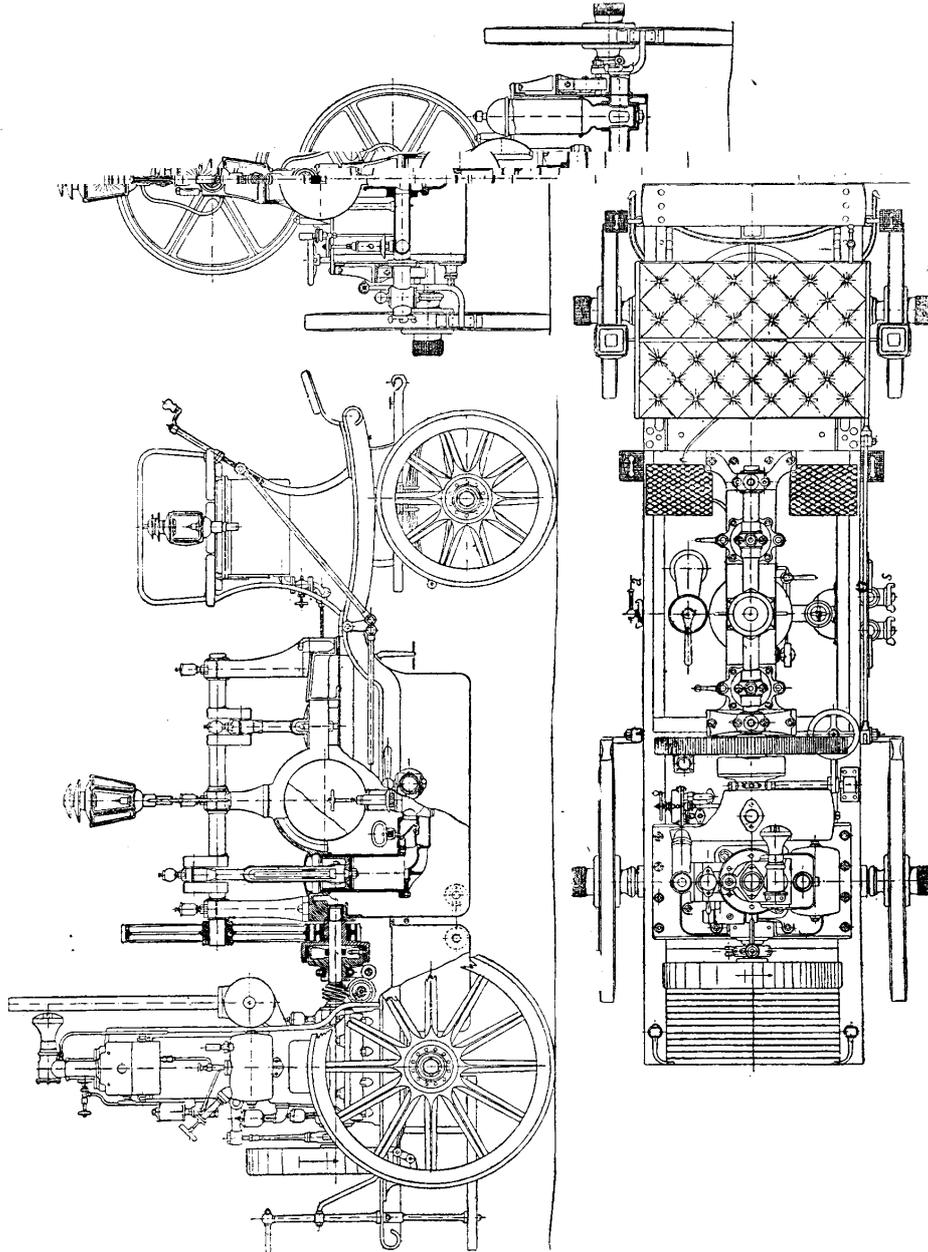


Fig. 85. — Pompe à incendie à pétrole Grether et Cie.

*Moteur à air carburé Durand.* — L'inventeur s'est proposé de construire un moteur pouvant fonctionner à volonté au gaz ou au pétrole, marchant sans surveillance à allure

régulière, robuste, peu encombrant, n'exigeant que peu de soin d'entretien, enfin d'un prix peu élevé. Cet idéal, M. Durand s'en est approché, mais quant à l'avoir atteint, c'est ce que nous ne pensons pas, car le mécanisme qu'il a combiné est fort compliqué et ne sort pas des sentiers battus.

Le moteur est à quatre temps, l'allumage est électrique par l'extra-courant de rupture d'une petite magnéto mue par la machine même, la régulation s'opère en modérant l'arrivée du gaz, par action sur la soupape d'admission, l'air est appelé directement par le piston à travers un tamiseur spécial chauffé par les produits de la décharge, et cette alimentation par l'air chaud amène une certaine économie de gaz.

Le carburateur est automatique et se règle de lui-même; c'est un vase cylindrique hermétiquement clos, rempli d'essence. Un macaron poreux en liège flotte à la surface et s'en

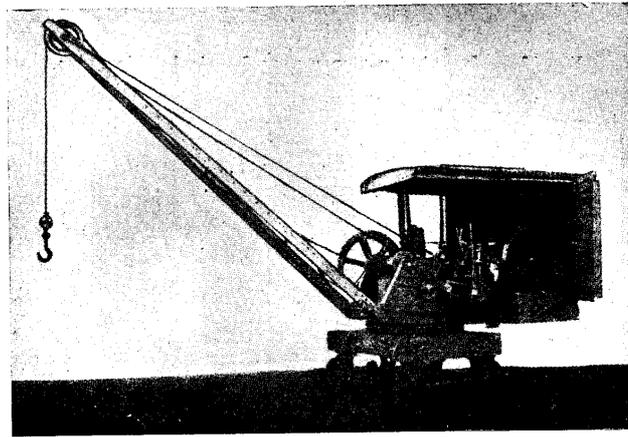


Fig. 86. — Grue à pétrole Cadiot.

s'en imprègne; c'est une sorte d'éponge au milieu de laquelle débouche l'air à carburer, par l'intermédiaire d'un tuyau qui traverse à frottement doux le couvercle du récipient; l'évaporation est donc toujours superficielle, et les impuretés peuvent rester dans le fond du vase. Le pétrole employé a une densité de 0,700 environ; il coûte un peu moins cher que la gazoline, et on peut se le procurer partout.

Tel est le moteur Durand qui ne pèche que par le nombre de ses organes, inconvénient toujours sérieux dans les machines fonctionnant par chocs brusques, et dont la détérioration est rapide quand on n'apporte pas tous ses soins au graissage des frottements et du cylindre.

*Moteur Daimler.* — Ce moteur, construit par Panhard et Levassor, est célèbre surtout par son application aux voitures automobiles de Panhard et de Peugeot, qui ont

remporté les premiers prix dans les courses de Paris-Rouen 1894 et Paris-Bordeaux 1895. Nous en dirons ici quelques mots.

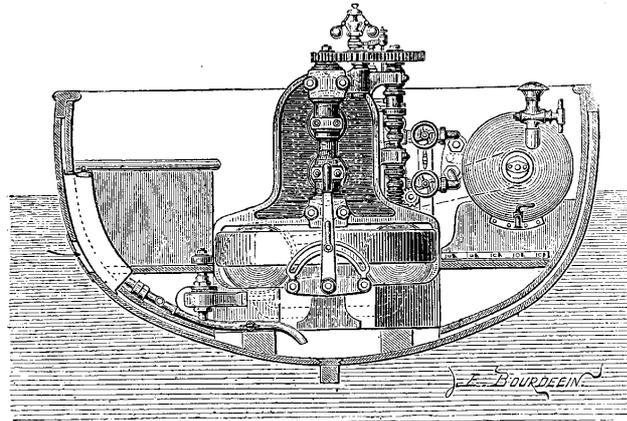


Fig. 87. — Installation d'un moteur Lenoir dans la coque.

Dans le modèle de moteur employé pour les voitures, les deux cylindres sont disposés l'un derrière l'autre, non accolés, mais, au contraire, l'égèrement inclinés sur la

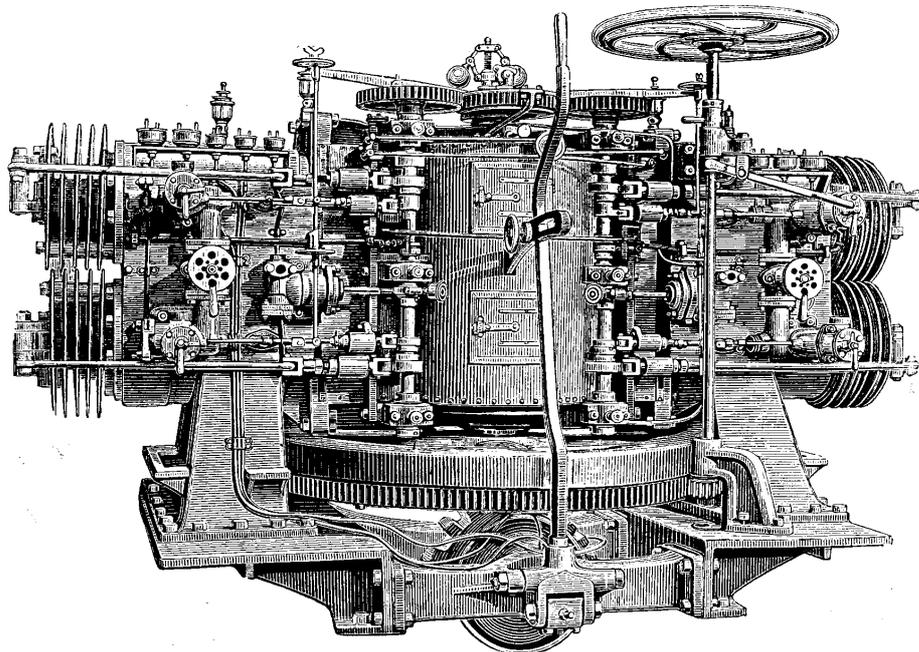


Fig. 88. — Machine Lenoir de bateau.

verticale. Ces cylindres sont pourvus d'une soupape centrale servant à introduire de l'air comprimé qui chasse les produits de la combustion des gaz, une fois la détente opérée. La

soupape d'admission et la soupape d'échappement sont renfermées dans une boîte qui contient également le tube incandescent servant à l'allumage du mélange explosif.

Le régulateur, placé sur l'arbre moteur, a pour effet, lorsque la vitesse de la machine dépasse une certaine limite, fixée d'avance, d'empêcher l'ouverture de la soupape d'évacuation. Les gaz brûlés restant dans le cylindre s'opposent à l'introduction d'une nouvelle charge de gaz, et la machine fait un tour sans explosion motrice. Les volants de régularisation de la vitesse sont également renfermés, avec le mécanisme, dans une caisse étanche communiquant avec l'air extérieur par une soupape automatique s'ouvrant de dehors en dedans et ayant pour but de conserver toujours, par le jeu de pistons fonctionnant comme pompes aspirantes, une certaine quantité d'air comprimé pour l'alimentation.

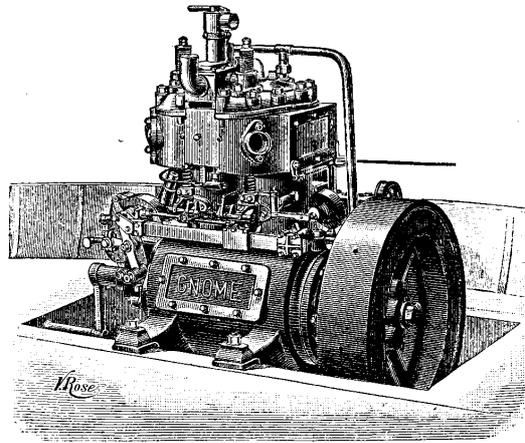


Fig. 89. — Moteur Gnome pour bateaux.

Le moteur Daimler a une marche assez régulière; il est alimenté d'air carburé par son passage à travers la gazoline renfermée dans un carburateur cylindrique. L'échauffement des parois par l'effet des inflammations répétées de gaz dans les cylindres, est combattu par un système de circulation d'eau qui se refroidit en passant dans l'espace annulaire de deux tuyaux concentriques allant d'un bout à l'autre de la voiture; la chaleur que cette eau a absorbée se dissémine rapidement dans l'air froid qui frotte constamment les tuyaux, extérieurement et intérieurement.

*Moteur à gaz et à air carburé Brouhot.* — La maison Brouhot, de Vierzon, a établi un modèle de moteur à gaz pouvant également marcher au pétrole, et destiné surtout aux travaux agricoles. Le type fonctionnant au gaz de ville ne diffère pas sensiblement des modèles déjà connus; son fonctionnement s'opère à quatre temps; le cylindre disposé en porte-à-faux sur son socle possède une double enveloppe pour le refroidissement. Le mélange détonant est allumé à l'aide d'une étincelle électrique produite par une batterie de piles dont

la charge dure de 120 à 130 heures, ou par une petite machine dynamo ou magnéto, actionnée par une transmission spéciale.

Le moteur à air carburé présente la même construction que le précédent; il possède seulement en plus un *carburateur*, récipient rempli de pétrole ou d'essence minérale très volatile, que l'air appelé par le vide créé dans le cylindre par le mouvement du piston traverse pour se charger d'hydrocarbures. Un bidon contenant plusieurs litres de pétrole sert de réserve; un appareil de réglage est interposé et permet de remplacer ce liquide dans le car-

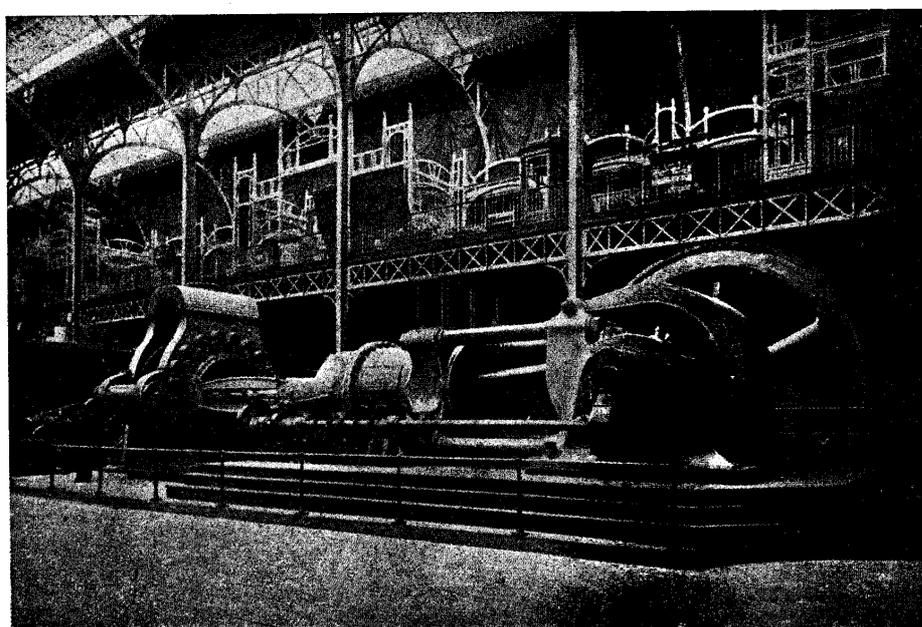


Fig. 90. — Moteur Simplex 700 chevaux.

burateur au fur et à mesure de son usure par évaporation, de telle façon que la richesse carburante du pétrole soit toujours constante, de même que son niveau. Ce dispositif, simple et robuste, peut donc rendre les meilleurs services pour toutes les applications agricoles.

*Moteurs à air carburé pour voitures automobiles.* — Le succès des véhicules mécaniques a dépassé toutes les espérances, et devant ce nouveau champ d'application à exploiter, les inventeurs se sont efforcés d'établir des moteurs de plus en plus légers et pratiques, aussi bien pour les besoins de la locomotion que pour une foule d'autres usages. Nous avons parlé du moteur Daimler, qui a été choisi par plusieurs constructeurs d'automobiles; nous devons également signaler des modèles plus récents et cependant absolument remarquables.

Parmi les nombreux systèmes de ce genre, citons particulièrement le moteur à

grande vitesse, appliqué par MM. de Dion et Bouton à leurs tricycles automobiles. L'allumage s'opère électriquement par un dispositif imaginé par le capitaine de Place; le refroidissement est assuré par des ailettes entourant le cylindre, la transmission s'effectue par engrenages, enfin l'ensemble est très bien combiné et marche admirablement.

Dans le même ordre d'idées, citons encore les moteurs à essence des voitures Lepape Gauthier, des tricycles et quadricycles *Gladiator*, de la *Société des voitures sans chevaux*, et celui de la *voiturette-tandem*, de M. Léon Bollée, dont la création a causé une grande sensation en raison des résultats surprenants de vitesse que le moteur dont ce véhicule est pourvu, a permis d'obtenir, pour une dépense minime. Rappelons encore le moteur à 5 cylindres actionnant la «bicyclette Soleil de Millet» et le mécanisme pesant et compliqué de la bicyclette à pétrole Wolfmüller, qui n'a eu qu'un succès de curiosité, et nous aurons montré à peu près tout ce qui s'est fait de plus intéressant dans cette branche des moteurs légers. Inutile d'ailleurs d'ajouter que ces machines peuvent être employées à un tout autre usage que la traction des véhicules, et qu'on peut également leur faire actionner des dynamos et produire de la lumière ou de l'énergie électrique.

#### LES MOTEURS A PÉTROLE LAMPANT

Il y a une très grande différence, au point de vue économique surtout, entre les moteurs à essence ou à air carburé, que nous venons de décrire, et les moteurs à pétrole ordinaire, du commerce, ou *pétrole lampant*. Cette huile, dont la densité dépasse 800 grammes, présente moins de dangers, en raison de sa moindre inflammabilité, et son prix est inférieur à celui des essences légères, gazolines, etc. Nous donnerons plus loin un tableau comparatif du prix de revient de la force développée par les divers systèmes de moteurs, et on pourra s'expliquer la raison qui a fait tourner la vogue faveur de moteurs pouvant marcher au pétrole lampant sans carburateur.

La première idée de moteur au pétrole ordinaire date de plus de trente ans déjà: elle a été émise et réalisée en 1872 par Brayton, que l'on peut considérer comme le père de cette famille, aujourd'hui si nombreuse, d'appareil moteurs utilisant toutes les huiles: naphte, schistes, kérosines et autres, n'entrant en ébullition qu'à 150° centigrades.

*Realy-moteur Brayton.* — Ce système appartient à notre III<sup>o</sup> type (moteurs à combustion avec compression). Il se compose de deux cylindres, l'un de compression, l'autre de travail. Sur le chemin de l'air comprimé, se trouve un espace rempli de matières absorbantes: feutre, filasse, etc., qui se trouvent constamment imbibées de pétrole qui y injecte une pompe spéciale. Le procédé de carburation de l'air consiste donc à faire mousser le liquide

sous l'influence d'un jet d'air à haute pression, de telle façon que l'air pur admis au cylindre à travers la masse poreuse qui obstrue la communication, entraîne une certaine quantité d'huile à l'état de vésicules ou de brouillard et devienne par ce seul fait, combustible. La

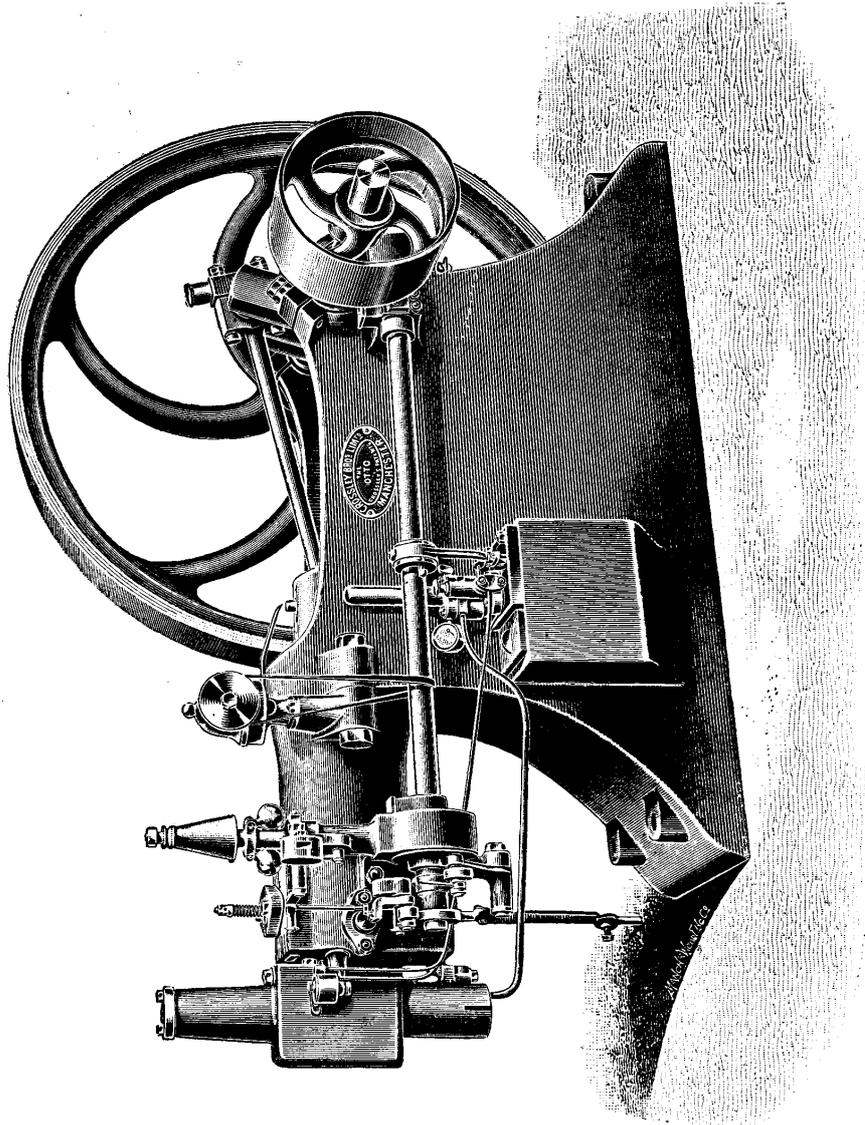


Fig. 91. — Moteur Crossley à pétrole.

qualité du pétrole importe peu; les huiles lourdes, à bas prix, présentent même l'avantage d'assurer la conservation de l'appareil, leurs résidus graissant fort bien cylindre. Un volume de pétrole suffit à carburer 24.000 volumes d'air par le procédé Brayton.

Le moteur est horizontal ou vertical, le cylindre de compression étant superposé à celui de travail, et son piston étant guidé par une bielle courte donnant une forme assez disgracieuse à l'ensemble. L'admission du pétrole pulvérisé se prolonge jusqu'au tiers de la course du piston: il brûle au fur et à mesure de son introduction dans le cylindre moteur; une longue détente conduite le piston à fond de course, les gaz brûlés sont expulsés par la course arrière du piston, et la même série d'opérations se reproduit sur les deux faces, la machine étant à double effet. Un réservoir chargé d'air comprimé sert à mettre la machine en route sans qu'il soit besoin de tourner au volant, ce qui assure le démarrage et rend le moteur *self-starting*.

Les moteurs Brayton, construits par une Société de Philadelphie, ont une puissance de 1 à 10 chevaux; à partir d'une force de 3 chevaux. Le dépense est donc assez faible et rend ce système très avantageux pour toutes les localités dépourvues d'usine à gaz, et plus économique que l'air carburé aux essences légères.

En 1890, il parut un nouveau moteur Brayton plus perfectionné que celui que nous venons de décrire et consommant un peu moins. C'était un moteur à quatre temps, à simple effet, dans lequel le système de pulvérisation de l'huile sous l'influence d'un jet d'air comprimé, était grandement amélioré. La transmission du mouvement rectiligne du piston s'effectuait par un balancier et une bielle, sur laquelle était articulée en même temps la tige du piston de compression. L'allumage se produisait au moyen d'une capsule de platine maintenue au rouge par la chaleur de la combustion.

Il faut reconnaître que c'est là le point de départ des systèmes de moteurs à pétrole lampant actuellement en service dans l'industrie, et Brayton doit être considéré comme le créateur de ce genre d'appareils, qui ont été si perfectionnés dans ces dernières années et que nous allons maintenant passer en revue.

*Moteur à pétrole Sécurité.* — Ce système a été breveté en 1877 par MM. Belmont, Chabout et Diederichs, et il est construit à Bourgoin dans l'Isère. Il fonctionne suivant le cycle à quatre temps. L'allumage est obtenu à l'aide d'une capsule maintenue au rouge par un dard de chalumeau, formé par un courant d'air comprimé et carburé qui parcourt un serpentin chauffé par les chaleurs perdues du cylindre. Cette capsule est fixée à l'arrière du cylindre et mise en communication avec la chambre de compression par un canal coupé par un obturateur permettant de déterminer avec précision l'instant exact de l'explosion.

Le pétrole est vaporisé par son passage dans un serpentin enfermé dans une chambre traversée par les gaz de la décharge. La vapeur ainsi formée a une tension suffisante pour constituer une sorte d'injecteur à aspiration; elle s'échappe par un orifice étroit, entouré par un tuyau ouvert à l'air libre par sa partie inférieure, et aboutissant d'autre part au cylindre; l'air entraîné par le jet se mêle à la vapeur et constitue le mélange tonnant. On met en route en commençant d'abord par carburer l'air au moyen d'une petite provision

de gazoline et on marche ainsi jusqu'à ce que le serpentin soit assez chaud pour amener la vaporisation du pétrole.

Ce système est donc assez compliqué et présente les inconvénients inhérents aux deux générateurs de gaz combustible qu'il nécessite. Son prix est assez élevé ainsi que sa consommation horaire; aussi devons-nous reconnaître à ce dispositif une réelle infériorité comparativement aux modèles qui l'ont suivi.

*Moteur Priestman.* — Le premier brevet de cet intéressant système remonte à l'année 1886 et fut pris par Dent et Priestman. Le modèle actuel, qui représente presque le plus haut point de perfection auquel on puisse atteindre avec ce genre de machines, rappelle

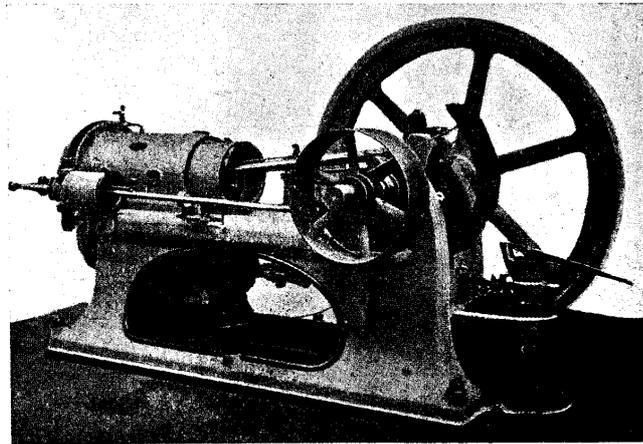


Fig. 92. — Moteur Priestman.

le fonctionnement du type Otto avec un dispositif spécial très ingénieux pour la marche au pétrole lourd vaporisé.

Une pompe à simple effet, commandée par un excentrique, calé sur un arbre tournant deux fois moins vite que l'arbre de couche, comprime de l'air à une pression de régime, dépendant de la puissance du moteur dans un réservoir muni d'une soupape de réglage et disposé à l'avant de la machine. Ce réservoir contient du pétrole que la pression de l'air fait monter jusqu'au pulvérisateur, qui divise le liquide en une poussière humide. De là, le pétrole passe dans un vaporisateur chauffé par le gaz de l'échappement, où il se mêle à un certain volume d'air qui forme ainsi avec lui un mélange tonnant, lequel est admis au cylindre à travers une soupape automatique. La compression puis l'explosion ayant eu lieu, l'échappement s'effectue à travers une soupape de décharge attaquée par le même excentrique qui conduit la pompe à air. Le nombre des organes du moteur se trouve donc réduit au minimum par cet ensemble vraiment remarquable de simplifications, et le résultat définitif

a cela d'excellent qu'il supprime presque complètement l'encrassement inévitable avec les autres systèmes où l'huile de pétrole se trouve portée à haute température et par suite décomposée.

Le type Priestman a réhabilité, on peut le dire, les moteurs à pétrole, dont les ingénieurs doutaient un peu au début; il se prête aux applications les plus variées, depuis 1 cheval de force jusqu'à 50 chevaux en machines horizontales, et depuis 3 chevaux jusqu'à 100 chevaux en machine genre pilon pour la Marine, et il a toujours donné une entière satisfaction aux personnes qui l'ont adopté. Ajoutons que sa mise en marche, qui s'obtient à l'aide d'une lampe et d'un robinet de mise en train automatique, ne demande que quelques minutes, et qu'il ne consomme que 380 à 500 grammes d'huile de pétrole par cheval-heure. Enfin, il est peu encombrant: le modèle de 6 chevaux ne pèse que 1.300 kilogrammes. L'allumage est électrique, par pile et bobine, ou par tube incandescent, au gré des acheteurs.

Le concessionnaire pour la France du moteur Priestman est un ingénieur d'une compétence indiscutable en matière de moteurs à gaz, M. de Faramond de Lafajole.

*Moteur Campell.* — Ce système est robuste et ne comporte que le nombre strict de pièces nécessaires. Il ne comporte que trois soupapes, dont l'une, celle d'admission

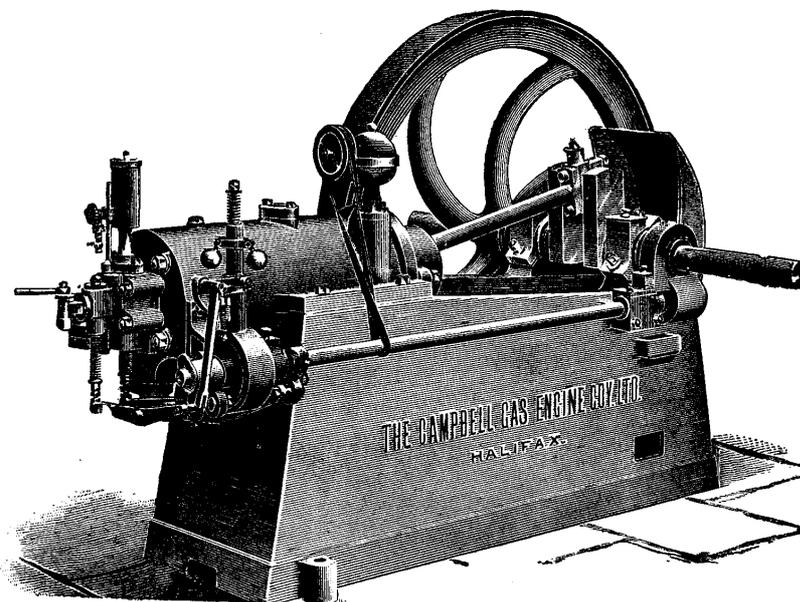


Fig. 93. — Moteur Campbell.

est sous l'influence du régulateur à boules, ce qui proportionne la consommation au travail. La gazéification du pétrole est obtenue au moyen d'une lampe chauffant le vaporisateur. La

vitesse est très constante quelles que soient les variations de travail; la mise en train est très facile. Ce système présente donc certaines qualités, qui l'ont fait apprécier, notamment en Angleterre.

*Moteur Grob.* — Ce système, construit à Leipzig, fonctionne suivant le cycle à quatre temps, et, comme les modèles précédents, il utilise les pétroles de commerce. Il présente la disposition verticale à pilon: le cylindre moteur et ses annexes sont placés à la partie supérieure d'une colonne creuse supportée par un socle boulonné; une des extrémités de l'arbre porte un volant, l'autre reçoit la poulie motrice.

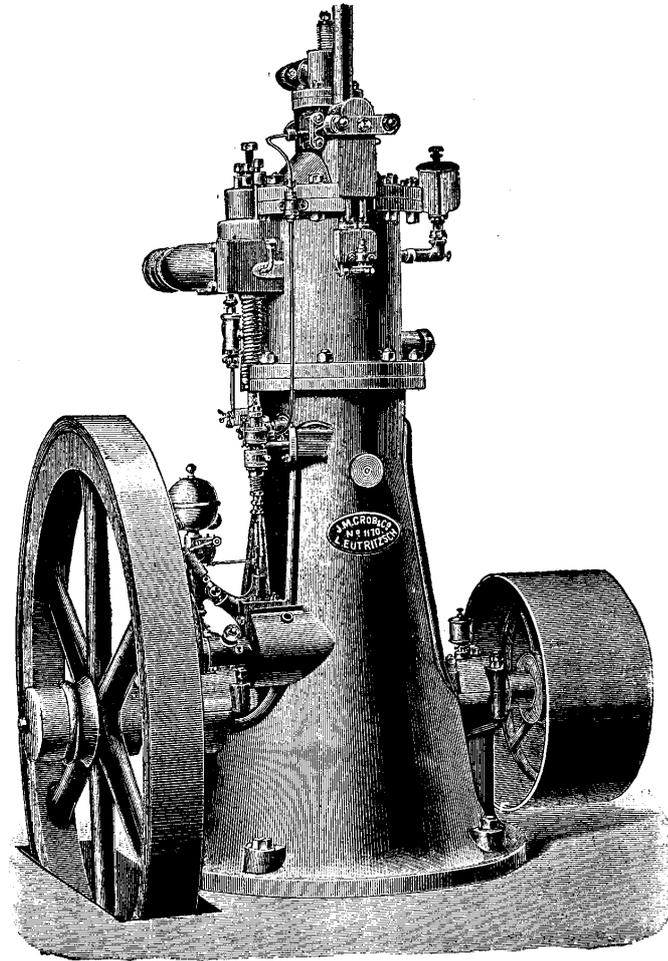


Fig 94. — Moteur Grob.

Le fonctionnement s'opère de la façon suivante; une pompe actionnée par la machine projette le pétrole à vaporiser dans un pulvérisateur qui divise en gouttelettes extrêmement ténues le liquide combustible. Ce liquide, ainsi mélangé d'air, traverse, avant

d'arriver au moteur, un tube ou gazéificateur chauffé extérieurement par une flamme. La vaporisation du pétrole est ainsi obtenue sans aucune complication, et c'est à l'état de vapeur que cette huile pénètre dans le cylindre où elle est allumée, à l'instant précis, par un tube incan-

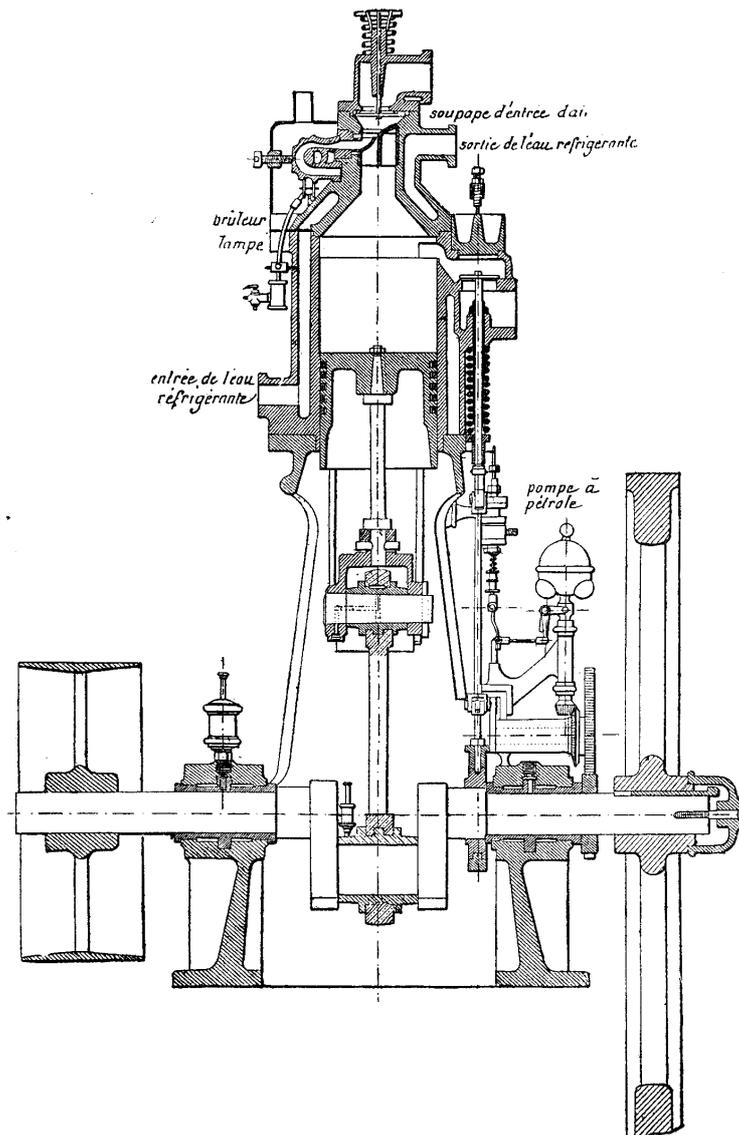


Fig. 95. — Moteur Grob.

descent. Grâce à la compression préalable du mélange gazeux, la détente est très énergique et permet de réduire le diamètre du cylindre, et par suite, le poids et le volume de la machine pour une force donnée. L'allumage, et par conséquent l'action motrice, ne se produit que

chaque fois que la vitesse descend au-dessous d'un certain nombre de coups de piston par minute. Un régulateur-pendule commande le mécanisme de distribution et assure une vitesse à peu près constante à l'arbre moteur, les parois sont assez chaudes pour que l'inflammation soit certaine.

Toutes les machines thermiques basées sur le principe de l'explosion exigent une circulation d'eau constante autour du cylindre moteur, qui, sans cette précaution, ne tarderait pas à être porté au rouge. Cette circulation est indispensable ; quand on n'a pas de conduite d'eau à proximité ou qu'il s'agit d'un appareil agricole monté sur chariot, on peut faire usage d'un dispositif qui permet de n'employer qu'une quantité d'eau limitée.

Ce dispositif est un réservoir cylindrique en tôle de capacité en rapport avec la puissance du moteur (10 litres d'eau par cheval). L'eau, arrivant à la température de 70 degrés de la double enveloppe du cylindre moteur est divisée en un grand nombre de filets par une sorte de claie en bois, occupant la moitié de la hauteur du cylindre. Un petit ventilateur centrifuge commandé par la machine envoie un violent courant d'air à travers cette claie et soustrait une grande partie du calorique de l'eau qu'une petite pompe envoie au moteur. La température est ainsi ramenée à une moyenne de 20 à 25 degrés, ce qui est suffisant pour assurer la constance de la marche.

Le moteur Grob, de même que celui de Merlin, dérive directement du système Capitaine que nous allons décrire, mais il n'en présente ni la régularité ni la disposition rationnelle. Il possède d'ailleurs des défauts redhibitoires que nous devons signaler pour éclairer nos lecteurs sur sa réelle valeur. Le principe de la vaporisation sur lequel est basé le moteur Grob, est extrêmement défectueux, car il résulte de cette gazéification à haute température, une décomposition du pétrole, qui abandonne ses goudrons et encrasse en moins de quelques jours toutes les parties chaudes de la machine. Nous avons d'ailleurs signalé à plusieurs reprises cet inconvénient capital, et d'accord avec de nombreux ingénieurs, nous pensons qu'il n'est point besoin d'aller chercher des moteurs à pétrole chez nos bons amis les Allemands, car nous ne manquons pas, en France, de systèmes incomparablement supérieurs à la ferraille disgracieuse qu'ils essaient à grand renfort de réclame, de nous vendre.

*Moteur à pétrole Capitaine.* — Il y a plus de vingt-cinq ans que l'ingénieur Emile Capitaine, déjà célèbre pour les progrès qu'il avait apportés aux moteurs à gaz, commença ses essais de moteurs à pétrole. Son premier brevet pour moteur à pétrole date de 1879. Sans discontinuer, Capitaine a travaillé aux perfectionnements des moteurs. Il a fait de laborieuses et coûteuses expériences jusqu'au moment où, en 1886, il réussit à exécuter un moteur à marche rapide actionné par le pétrole ordinaire d'éclairage (poids spécifique, 0,88).

Cette machine fonctionnait bien et donnait d'excellents résultats. Elle travaillait

sans flamme allumeuse ou chauffeuse, mais il fallait la charger entièrement ou tout au moins jusqu'à 75 0/0; autrement, avec une charge inférieure ou à vide, la chambre vaporisatrice se refroidissait par suite du nombre restreint ou diminué des explosions, lesquelles ne se produisaient plus régulièrement ni en temps utile.

Ce moteur n'était donc pratique que dans certains cas. Or, l'idée de Capitaine était d'arriver à un modèle de moteur dont chaque grandeur pût fournir régulièrement, non seulement sa force maximum, mais une partie seulement, et toujours avec une dépense de pétrole

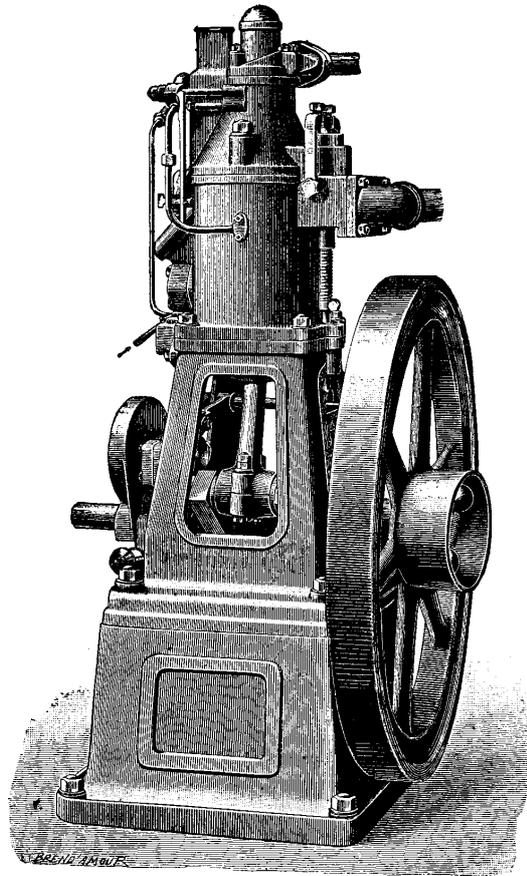


Fig. 96. — Moteur Capitaine (Herlicq concessionnaire).

proportionnée au travail. L'inventeur prit deux nouveaux brevets pour un second dispositif à régularisation de température, mais ce modèle lui parut encore trop compliqué. Enfin d'amélioration en amélioration il arriva à créer le type avec lampe qui a donné de très bon résultats.

Ce modèle possède un vaporisateur en rapport constant avec l'intérieur du cylindre et construit de telle sorte qu'il peut à volonté être chauffé même au rouge sans provoquer

d'explosions prématurées, ni amener la formation de crasses charbonneuses à l'intérieur. Ce vaporisateur amène une petite partie de l'air carburant et ne laisse passer le pétrole que pendant la période d'aspiration. A la fin de cette période le pétrole se trouve entièrement vaporisé dans le vaporisateur. Celui-ci est placé dans un endroit où le mélange explosible ne peut l'atteindre directement. La première machine de ce genre, construite par Capitaine en 1889, eut aussitôt le plus grand succès. C'est encore celle qui est construite aujourd'hui, par M. Louis Herlicq, à Paris.

L'examen de cette excellente machine démontre les recherches continuelles et l'idée principale de Capitaine, résumées dans ce qui précède.

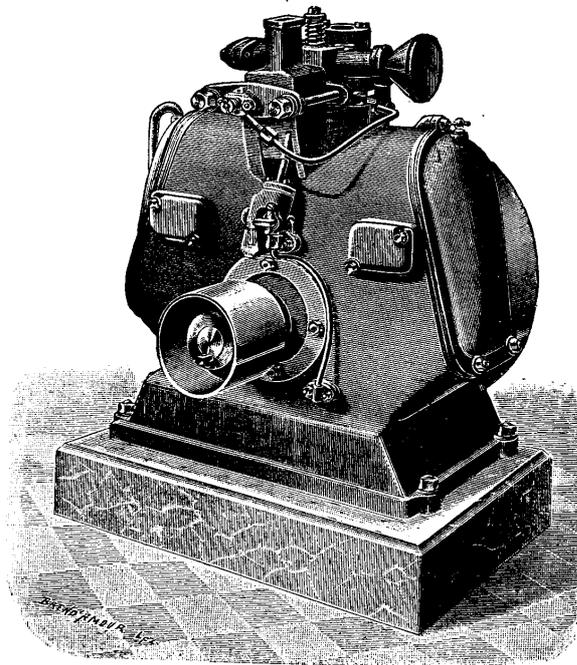


Fig. 97. — Moteur horizontal *Balance* de Capitaine.

Capitaine avait conclu un traité avec MM. Grob et C<sup>ie</sup>, afin de pouvoir exploiter grandement ses inventions. Malheureusement, en 1891, des dissentiments s'élevèrent entre les associés qui durent se séparer. Un procès était inévitable et dura jusqu'au 26 mars 1893. A cette date, un arrangement fut conclu. MM. Grob et C<sup>ie</sup> eurent à payer à Capitaine 125.000 francs, et conservèrent le droit de construire aussi le moteur d'après les brevets pris auparavant aux deux noms Capitaine et Grob. Après sa rupture avec MM. Grob et C<sup>ie</sup>, Capitaine s'est associé avec une maison de construction de premier ordre. Il a pris de nouveaux brevets de perfectionnements qui ont beaucoup ajouté à la valeur de ses précédentes inventions.

Dans les moteurs Capitaine 1892-93, disposés avec lampe, on peut, sans faire le moindre changement au vaporisateur ni à aucune autre partie du moteur, se passer de la lampe, parce que l'inflammation se produit pneumatiquement, comme il a été expliqué en parlant du modèle 1886. Toutefois, c'est à la condition de bien fonctionner à pleine charge ou tout au moins avec 75 0/0. On ne pourrait diminuer les explosions pour faire une économie de pétrole.

Considérant que les moteurs «Capitaine» sans lampe, avec admission limitée d'air par le vaporisateur, donnent longtemps les mêmes bons diagrammes malgré de grandes différences dans la température du vaporisateur, il suffit donc de protéger le vaporisateur et de lui introduire le plus de chaleur possible à chaque explosion. Il est nécessaire surtout de ne pas exposer le vaporisateur au contact de l'air froid ou de gaz moins chauds pendant le mouvement à vide. En observant ces conditions, Capitaine a imaginé le modèle de moteur sans lampe, qui donne les meilleurs résultats.

Capitaine a introduit le vaporisateur dans l'intérieur de la chambre à combustion en les recouvrant soigneusement d'une matière non conductrice. Il ne laisse que les gaz très chauds et à grande expansion traverser le vaporisateur après chaque explosion, en ouvrant après l'expansion une deuxième et petite soupape, qui se referme aussitôt après pour ouvrir alors la grande soupape d'échappement. Cet arrangement est mentionné dans le brevet 62.267.

Au moyen d'une petite lampe à main, on chauffe le vaporisateur en deux ou trois minutes, et le moteur peut commencer à fonctionner.

Les qualités caractéristiques de ce moteur sont:

1<sup>o</sup> Il se passe de flamme et d'appareil allumeur; 2<sup>o</sup> il est mis en mouvement en deux à trois minutes à cause de la petite vitesse du vaporisateur qui repose sur: *a*, admission limitée de l'air; *b*, pose à l'intérieur du vaporisateur; *c* enveloppe non conductrice; *d*, échauffement seulement par des gaz à grande chaleur; 3<sup>o</sup> le vaporisateur n'est pas refroidi pendant le mouvement à vide et lorsque les explosions se trouvent espacées pour la régularisation économique de la vitesse. Enfin, il conserve plus longtemps qu'aucun autre moteur sans lampe des inflammations régulières.

*Moteur Merlin.* — Le type de ce moteur est vertical, il n'est pas sans analogie avec le moteur Capitaine. Le pétrole est renfermé dans le socle servant de réservoir; ce récipient est hermétiquement clos et se trouve mis, d'une part, en communication avec une pompe à air, attenante au moteur, d'autre part avec une pompe à huile. La pression de l'air débité par la première pompe force le pétrole à s'élever jusqu'à la pompe à huile qui le refoule goutte à goutte dans le vaporisateur à travers un appareil de pulvérisation. C'est une soupape qui s'ouvre et se ferme automatiquement à chaque course du piston. La gazéification se fait donc par pulvérisation et vaporisation. Le vaporisateur est chauffé par une lampe à pétrole

spéciale constituant un foyer de grande énergie. Le moteur fonctionne à quatre temps, l'inflammation se produit au contact des parois du vaporisateur, dont la température est assez élevée pour éviter tout raté. La dépense du pétrole est proportionnelle à la puissance à développer: à cet effet le régulateur agit sur la pompe à pétrole pour en réduire le débit et l'arrêter au besoin. Il agit en même temps sur la soupape d'échappement pour empêcher la compression, en sorte que le moteur est maintenu à sa vitesse de régime par ce double moyen. La marche de ce système est très rapide.

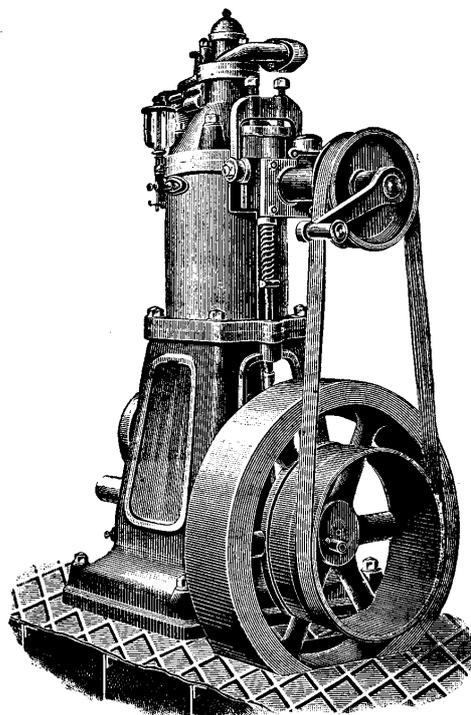


Fig. 98. — Moteur Capitaine de bateau avec mise en train à la main.

Ajoutons, pour terminer, que ce système n'est qu'une copie défectueuse du moteur Grob, qui n'est déjà pas fameux lui-même! Bien qu'il ait obtenu le premier prix à l'Exposition spéciale de moteurs à pétrole tenue à Meaux en 1894, il n'en est pas moins de beaucoup inférieur maintenant aux derniers systèmes récemment inventés ou perfectionnés.

*Moteur à pétrole de Akroyd* (Horsnby). Ce moteur a été inventé par MM. Akroyd, Stuart et Binney; il fonctionne au pétrole ordinaire sans carburateur, et peut utiliser toutes les huiles, depuis l'huile lampante qui pèse 780, jusqu'aux huiles lourdes pesant 860 et s'enflammant à 100 degrés.

Le pétrole est emmagasiné dans le socle du moteur, qui affecte la disposition d'une

machine fixe locomobile. Il n'est pas besoin de pile électrique pour l'allumage du mélange gazeux; enfin on a cherché la simplicité la plus grande pour éviter toutes causes d'arrêt ou d'embarras.

Voici la description de cette machine:

Une lampe à pétrole spéciale D, et montée à l'extrémité du cylindre A, est soufflée en B par un ventilateur rotatif F mû à la main au moyen d'une petite transition. Une dizaine

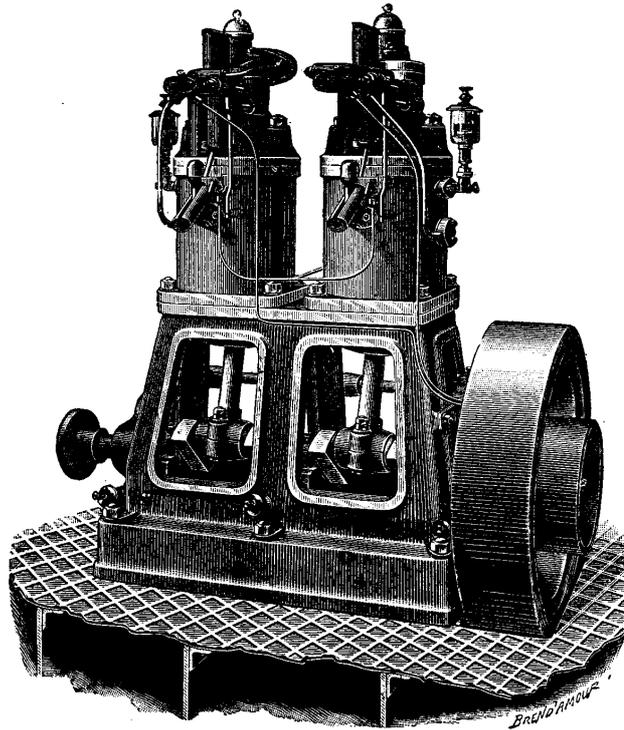


Fig. 99. — Moteurs Capitaine jumeiés.

de minutes sont suffisantes, sous l'influence de ce courant d'air forcé, pour porter la capacité G, munie de nervures internes, à une température suffisante pour assurer l'inflammation du mélange détonant.

Cette capacité G, qui est reliée au fond du cylindre par un conduit étranglé, reçoit d'abord par ce conduit, pendant la course arrière du piston, l'air qui s'y trouve comprimé; puis, vers la fin de ce quatrième temps, la quantité d'huile de pétrole strictement nécessaire à une explosion est injectée par une pompe menée par une came tournant deux fois moins vite que l'arbre moteur, et dont le piston retombe en décrivant, sous le rappel d'un ressort, sa course de refoulement, limitée par une butée réglable; le régulateur agit sur la soupape d'aspiration de cette pompe.

Cette injection de pétrole au sein d'une masse d'air comprimé amène une vaporisa-

tion rapide et complète, de façon à constituer le mélange détonant qui s'enflamme au contact des parois chauffées du vaporisateur C. Pour mettre en marche, on tourne à la main le volant de la machine, de façon à produire la première explosion, après quoi on éteint la

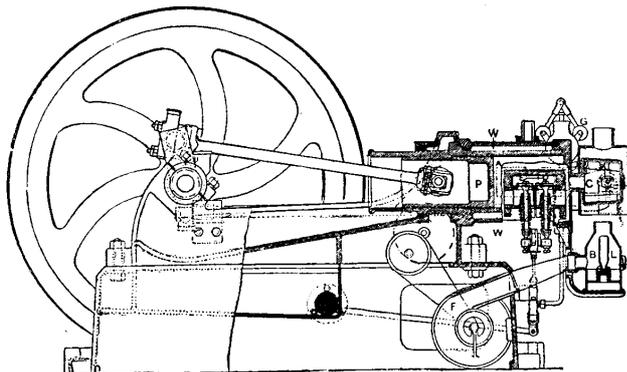


Fig. 100. — Coupe du moteur Akroyd.

lampe L, et la température du vaporisateur C se maintient par suite des explosions successives.

La pompe qui fournit l'huile pour chaque explosion est à piston plongeur et visible sur les bas à droite des figures 100 et 101. Elle aspire, à chaque course du piston, dans le réservoir, par un tube latéral, exactement la quantité d'huile nécessaire à l'explosion, et la

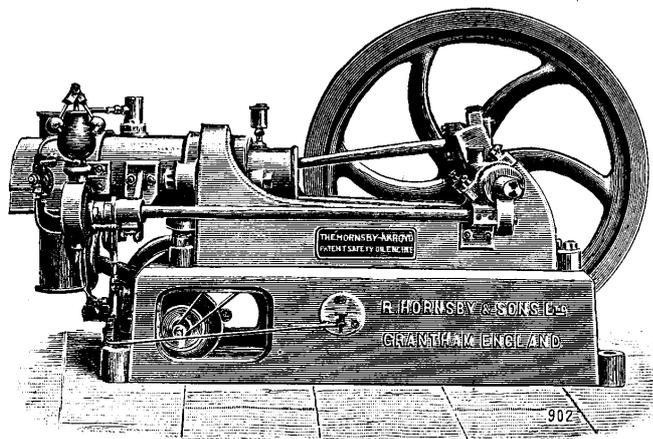


Fig. 101. — Moteur à pétrole de Akroyd (construction Hornsby).

refoule dans le vaporisateur C par une soupape VN. Elle est mue par un levier transversal visible sur la figure 101, articulé en BL, et poussé à gauche par un ressort qui le force à rappeler le piston, lequel est poussé par l'action d'une came calée sur un arbre latéral, qui fait un tour pour deux de l'arbre du volant.

Ce même arbre, visible sur la gauche et au milieu de la figure porte l'engrenage d'angle qui commande le régulateur à boules G, système Porter.

Lorsque la vitesse du volant dépasse le nombre de tours réglementaires, un doigt d'acier mû par le manchon du régulateur ferme la soupape d'admission de l'huile dans le vaporisateur, et elle fait retour au réservoir, de sorte que l'explosion est supprimée; dans ces conditions, qui sont celles des moteurs à quatre temps ordinaires, on peut, avec un volant assez lourd, arriver à une régularité de marche suffisante.

La machine, une fois en marche, ne nécessite plus qu'une légère attention: la circulation se fait en W, pour rafraîchir le cylindre, et la marche est régulière.

En résumé, le moteur Akroyd est à marche rapide, à haute compression, pour atténuer les encrassements, et à mise en train par foyer soufflé à l'aide d'un ventilateur à main. Il consomme du pétrole schisteux d'Ecosse, de densité 0,850, et a une dépense moyenne d'entretien d'environ 0,430 grammes, soit un demi-litre par cheval-heure. L'encrassement est moins rapide et moins tenace que dans beaucoup d'autres moteurs.

*Moteur Vulcain.* — Ce moteur, inventé par M. Lude, présente de nombreuses analogies avec le système Akroyd. Il affecte la disposition horizontale, avec le cylindre en porte-à-faux à l'arrière du socle, il est pourvu de deux volants pour assurer la régularité de la marche. La lampe servant à vaporiser le pétrole pour la mise en train est mobile sur une glissière au-dessus de la chambre de compression faisant suite au cylindre. Le cylindre est muni d'une double enveloppe pour la circulation de l'eau de refroidissement.

La particularité la plus saillante de ce système réside dans le mode de commande des soupapes d'échappement et d'admission. Ce sont des leviers à mouvement alternatif commandés par des bielles coudées.

Le régulateur est disposé à l'intérieur de la poulie de transmission; son action est assez efficace pour assurer la constance de la vitesse dans les limites restreintes.

La consommation de pétrole ordinaire est de 600 grammes en moyenne par cheval-heure; l'encrassement est peu important quand le moteur est bien entretenu, mais la complication des divers organes est un inconvénient qui limite les applications de ce système mal conçu.

*Moteur à pétrole Ragot.* — Ce système utilise, comme les précédents, les huiles lourdes de pétroles, et particulièrement l'huile de schiste qui n'émet de vapeurs combustibles qu'au-dessus de 45° de chaleur, et présente, en outre, l'avantage d'un prix notablement inférieur à celui des essences, telles que le naphte, la benzine, la gazoline, etc.

Il existe plusieurs modèles de ce système dont certains peuvent rendre de grands services à l'industrie électrique, en raison du faible prix auquel ils permettent d'abaisser le cheval-heure, de leur peu d'encombrement et de leur marche régulière et pouvant convenir à la

conduite des dynamos. On peut même constituer des ensembles électrogènes — sans accumulateurs — qui transforment directement le pétrole en lumière électrique, en réduisant la perte par transformation au minimum.

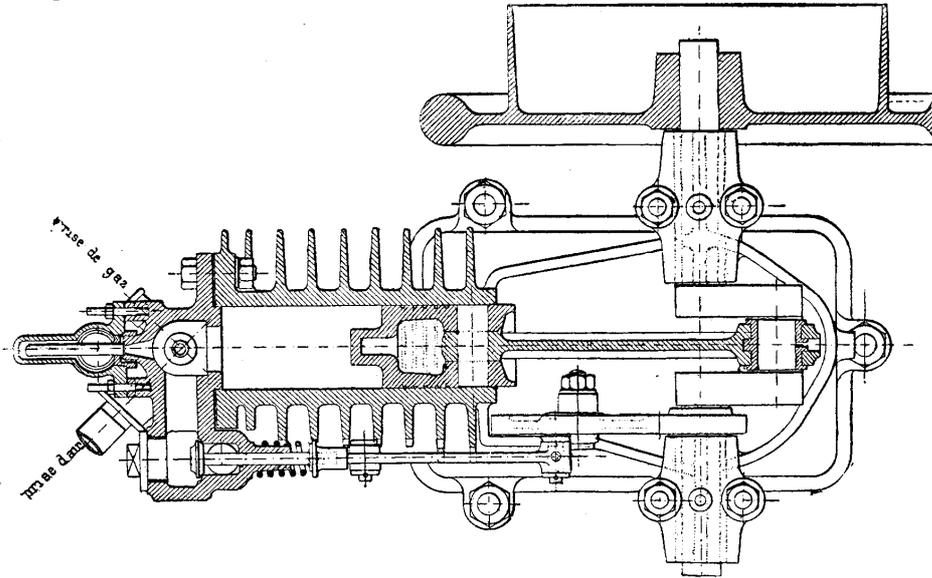


Fig. 102 — Moteur horizontal Ragot.

Les dernières modifications apportées à la construction de ces machines les ont rendues aussi simples que possible et les personnes le plus étrangères à la mécanique sont à même, non pas seulement de les faire fonctionner, mais encore d'en monter et démonter les princi-

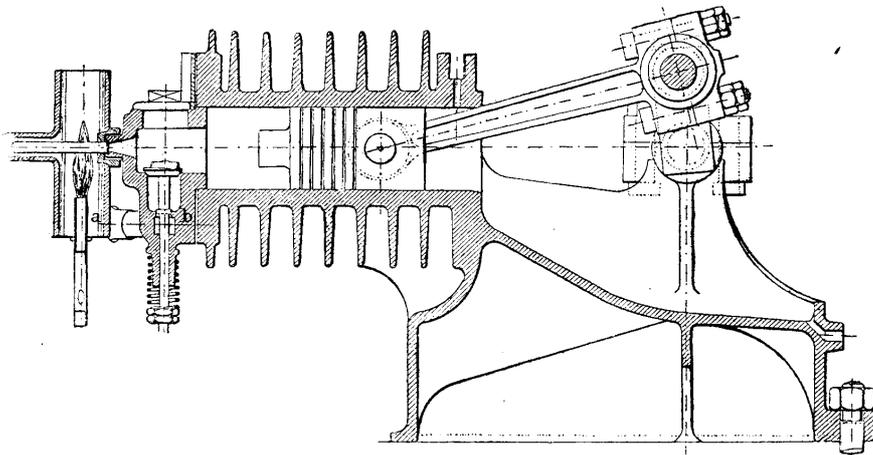


Fig. 103. — Moteur horizontal Ragot.

pales pièces, ce qui n'est pas le cas avec un grand nombre de systèmes similaires. Par une disposition spéciale du carburateur, les matières lourdes du pétrole ou du schiste, sujettes à donner des résidus sont absorbées les premières; de cette façon, le nettoyage est absolument

insignifiant. Ce carburateur est particulièrement bien conçu; il se compose d'un tube vertical en fonte, lisse à l'intérieur, pourvu extérieurement d'ailettes hélicoïdales et chauffé par une forte lampe à pétrole. Le pétrole déversé par un entonnoir surmontant le tube descend le long des spires, dont le développement est assez grand, et qui sont de plus en plus chaudes,

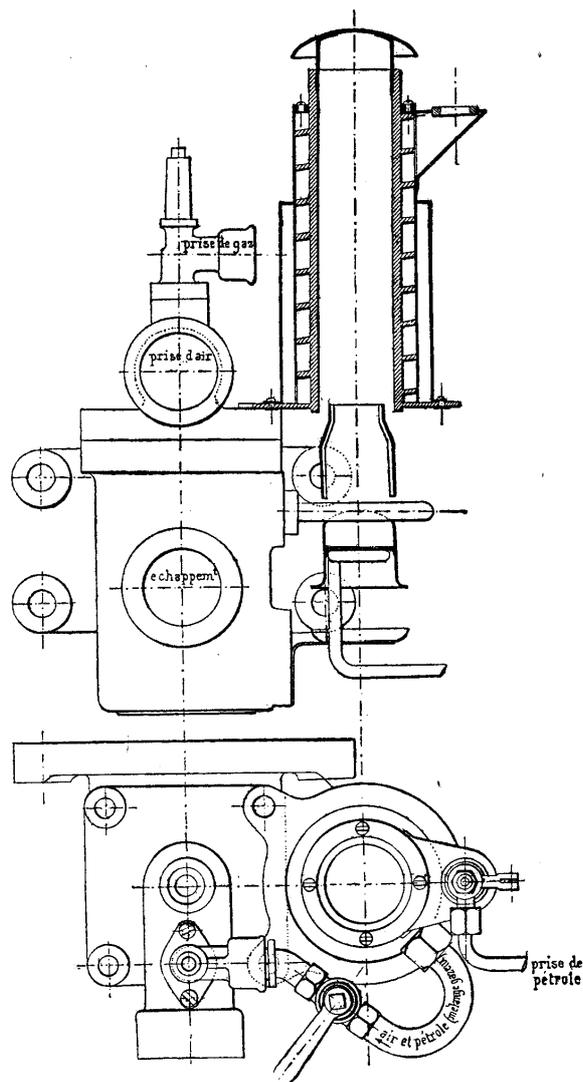


Fig. 104. — Vaporisateur Ragot.

au fur et à mesure qu'elles se rapprochent de la lampe. Les parties légères sont donc vaporisées d'abord, et seules, les parties lourdes arrivent au bas du canal, où la température est suffisante pour les gazéifier sans résidu. L'air à carburer marche en sens inverse de l'huile; il se réchauffe d'abord dans un manchon extérieur au tûce entourant l'hélice de fonte et rencontre ensuite l'huile le long de celle-ci, il entraîne ainsi avec lui les vapeurs formées.

*Moteur Root.* — Le moteur Root est encore à quatre temps, caractérisé par une particularité originale, l'allumage en deux coups. Une chambre latérale est adjointe au cylindre avec lequel elle communique par un orifice situé vers l'arrière, recouvert par le piston à fond de course; dans la phase de compression une partie du mélange est remise dans cette chambre et séparée du reste de la charge, laquelle est comprimée à l'ordinaire et enflammée dans la culasse. L'explosion chasse le piston en avant, mais le mélange confiné dans la chambre latérale ne s'enflamme qu'après avoir été mis en contact, par la progression du piston, avec les gaz en feu du cylindre; son énergie s'ajoute donc après coup à celle du fluide qui a explosé d'abord et le diagramme présente deux crochets d'ascension. Nous ne voyons pas bien l'avantage de ce dispositif qui nous paraît compliquer inutilement le moteur. L'allumage est à tube. Le vaporisateur Root utilise la chaleur des gaz de la décharge. L'air s'échauffe en parcourant un canal hélicoïdal enroulé autour du conduit que traversent ces gaz. Il arrive au contact du pétrole à vaporiser dans une petite chambre, d'où il repart pour achever la gazéification du carbure liquide entraîné dans une enceinte placée aussi sur la conduite de décharge, en sa partie la plus chaude, sur le cylindre. Il n'existe pas de pompe à pétrole proprement dite dans ce moteur; un piston dans lequel est creusée une gorge, se meut dans un cylindre d'un mouvement alternatif, puisant d'un côté le pétrole amené par un tube et le ramenant sur le chemin de l'air appelé au cylindre. Cet organe est ingénieusement conçu. L'admission se fait à travers une soupape automatique; en amont de cette soupape, appuyée sur son siège par un ressort, se mêlent l'air carburé et carburant. La soupape d'échappement est mue par les mêmes organes qui actionnent le piston à gorge débitant l'huile au vaporisateur.

*Moteur Koerting-Boulet.* — Dans ce type à quatre temps et à soupapes nous décrirons seulement le pulvérisateur-vaporisateur: Le pétrole est contenu dans un réservoir placé à deux mètres au moins au-dessus du sol; un conduit l'amène entre deux disques surmontés d'une soupape. L'espace annulaire constitué par l'intervalle compris entre ces disques, large d'au plus un demi-millimètre est traversé par l'air qui pulvérise le pétrole; la gazéification est complétée par la température élevée développée par un brûleur, disposé sous le tuyau qui conduit l'air carburé au cylindre. Le brûleur a, de plus, la mission de chauffer l'allumeur qui se compose d'un tube de porcelaine maintenu au rouge par la flamme. On met en marche en chauffant le brûleur avec un lampe à alcool auxiliaire: le pétrole y brûlant avec une flamme bleue, on attend quinze minutes, et le moteur peut être lancé.

*Moteur Knight.* — Dans le désir d'expulser complètement le gaz brûlés hors du cylindre moteur, M. Knight a eu recours au cycle à six temps de Griffin et à la marche à double effet: nous avons dit ailleurs ce qu'il fallait penser de cette disposition des moteurs, qui a, en tout cas, le grand avantage de donner une rotation fort régulière. Le vaporisateur

est placé à l'arrière du cylindre moteur, duquel il n'est du reste séparé que par une tôle d'acier, de manière à bénéficier de toute la chaleur de l'explosion: ce vaporisateur est en bronze et il est pourvu d'ailettes. Une pompe y projette du pétrole; il est alimenté d'autre part d'air comprimé par une pompe spéciale. Un courant d'air dérivé débouche au centre de la flamme d'une lampe et produit un dard de chalumeau utilisé à porter à l'incandescence un fil de platine, par lequel se fait l'allumage: le fil est logé dans une ouverture du tiroir d'allumage; le mouvement de ce tiroir l'amène au contact du mélange comprimé derrière le piston à l'instant précis où l'explosion doit se produire. La soupape d'admission est automatique et placée sur la plaque de tôle séparant le cylindre du vaporisateur: elle est à garniture d'amiante. Les autres organes de ce moteur ne présentent rien de particulier.

*Moteur Crossley-Holt.* — C'est le même moteur que nous avons décrit au chapitre des *Moteurs à gaz*, mais avec un vaporisateur de construction spéciale qui lui permet de fonctionner avec de l'air chargé de vapeurs combustibles (fig. 105). Ce vaporisateur est cons-

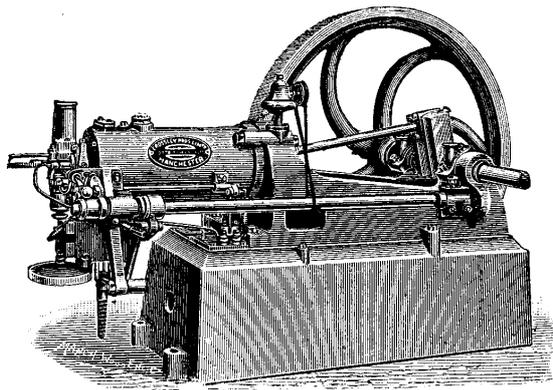


Fig. 105. — Moteur à pétrole Crossley-Holt.

titué par une chambre divisée en quatre canaux par des cloisons verticales et chauffée par une lampe placée à la partie inférieure. La flamme traverse les canaux avant d'atteindre la cheminée qui surmonte l'appareil. Le pétrole est balayé et entraîné par un courant d'air, surchauffé par son passage à travers le canal hélicoïdal entourant la cheminée de la lampe, et qui est chassé par une pompe à simple effet actionnée par un levier. La lampe à pétrole n'a pas de mèche, ce qui est une nouveauté à signaler; le liquide combustible lui est fourni par une pompe analogue à la pompe à air.

Ce dispositif, qui ne laisse pas de présenter un certain intérêt, a été l'objet de différentes modifications et de plusieurs perfectionnements depuis l'époque de son apparition. MM. Crossley ont surtout porté leurs efforts sur les procédés à mettre en usage pour diminuer la durée du chauffage qui doit précéder la mise en train, et pour simplifier le mécanisme

de distribution, et il est à croire qu'ils sont parvenus à établir un modèle définitif réellement simple et pratique.

*Moteur Trusty.* — Ce système, imaginé par M. Knight, est construit par la maison anglaise Weyman et Hitchcock. C'est un moteur à vaporisation sans pulvérisation; le vaporisateur est chauffé par les chaleurs perdues du cylindre; le pétrole tombe goutte à goutte dans son enceinte et s'y vaporise au contact du métal chaud. Le moteur, genre Otto, est seulement remarquable par son réglage, qui s'effectue par la commande de la soupape d'admission et de la pompe à pétrole, à l'aide d'un régulateur d'inertie. Lorsque la vitesse dépasse la limite fixée, le rapport entre le régulateur et les organes qu'il actionne, est rompu; la soupape cesse de fouler du pétrole, en même temps que le vaporisateur s'arrête d'alimenter le cylindre. L'allumage est assuré par un tube maintenu au rouge à l'aide d'une lampe à pétrole, dont la cheminée est munie d'une gaine intérieure en amiante, destinée à empêcher le refroidissement de la flamme et à concentrer la chaleur du foyer sur le tube. Il est nécessaire de chauffer le vaporisateur pendant une vingtaine de minutes avant de pouvoir mettre en train; c'est là avec l'encrassement rapide qui se produit le principal inconvénient de ce système qui présente l'avantage de pouvoir brûler indistinctement des huiles de toutes provenances et de toutes qualités et de consommer très peu. Un modèle à deux cylindres conjugués, de 21 chevaux indiqués, n'a consommé que 0 lit. 26 de pétrole par cheval, ce qui est un chiffre réellement remarquable.

*Moteur à pétrole Griffin.* — C'est encore un moteur à quatre temps, pourvu d'une pompe, d'un réservoir et d'un vaporisateur. Celui-ci est dissimulé dans le socle et chauffé

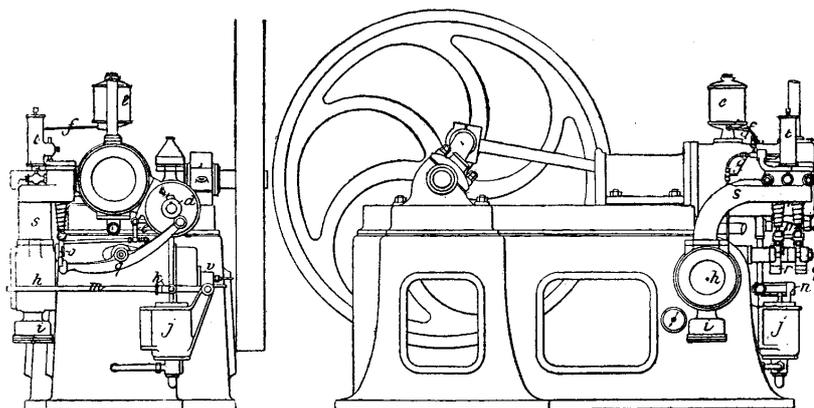


Fig. 106. — Moteur Griffin à pétrole.

par les gaz de l'échappement; la pompe, actionnée par un excentrique, comprime de l'air à 0 kil. 800 environ dans un réservoir également logé dans le socle. L'air comprimé s'échappe de ce réservoir dans un pulvérisateur à aiguille, il aspire le pétrole dans une cavité inférieure

et l'entraîne avec lui en le réduisant en gouttelettes très fines; ainsi pulvérisé, le pétrole arrive au vaporisateur en même temps que l'air atmosphérique aspiré par le cylindre. L'allumage se fait par un tube maintenu au rouge à l'aide d'un brûleur alimenté par la combustion d'un air fortement carburé par une pulvérisation de pétrole: la mise en train se fait en comprimant de l'air avec une pompe à main; au bout de dix minutes environ la température du vaporisateur est assez élevée pour qu'on puisse mettre en route.

Le moteur Griffin, est un générateur de force très économique, car il ne consomme que 60 à 70 centilitres de pétrole par cheval; son avenir est donc assuré.

*Moteurs à pétrole Niel.* — Dans ces modèles où l'on retrouve la disposition mécanique adoptée pour les moteurs à gaz construite par cette importante compagnie, la partie essentielle, comme dans toute machine à pétrole, du reste, est le vaporisateur. Il se compose d'une petite chaudière en fonte, garnie intérieurement d'ailettes, de manière à présenter une grande surface; le pétrole provenant d'un réservoir surélevé de 2 mètres traverse un robinet de réglage et se déverse en fines gouttelettes sur une trémie qui l'éparpille sur les ailettes; la vaporisation se produit, par suite, très régulièrement. La chaudière est pourvue d'une soupape automatique permettant à l'air extérieur de pénétrer, de manière à former un gaz tonnant en se mélangeant aux vapeurs de pétrole. Un tuyau spécial descendant du réservoir alimente d'huile une lampe servant à la fois à faire rougir un tube servant à l'allumage et à chauffer la chaudière de vaporisation. La mise en train est assez rapidement obtenue par un chauffage à l'alcool de bois de la lampe et de la chaudière.

Le régulateur, à lame flexible, agit à la fois sur l'admission et sur l'échappement, et l'admission du pétrole est subordonnée, d'autre part à la fermeture de la soupape de décharge. Cet ensemble de dispositions, certainement ingénieuses, assure une régularité parfaite et une consommation de pétrole sensiblement proportionnelle au travail demandé, et qui varie, suivant la puissance, de 400 à 550 grammes de pétrole par cheval effectif et par heure, la consommation de la lampe de chauffage étant comptée.

Il existe une disposition horizontale et une disposition verticale de ces moteurs. Dans cette dernière, connue sous le nom d'*Atlas*, on remarque une consommation horaire un peu plus élevée; le régulateur commandant les soupapes a son axe horizontal, la compression ne dépasse pas 2 kilogrammes et la quantité d'eau nécessaire pour le refroidissement varie entre 25 et 40 litres par cheval-heure, suivant la puissance. Les moteurs à pétrole Niel ont reçu de nombreuses applications.

*Moteur Diesel.* — Ce remarquable système, qui constitue actuellement le dernier mot en matière de moteurs à pétrole, a attiré, comme on sait, l'attention des ingénieurs et des industriels du monde entier en raison des qualités très supérieures qu'il réalisait. C'est une machine à combustion, à haute compression préalable, fonctionnant à quatre temps, le

combustible et le comburant étant comprimés séparément, le premier dans un cylindre spécial, le second dans le cylindre moteur même.

La marche par combustion et la haute compression étaient connues depuis longtemps, mais M. Diesel a eu le mérite de les réaliser pratiquement le premier et de combiner leurs avantages avec ceux fournis par le cycle à quatre temps, idée véritablement ingénieuse et féconde.

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

I. — Un cylindre-moteur, dont le cycle d'opérations à quatre temps est constitué à

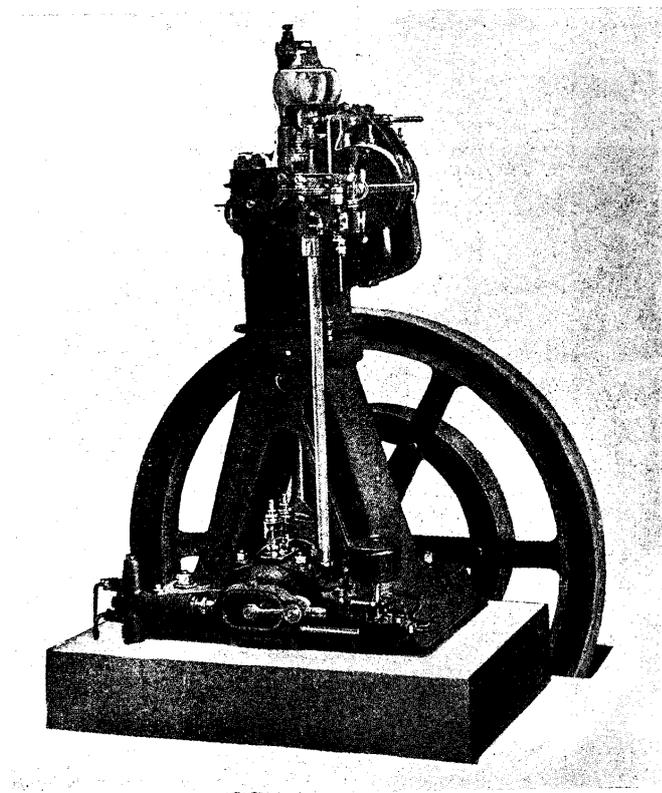


Fig. 107. — Moteur Diesel.

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

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

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

Les constructeurs du moteur Diesel ont tous conservé la forme de pilon adoptée par les ateliers d'Augsburg. Le piston moteur est relié à l'arbre de couche par une bielle, sur laquelle s'attachent deux bielles plus petites actionnant par un balancier la pompe d'air qui alimente le réservoir d'air comprimé. Le piston plongeur de la pompe à pétrole est mû par une tringle l'excentrique spéciale; un bras, fixé sur la tige du piston commande la soupape de refoulement de l'huile; mais la tringle, qui relie le bras à cette soupape, porte un écrou à

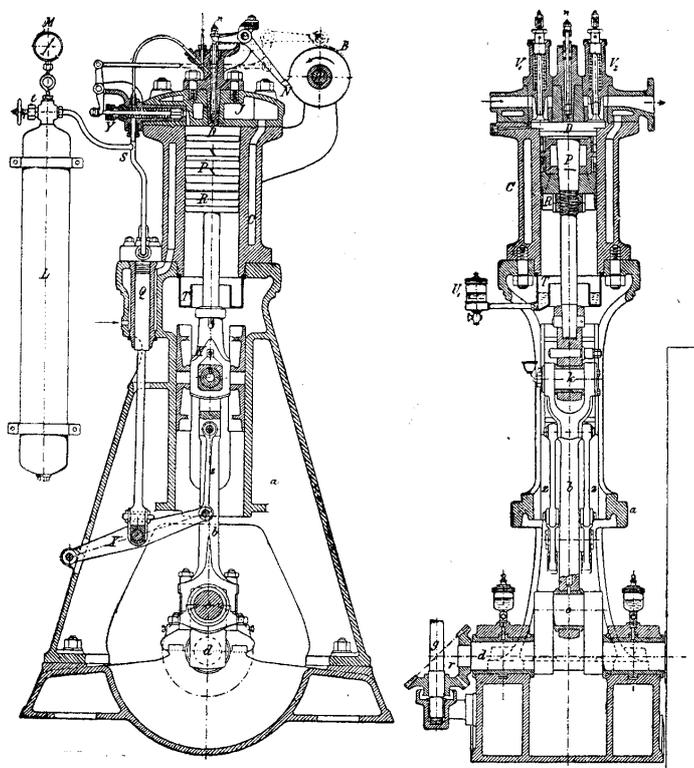


Fig. 108. — Moteur Diesel (coupes).

filet droit de gauche, que le régulateur tourne et détourne suivant le besoin, en allongeant cette tringle. C'est ainsi que l'injection de pétrole se trouve placée sous la dépendance du régulateur. Tous ces dispositifs sont parfaitement étudiés et fonctionnent très bien; la construction de ces organes est du reste fort soignée par les divers concessionnaires des brevets.

Le réglage de l'injection de pétrole joue évidemment un grand rôle dans le rendement. La température de 600 à 800 degrés développée par la compression à 40 atmosphères

de l'air dans le cylindre moteur est de nature à donner une combustion spontanée, complète et parfaite du carbure qu'on y introduit, à condition que cette introduction s'opère dans les conditions requises. Or, ce résultat paraît acquis dans les moteurs Diesel; toutefois le fonc-

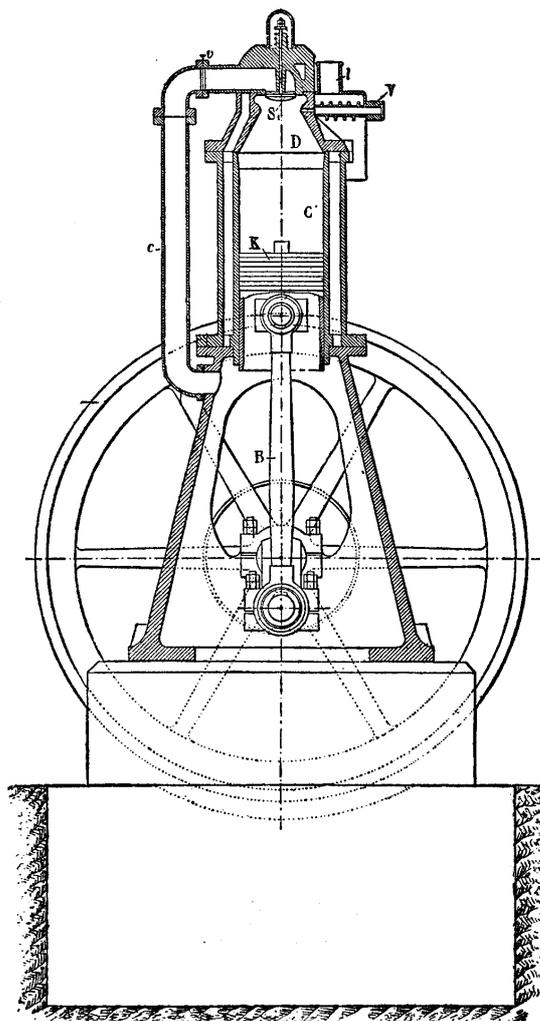


Fig. 109. — Moteur Lacroix (Kappel).

tionnement est meilleur quand on emploie des hydrocarbures de préférence au gaz d'éclairage, et l'usage de gaz pauvres paraît impossible.

Si l'on a échoué sur ce point, il faut reconnaître que le moteur Diesel marche bien avec tous les genres de pétrole, depuis la benzine de densité égale à 0,79 jusqu'aux produits lourds de la distillation marquant 0,85 au densimètre. M. Denton, de New-York a même pu

employer des résidus visqueux de 0,88 et les *'masouts* russes de 0,905. Tous ces carbures brûlent parfaitement n'encrassent pas le cylindre et donnent un rendement inespéré. C'est le triomphe du mode de combustion Diesel.

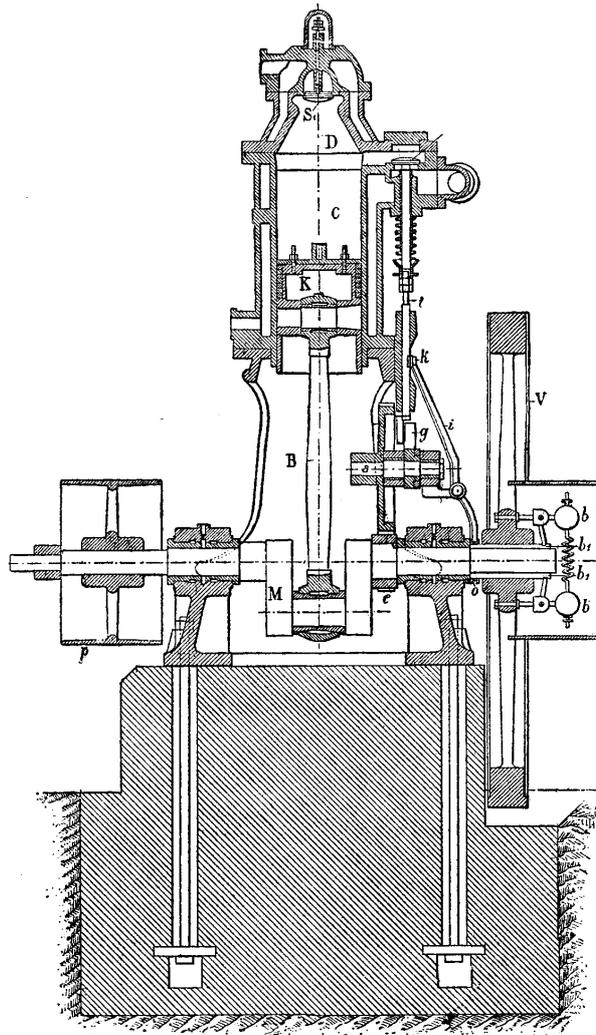


Fig. 110. — Moteur Lacroix (Kappel).

### LES GAZOGÈNES

Nous avons suivi pas à pas jusqu'à présent les améliorations qui ont été successivement apportées au moteur à gaz tonnant, réalisé pour la première fois, il y a quarante cinq ans,

par M. Lenoir; on a pu se rendre compte que l'esprit des innovateurs s'est surtout porté, depuis cette époque, sur les perfectionnements permettant à ce nouveau système de générateur, de devenir de plus en plus économique, afin d'arriver à entrer en concurrence avec la vapeur et les autres procédés donnant à bas prix la puissance motrice, âme du monde moderne.

Or le gaz de l'éclairage coûte cher; de 10 à 50 centimes le mètre cube, suivant les localités, et il est compréhensible que l'on ait cherché tout d'abord à réduire la consommation des moteurs au minimum, par une détente plus longue des gaz, une compression plus

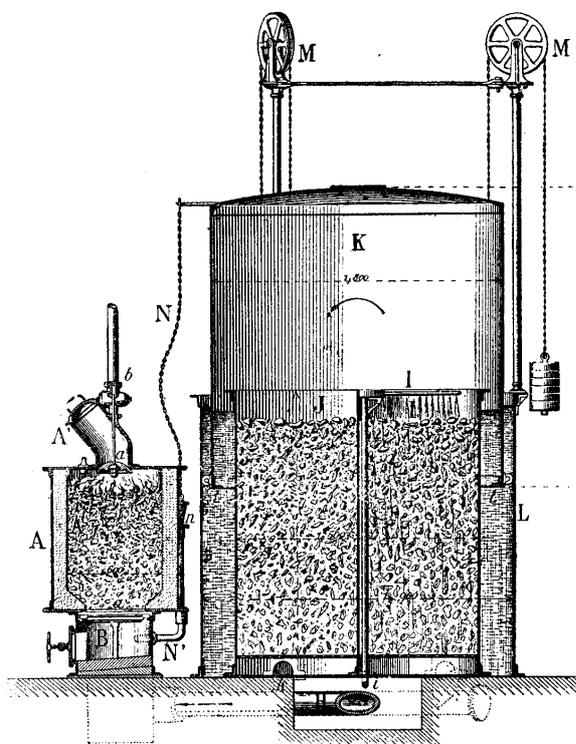


Fig. 111. — Gazogène Dowson.

énergique, etc. Puis on est arrivé à remplacer le gaz, qui exige la présence d'une canalisation et d'une usine, et immobilise le moteur, par des hydrocarbures légers, vaporisés à froid par l'air aspiré. Le moteur est devenue transportable mais coûtait toujours très cher d'entretien; alors on a inventé les vaporisateurs de pétrole et utilisé les huiles lourdes, mais malgré tout, la force motrice est demeurée onéreuse.

Les Compagnies de gaz supportent presque toutes de lourdes charges municipales et, sans l'amortissement du capital représenté par les canalisations, elles pourraient donner le gaz à un prix minime, d'autant plus que le vente des sous-produits couvre à peu près les frais de fabrication.

Beaucoup d'ailleurs ont consenti d'importantes réductions sur le prix du gaz consommé par les moteurs, et, de ce chef, ceux-ci sont devenus d'un emploi moins coûteux. En ce qui concerne les essences et le pétrole, il faut reconnaître que la France est des plus mal partagées, car non seulement ces produits paient des droits d'octroi très élevés, mais encore un droit de douane de 20 francs les 100 kilos. « Ces taxes sont exagérées, dit M. Witz dans son livre, et elles ont le triple tort d'être trop élevées proportionnellement à la valeur intrinsèque du produit, de favoriser des industries concurrentes et de frapper une substance d'une consom-

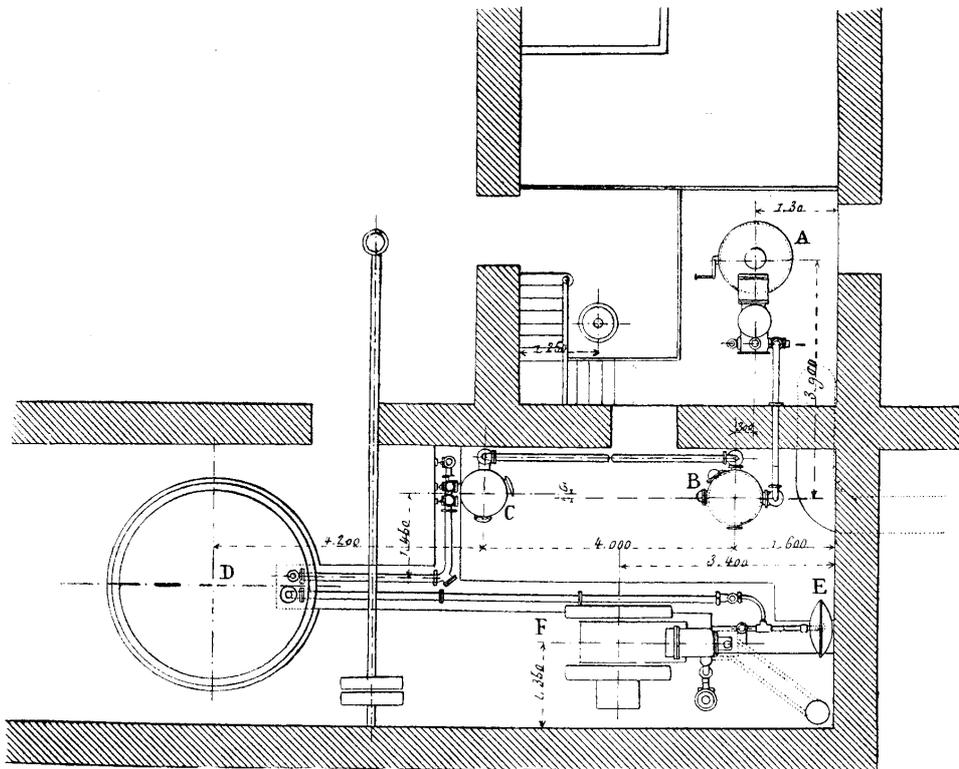


Fig. 112. — Installation d'un gazogène Fichet et Heurtey, au cap Janet.

mation générale; ce tarif est donc une œuvre de fiscalité brutale et absurde». Et on peut dire que le développement du moteur à pétrole se trouve retardé et entravé par le prix élevé auquel l'huile parvient à l'industrie.

Il était donc tout indiqué que l'on cherchât à tourner la difficulté et à trouver un gaz à bon marché permettant à ce genre de moteurs de soutenir la concurrence. D'abord, on songea à édifier pour chaque moteur une petite usine fabriquant le gaz nécessaire à son alimentation, cette résolution obtint même un certain succès, et quand les industriels furent convaincus qu'ils avaient intérêt à fabriquer leur gaz eux-mêmes, ils montèrent des fours à distillation. Mais le procédé ne manquait pas d'inconvénients, et on dut chercher à simplifier

l'appareillage, tout en conservant l'économie réalisée. Cette recherche nous a donné d'abord le *gaz à l'eau*, puis le gaz pauvre dont nous verrons les applications.

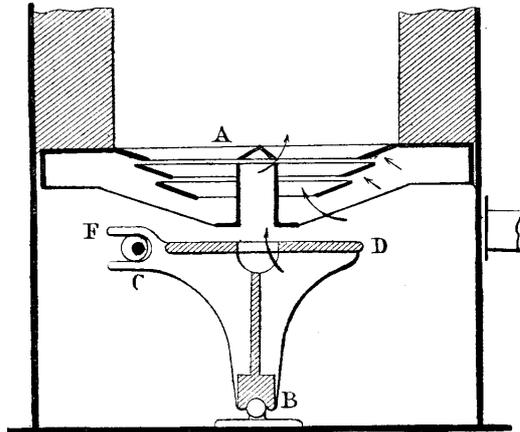


Fig. 113. — Gazogène Winand.

Pour produire ce qu'on appelle le *gaz à l'eau*, l'opération consiste essentiellement à mettre en présence, à une température élevée, de la vapeur d'eau et du carbone; la moitié

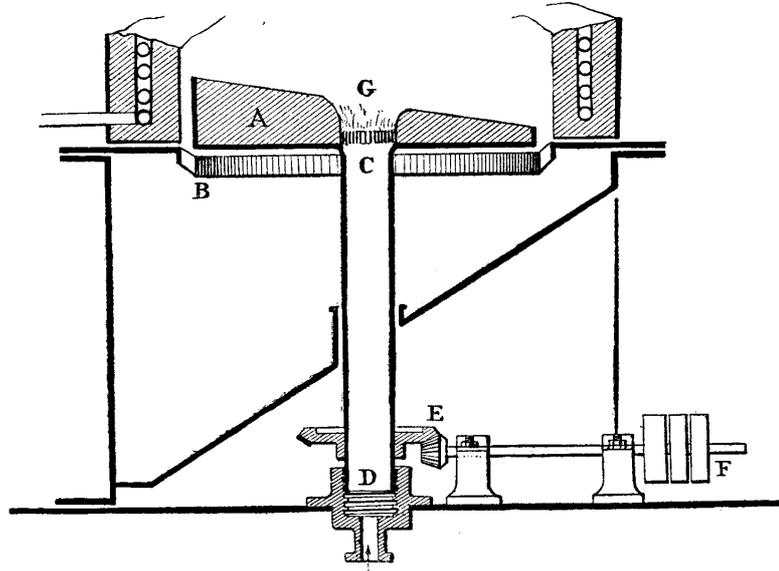
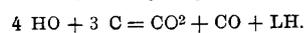


Fig. 114. — Gazogène Kilson et Walker.

de l'oxygène de l'eau se combinera au carbone pour fournir de l'acide carbonique, l'autre moitié donnera de l'oxyde de carbone, et l'hydrogène restera en liberté, suivant la formule



Le résultat de l'opération est combustible, car il contient 57 0/0 d'hydrogène et 28 0/0 d'oxyde de carbone. Mais en faisant intervenir une plus grande quantité de vapeur

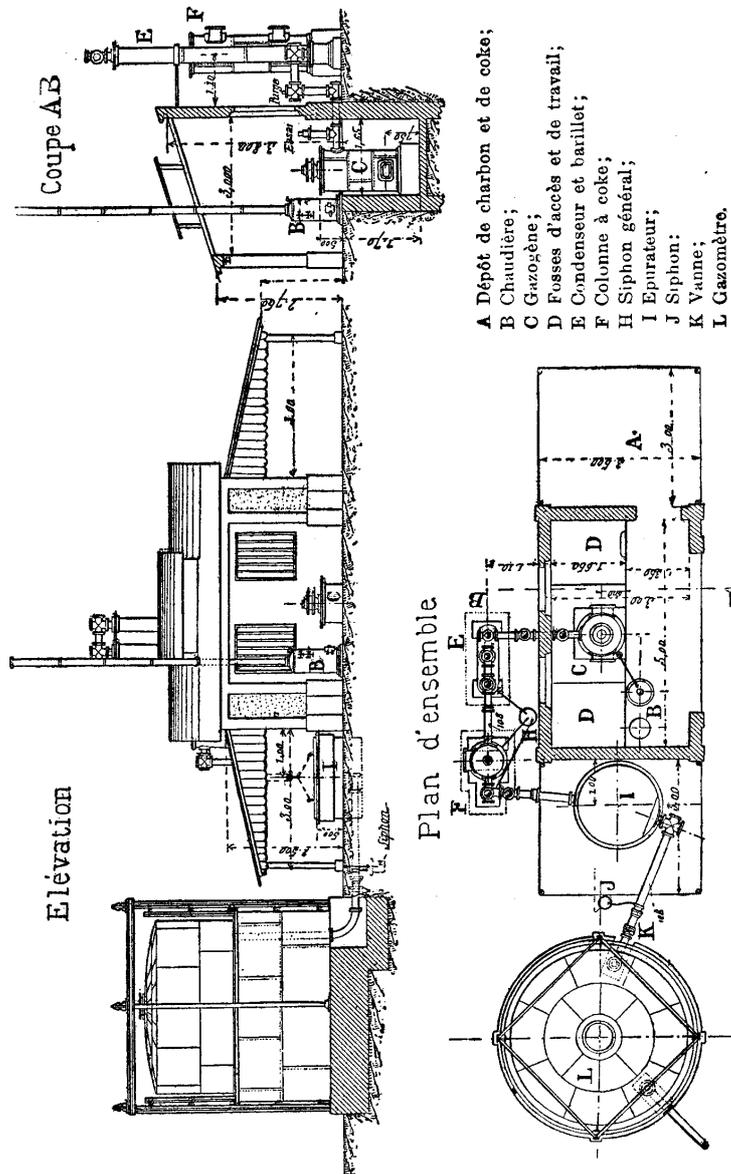
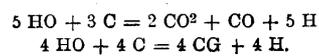


Fig. 115 — Gazogène Pierson.

d'eau ou en augmentant la proportion de carbone, on peut obtenir un gaz encore plus riche, comme le montre la formule finale:



Le résultat de l'opération est combustible, car il contient 57 0/0 d'hydrogène et 28 0/0 d'oxyde de carbone. Mais en faisant intervenir une plus grande quantité de vapeur

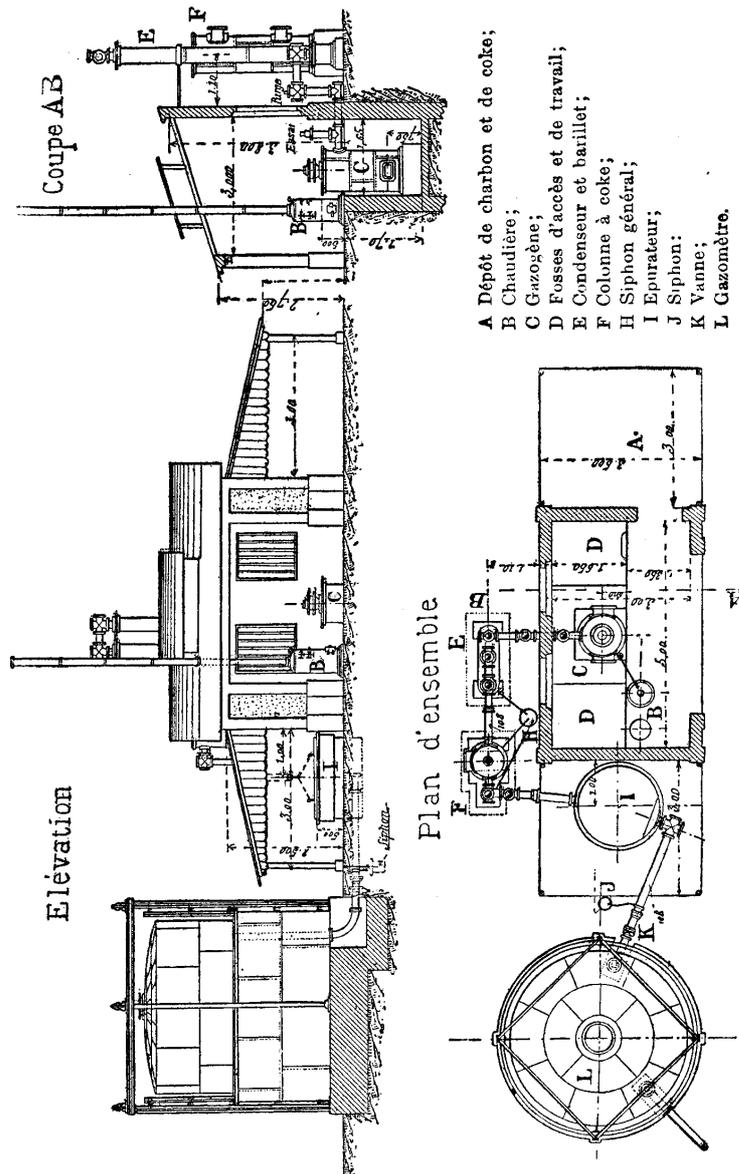
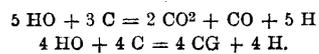


Fig. 115 — Gazogène Pierson.

d'eau ou en augmentant la proportion de carbone, on peut obtenir un gaz encore plus riche, comme le montre la formule finale:



Ainsi, on obtient, avec 36 kilos de vapeur et 24 kilos de charbon, 4 kilos d'hydrogène et 56 d'oxyde de carbone, soit, en volume, environ 45 mètres cubes de chacun de ces gaz à la pression atmosphérique et à une température de 15° C. Ce mélange a une puis-

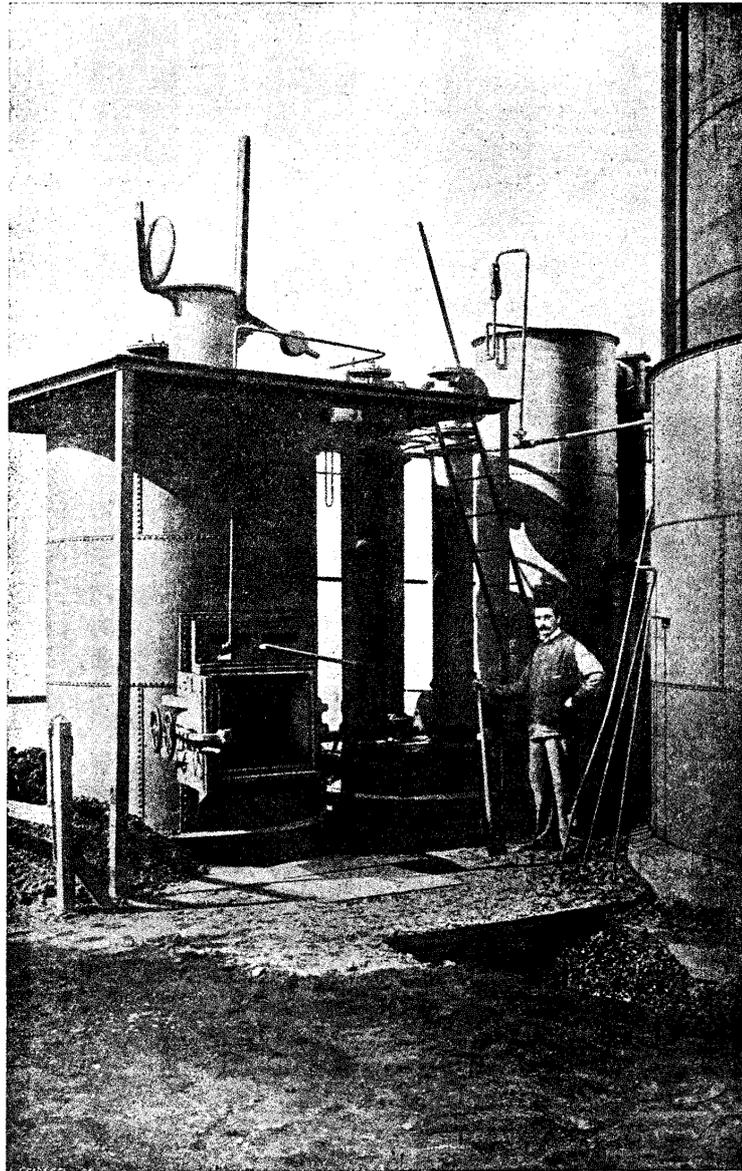


Fig. 116. — Gazogène Letombe

sance calorifique moyenne de 3.000 calories. Employé comme gaz tonnant, il peut remplacer le gaz hydrogène carboné.

Il existe de nombreux procédés pour la préparation du gaz à l'eau, car ce système ayant donné de bons résultats, on a utilisé ce mélange pour l'éclairage, au lieu et place du gaz de houille, dans un grand nombre de villes, surtout en Allemagne et aux États-Unis. Les plus connus sont ceux de Strong et de Lowe, qui se composent, en principe, d'un fourneau en briques réfractaires, contenant du coke ou du charbon de terre. Lorsque ce charbon est porté à l'incandescence sous l'influence d'un courant d'air violent, on substitue à l'air chassé, un jet de vapeur à haute température; la vapeur se décompose en ses corps constitutifs, oxygène et hydrogène, le carbone retient l'oxygène, et le mélange qui s'échappe se rend aux appareils épurateurs. Quand la réaction cesse, par suite du refroidissement du charbon sous l'influence de la vapeur, on ravive le foyer en arrêtant le passage de la vapeur et en ren-

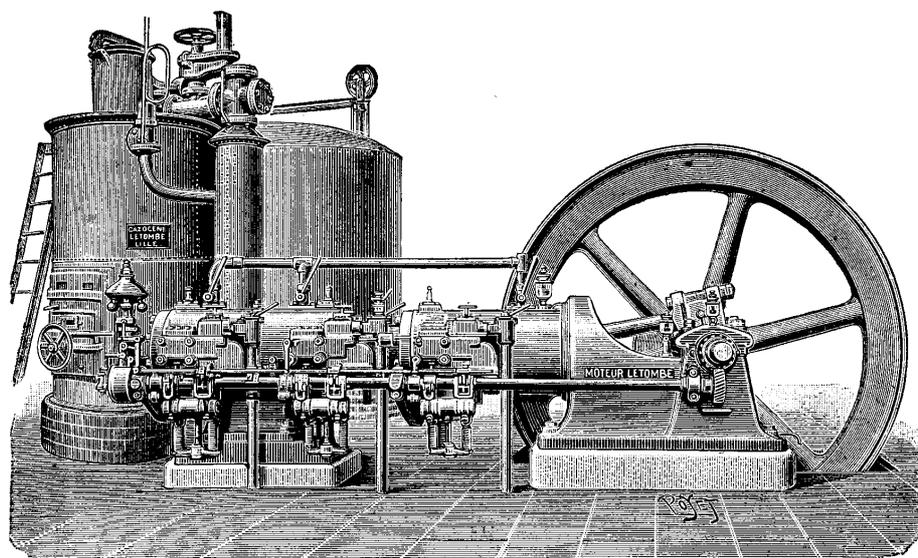


Fig. 117. — Gazogène Letombe.

voyant de l'air comprimé et ainsi de suite. Il faut 1 kil. 200 de coke pour produire un mètre cube de gaz à l'eau. Différentes analyses ont permis de se rendre compte de la teneur des gaz contenus dans le mélange produit. En voici quelques-unes:

1° Gaz à l'eau, procédé Strong (d'après l'analyse de Morse):

Hydrogène . . . . .	53 volumes.
Oxyde de carbone . . . . .	35 —
Carbures . . . . .	4 —
Gaz inertes . . . . .	8 —
	100 volumes.

2° Gaz, procédé Lowe (d'après l'analyse du professeur Remsen):

Hydrogène . . . . .	30 volumes.
Oxyde de carbone . . . . .	28 —
Carbures . . . . .	34 —
Gaz inertes . . . . .	8 —
	<hr/>
	100 volumes.

Il est possible de supprimer complètement l'action de la vapeur sur le foyer. En soufflant de l'air sec dans les proportions voulues, sur du carbone incandescent, le gaz acide carbonique formé se trouve réduit, en on obtient un mélange de 34 parties d'oxyde de carbone et de 65 volumes d'azote, présentant une capacité calorifique de 800 calories. On a donné à ce gaz d'air le nom de son premier expérimentateur, le savant prussien Siemens.

En chauffant au vent pendant dix minutes et en fabriquant ensuite du gaz à l'eau,

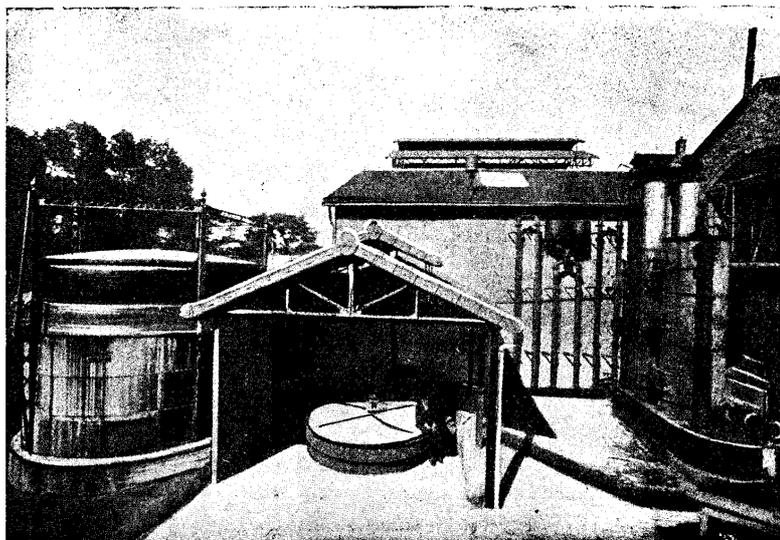


Fig. 118. — Gazogène Pierson des glaciers de la Briche.

le mélange de ces divers produits gazeux présente en moyenne une teneur de 10 parties d'hydrogène pour 28 d'oxyde de carbone et 50 d'azote; sa puissance calorifique serait de 1.400 calories, et 1 kilo de charbon permettrait de développer 4<sup>m</sup>3,5 de mélange. Au lieu de procéder successivement par deux opérations différentes dont on mêle le produit, on peut encore disposer les appareils de manière à développer à la fois du gaz d'eau et du gaz d'air, non plus d'une façon intermittente, mais continue. Le résultat donne ce que l'on appelle les *gaz pauvres*.

L'invention des gazogènes est due, paraît-il, à deux Français, Thomas et Laurens, qui étudièrent à fond la question de la fabrication économique des gaz pauvres et établirent



*Gazogène Dowson.* — Ce système est le premier en date après celui de Siemens, et il a reçu de très nombreuses applications depuis l'époque de son apparition. Il se compose de cinq pièces distinctes; le *générateur*, le *surchauffeur de vapeur*, le *barillet*, le *scrubber*

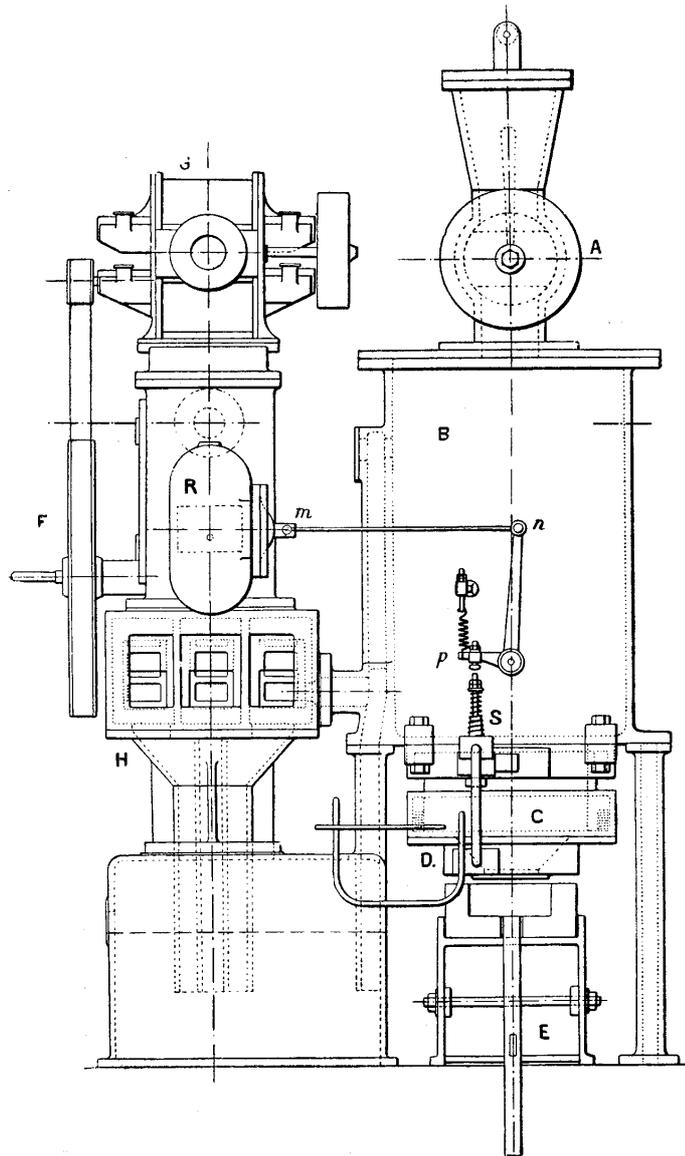


Fig. 120. — Gazogène Pierson à aspiration.

et le *gazomètre*. Le *générateur* n'est pas autre chose qu'une cornue à gas cylindrique, en briques réfractaires, et posée verticalement; les briques sont entourées d'une enveloppe de tôle. Le combustible, ordinairement de l'antracite anglais, est supporté par une

grille, et l'alimentation peut se faire en marche à l'aide d'une trémie pourvue d'un couvercle et d'une soupape qui ne doivent jamais être ouverts ensemble pour éviter les rentrées d'air, et par suite, les explosions. La vapeur qui doit être décomposée au contact du carbone incandescent est engendrée à raison de 600 centimètres cubes par cheval effectif développé par le moteur, par le *surchauffeur de vapeur*, qui n'est autre chose qu'une chaudière en serpentin de faible capacité.

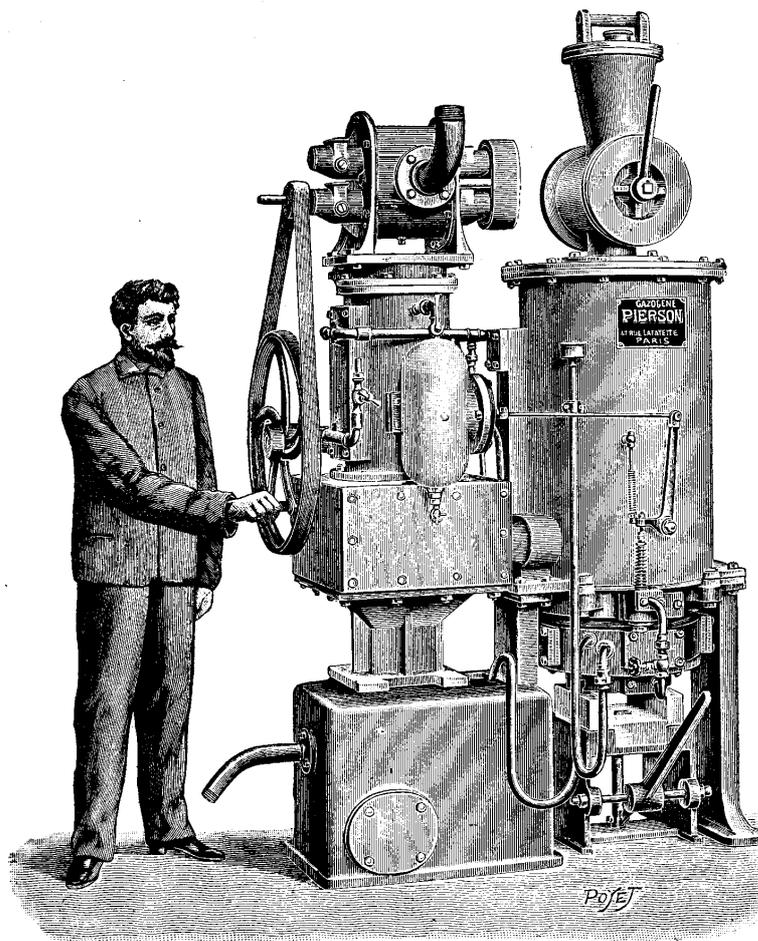


Fig. 121. — Gazogène Pierson à aspiration.

La vapeur qui s'échappe de cette chaudière traverse un injecteur genre Kœrting; le jet pénétrant dans un tuyau conique ouvert, entraîne l'air par inertie, de telle sorte que le gazogène est alimenté d'air en même temps que de vapeur. L'air entretient la combustion du charbon, et l'eau se décompose en ses éléments, on obtient donc un mélange de gaz d'eau et de gaz d'air. C'est du réglage de l'injecteur que résulte, par conséquent, la qualité du gaz produit.

Ce gaz, après s'être échappé du générateur, traverse d'abord un barillet, divisé en deux par une cloison verticale; le niveau de l'eau détermine la pression sous laquelle fonctionne le gazomètre, puis il arrive au *scrubber*, où il se refroidit et se lave en traversant une masse de coke constamment arrosée d'eau en pluie très fine, enfin il est épuré sur de la sciure de bois et envoyé au gazomètre.

De nombreuses analyses faites du gaz Dowson par M. Witz, il résulte que ce mélange combustible est composé ordinairement de 1/4 d'hydrogène, 1/6 à 1/4 d'oxyde de carbone et de 1/2 d'azote. La capacité calorifique varie avec la qualité du charbon employé entre 1,350 et 1,500 calories; 1 kilo d'anhracite anglais donne environ 4 mètres cubes de mélange gazeux; qui revient ainsi entre 1 et 2 centimes le mètre cube.

Il ne faut pas oublier que ce mélange est près de quatre fois moins riche que le gaz de ville, mais comme il coûte de six à dix fois moins à fabriquer, il est en résumé beaucoup meilleur marché. Aussi peut-on penser que le gazogène est la chaudière de l'avenir, et que cet appareil sera le plus puissant auxiliaire du moteur à gaz dans la concurrence qu'il fait à la machine à vapeur. M. Emerson Dowson a obtenu d'ailleurs des résultats inespérés, et, actuellement, ses appareils fournissent le gaz alimentant dans tous les pays du monde des moteurs à gaz pauvres d'une puissance totale de plus de 6.000 chevaux. La consommation s'est abaissée à 165 grammes d'anhracite par cheval-heure, et le rendement du gazogène s'est élevé à 77 p. 100. Enfin, on est fixé désormais sur la nature des réactions à reproduire dans ce genre d'appareils pour obtenir au plus bas prix possible un gaz de capacité calorifique élevée. Les nombreux succès remportés par M. Dowson lui ont valu les premières récompenses dans les expositions et le prix de 50 guinées fondé par sir William Siemens.

*Gazogène de Buire Lencachez.* — Le gaz de gazogène renferme en volume 20 parties d'acide carbonique, 115 d'oxyde de carbone, 66 d'hydrogène et 178 d'azote, formant un total de 379 mètres cubes; sa composition centésimale est donc la suivante:

Oxyde de carbone . . . . .	29,4
Acide carbonique . . . . .	5,9
Hydrogène . . . . .	17,6
Azote . . . . .	47,1
	<hr/>
	100,0

6 équivalents de carbone, soit 71 kilogrammes sont intervenus dans l'opération; théoriquement 1 kilogramme devrait développer 526 mètres cubes de gaz ayant un pouvoir calorifique moyen de 1.360 calories à zéro C, et sous la pression atmosphérique. Ces chiffres permettent de calculer le rendement d'un gazogène et la valeur du gaz obtenu. Les meilleurs résultats ont été fournis par les gazogènes imaginés par Lencachez et construits sur les plans de ce savant ingénieur par les ateliers de la Buire à Lyon.

La caractéristique de ce gazogène réside dans la suppression de la chaudière à

vapeur qui exige une attention particulière et une surveillance constante pour son alimentation. Le foyer est constitué par un cylindre en terre réfractaire entouré d'une enveloppe de sable destinée à faire office de calorifuge. Le charbon est versé par une trémie, dont on fait basculer le fond à l'aide d'un levier à contrepoids, de telle façon qu'il n'y ait jamais communication entre l'intérieur et l'atmosphère. Ce combustible, charbon maigre ou anthracite, s'étale sur une grille en gradins qui l'empêche de tomber dans le cendrier; un barreau creux reçoit, par un robinet, un mince filet d'eau qui s'écoule dans le cendrier et s'y vaporise rapidement par le rayonnement du brasier; la vapeur qui se dégage est entraînée avec l'air insufflé et pénètre dans la cuve du gazogène où elle se dissocie au contact du carbone au rouge. L'excès d'eau est enlevé par un siphon de trop plein.

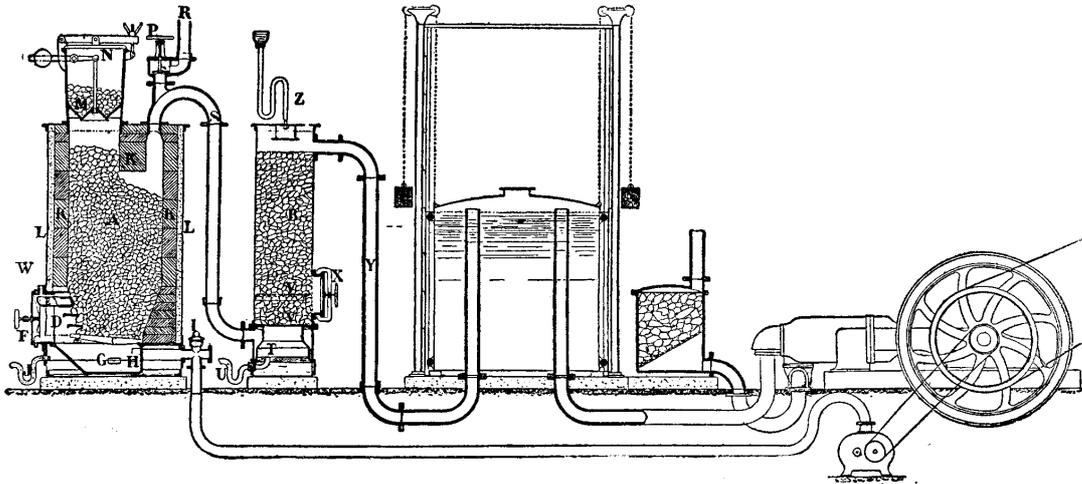


fig. 122. — Coupe verticale d'un gazogène Buire-Lencaucnez.

L'air est soufflé par un ventilateur centrifuge actionné par le moteur. La nécessité de ce ventilateur compense dans une certaine mesure l'avantage résultant de la suppression de la chaudière à vapeur. Le gaz produit s'échappe par un tuyau et pénètre dans le laveur en surmontant la faible résistance du joint hydraulique destiné à empêcher tout retour de gaz dans le générateur. Il traverse les grilles fermant la colonne à coke ou il se dépouille des poussières entraînées et se refroidit au contact de l'eau tombant en pluie de la partie supérieure, puis il se rend au gazomètre tandis que l'eau de lavage est évacuée au dehors par un trop plein.

Quand le gazomètre se trouve rempli et qu'il est arrivé au sommet de sa course verticale, il agit sur une levier relié par un fil de fer à un clapet placé sur la conduite d'air. Ce clapet se ferme et l'air du ventilateur s'échappe à l'atmosphère; la production du gaz s'arrête donc automatiquement pour reprendre dès qu'un abaissement de la cloche aura rouvert le clapet. Ce réglage permet donc de proportionner la production à la consommation du moteur. A la mise en marche, le gazomètre étant rempli, on peut démarrer immédiatement et

on a un répit suffisant pour ramener, à l'aide du ventilateur, le foyer à la température voulue pour un bon fonctionnement.

Une petite rampe à gaz, placée sous la grille à gradins, et alimentée de gaz puisé au gazomètre facilite la mise en train et peut être utilisée pour revivifier le feu après une période d'arrêt; un réchauffeur tubulaire, traversé dans un sens par les gaz chauds produits par le gazomètre, et dans l'autre sens par l'air d'insufflation assure un chauffage méthodique en même temps qu'une économie de calorique. Enfin il faut compter, pour un gazogène de 60 chevaux produisant 200 mètres cubes à l'heure, une dépense d'eau de 100 litres pour la vaporisation et de 500 litres pour le lavage. L'eau de réfrigération du cylindre moteur peut être parfaitement utilisée dans ce but, à la condition qu'on dispose d'un bassin de refroidissement dans lequel l'eau soit reprise par une pompe.

La maison Matter et C<sup>ie</sup> de Rouen applique le gazogène Buire-Lencauchez à l'alimentation des moteurs *Simplex* à gaz pauvres qu'elle construit; de très remarquables installations dépassant actuellement deux mille chevaux de force ont été réalisées et ont donné des preuves réitérées de la valeur de l'appareil Lencauchez, qui permet d'obtenir une grande économie, car il peut brûler les charbons maigres français dont le prix est inférieur à celui de l'anthracite anglais.

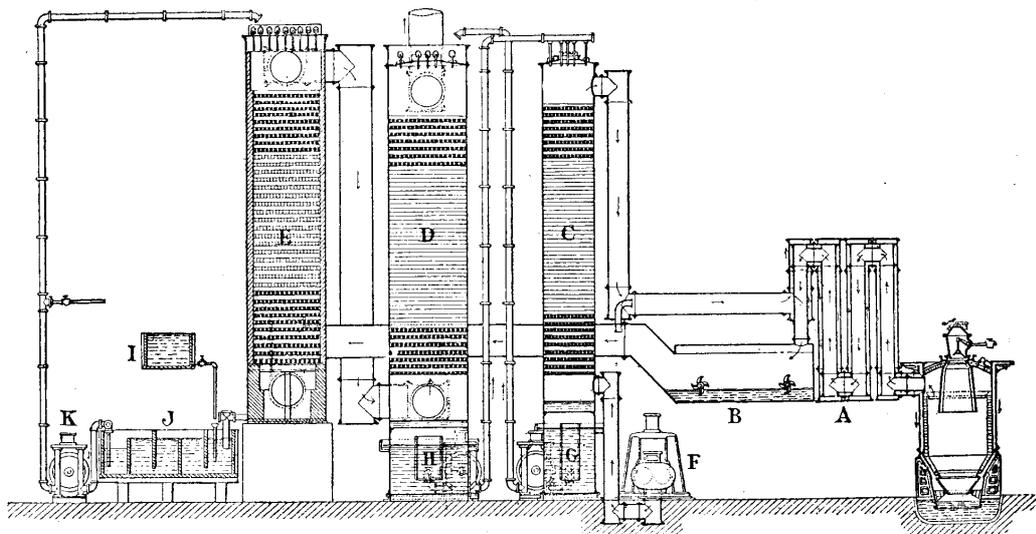


Fig. 123. — Installation complète d'un gazogène Mond.

*Gazogène Gardie.* — Cet appareil est caractérisé par l'usage d'un air très comprimé (6 à 7 kilogrammes) mélangé de vapeur à la même pression, très chaude par conséquent, et dont l'effet est très énergique. Le générateur à la forme d'un cubilot; le charbon est soutenu par les *étalages*, ce qui rend la grille inutile. L'air et la vapeur débouchent dans la cuve par une couronne de tuyères et un *regard ménagé* à ce niveau permet de se rendre compte du

degré d'incandescence obtenu. Le chargement du combustible se fait à l'aide d'une trémie à deux obturateurs, suivant la manière ordinaire; le gaz qui s'échappe à une haute température, chauffe un serpentin traversé par la vapeur d'alimentation, qui se trouve ainsi surchauffée sans qu'il en coûte rien, puis débouche dans un nettoyeur rudimentaire, composé de deux tuyaux

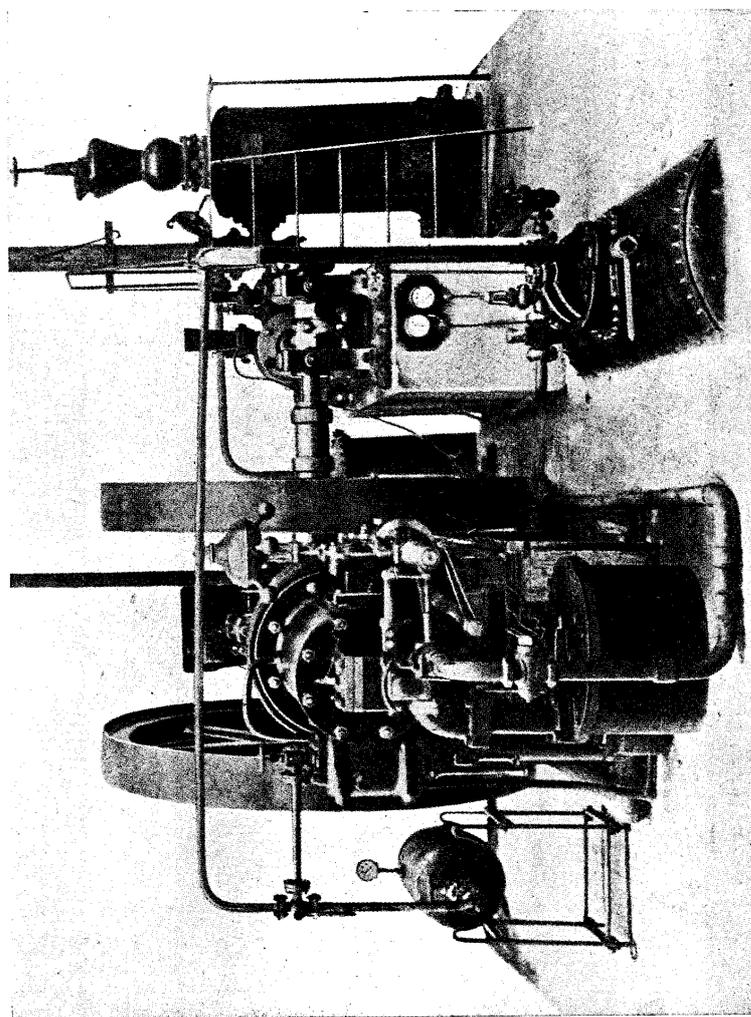


Fig. 124. — Moteur Charon et Gazogène Gardte.

concentriques d'inégale hauteur et se rend au gazomètre. L'air comprimé par une pompe spéciale dans un réservoir, est chauffé dans un récupérateur traversé en sens inverse par les gaz de la décharge du moteur il est ainsi réchauffé sans frais à l'aide des chaleurs perdues et permet une augmentation sensible dans la proportion de vapeur injectée.

Le gazogène Gardie présente donc d'ingénieuses innovations le gaz produit est très riche, dépassant 1400 calories, et sans dégagement de goudrons ni d'ammoniaque, ce qui permet de supprimer les laveurs et scrubbers, indispensables dans les autres systèmes.

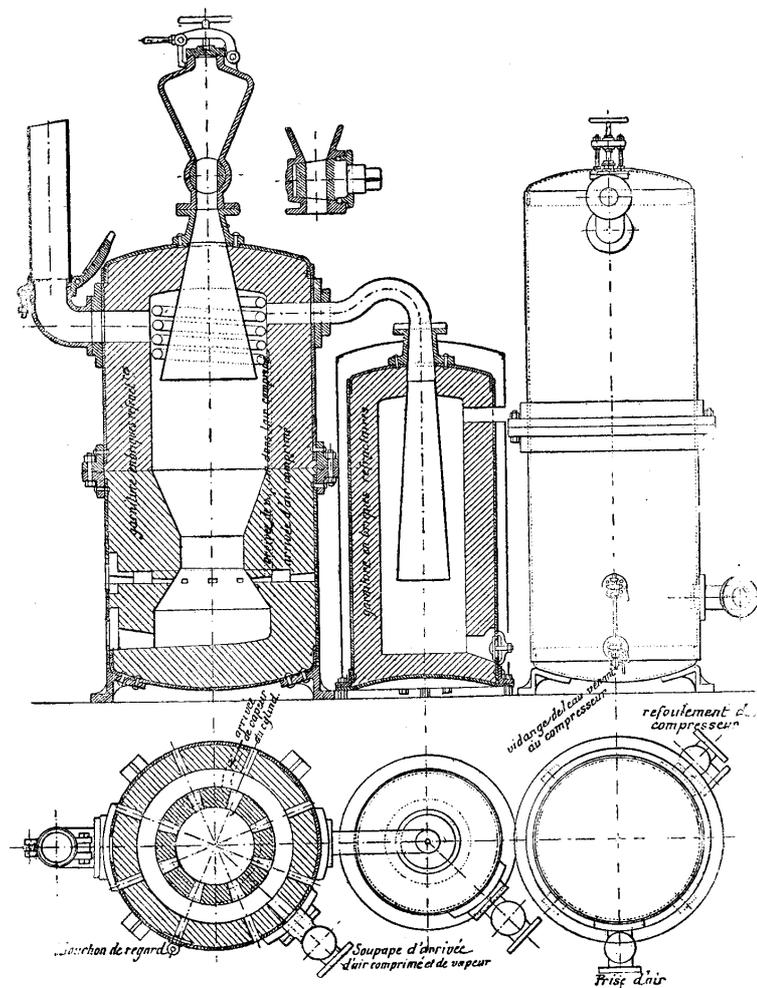


Fig. 125. — Gazogène Gardie.

Son seul inconvénient réside dans son réservoir à air comprimé qui exige une pompe prenant une certaine force, et qui constitue une complication.

*Gazogène Taylor.* — L'avenir des moteurs à gaz surtout ceux de grande puissance, est intimement lié à l'emploi des gaz pauvres produits à bas prix car ils seraient impraticables avec le gaz de ville au prix où il est vendu. C'est pourquoi de nombreux inventeurs ont cherché à établir des appareils générateurs simples et permettant de produire, avec une

grande économie, par la décomposition de la vapeur d'eau au contact d'un foyer incandescent de grandes quantités d'un mélange gazeux utilisable sous le piston d'un moteur à explosion.

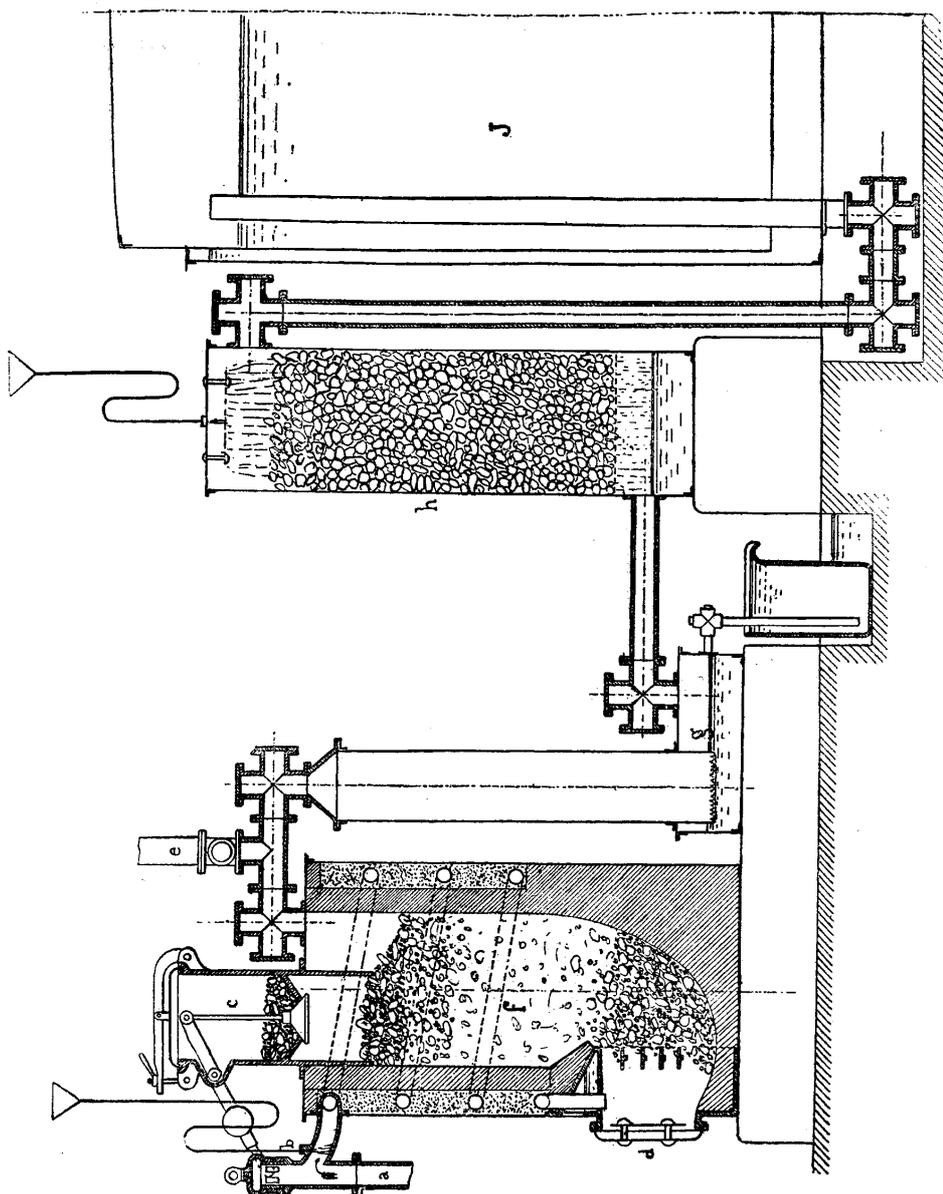


Fig. 126. — Gazogène Letombe.

Le gazogène Taylor est l'un des modèles les plus perfectionnés et les mieux combinés qui aient paru dans le courant de ces dernières années. Il a d'ailleurs fait ses preuves dans différentes industries, telles que la métallurgie et la céramique. Il se compose d'un *générateur*

de gaz, d'une *chaudière*, servant à produire la vapeur d'injection, d'un faisceau tubulaire *réchauffeur*, d'une série de tubes *refroidisseurs*, d'un *barillet*, d'un *nettoyeur* ou *scrubber*, et enfin d'un *gazomètre*.

Le caractère du Taylor, entre tous les appareils similaires consiste dans son système automatique de décrassage, grâce à sa sole tournante qui permet d'enlever les déchets

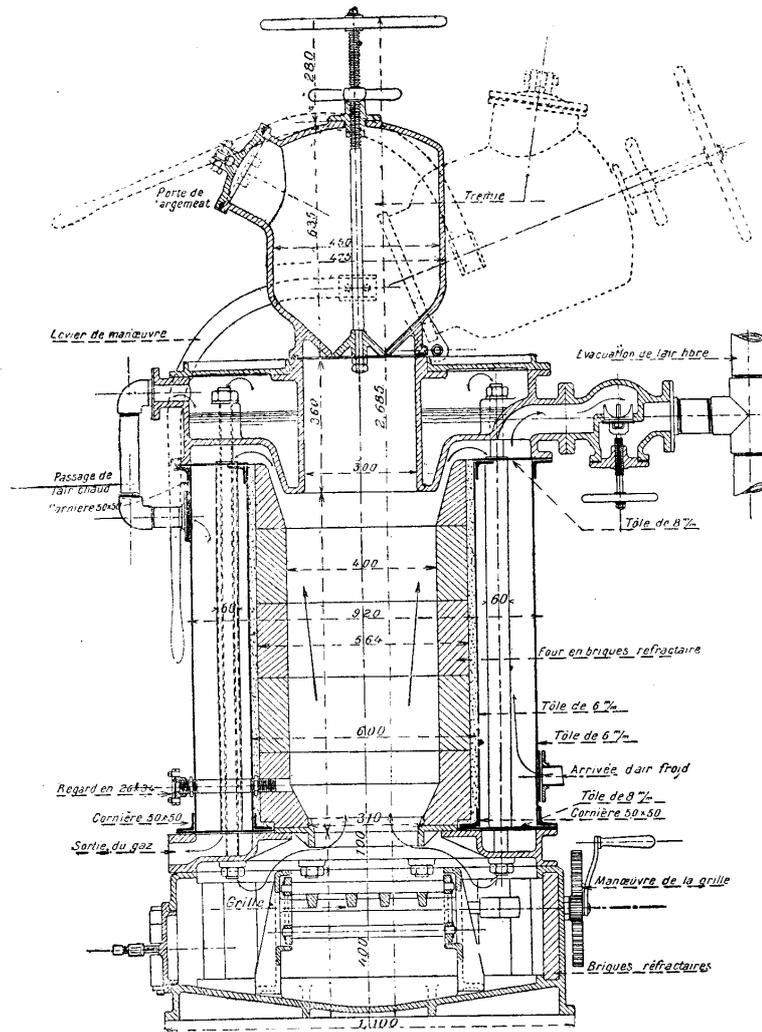


Fig. 127. — Gazogène Duplex.

de combustible et nettoyer la grille sans arrêter la marche. Cette disposition dispense d'employer seulement de l'antracite pur, et donne la possibilité de faire usage de charbons maigres quelconques coûtant ordinairement très bon marché.

Le générateur de vapeur est placé sur le gazogène et chauffé par les gaz chauds qui s'en échappent.

A la sortie de ce générateur la vapeur produite passe dans un surchauffeur, puis dans un faisceau tubulaire parcouru par les gaz. La haute température du mélange d'air et de vapeur assure un rendement élevé. De leur côté, les gaz chauds produits par la décomposition de la vapeur d'eau dans le gazogène parcourent des tubes verticaux à grande surface, où ils se refroidissent, puis ils se lavent dans un barillet, traversent un nettoyeur à coke et enfin arrivent au gazomètre.

*Prix de revient de la force motrice.* — Le mélange de gaz (hydrogène, oxyde de carbone, etc.) produit dans le gazogène peut atteindre un pouvoir calorifique de 1.400 à 1.500 calories; il faut donc 3 volumes 1/2 de ce gaz pour représenter un volume de gaz de ville ordinaire, renfermant 5.200 calories. En conséquence, un moteur consommant 700 litres de gaz de ville par cheval-heure exigera 2.500 litres de gaz pauvres pour développer la même puissance. Pour produire ce volume gazeux avec l'appareil Taylor, il suffit de 550 grammes d'anthracite.

Le prix de revient par cheval-heure dépend du prix du combustible employé. En prenant comme base d'appréciation, par exemple, un moteur de 8 chevaux consommant par cheval-heure 700 litres de gaz de ville à 20 centimes le mètre cube et marchant 10 heures, la dépense d'une journée sera de

$$\frac{700 \times 8 \times 10 \times 0,20}{1000} = 11 \text{ fr. } 20 \text{ ou } 0 \text{ fr. } 14 \text{ par cheval-heure.}$$

Si ce moteur, au contraire, était alimenté par du gaz pauvre produit avec de l'anthracite pur coûtant 55 francs la tonne, il exigerait 550 grammes par cheval (pour 2.510 litres équivalent à 700 litres de gaz riche) et on aurait:

$$\frac{0,550 \text{ kg.} \times 8 \times 10 \times 54}{1000} = 2 \text{ fr. } 42 \text{ ou } 0 \text{ fr. } 0302 \text{ par cheval-heure.}$$

En employant, au lieu d'anthracite, du charbon maigre à 30 francs on aurait:

$$\frac{0,550 \text{ kg.} \times 8 \times 10 \times 54}{1000} = 1 \text{ fr. } 32 \text{ ou } 0 \text{ fr. } 0165 \text{ par cheval-heure.}$$

Ce serait donc une économie de 88 p. 100 sur le gaz de ville à 20 centimes le mètre cube et 45 p. 100 sur les gaz d'anthracite pur. Cette économie se passe de commentaires.

*Gazogène de Bénier.* — Depuis l'exposition de 1889 où l'on a vu un moteur à gaz «Simplex» alimenté au gaz pauvre au moyen d'un gazogène Dowson, les industriels ont reconnu que là était l'avenir pour la force motrice à bon marché. Des installations importantes ont été faites depuis cette époque, et si elles n'ont pas été plus nombreuses cela tient à ce

que les appareils à produire le gaz pauvre ont de graves inconvénients dont voici les principaux:

1<sup>o</sup> Le gaz étant produit sous pression il y a danger permanent pour la santé des ouvriers par suite des fuites inévitables d'oxyde de carbone, poison violent, d'où nécessité d'établir ces appareils dans des locaux spéciaux.

2<sup>o</sup> L'inégalité dans la production du gaz qui nécessite l'emploi de gazomètres coûteux et encombrants.

3<sup>o</sup> Conduite délicate nécessitant un ouvrier bien expérimenté.

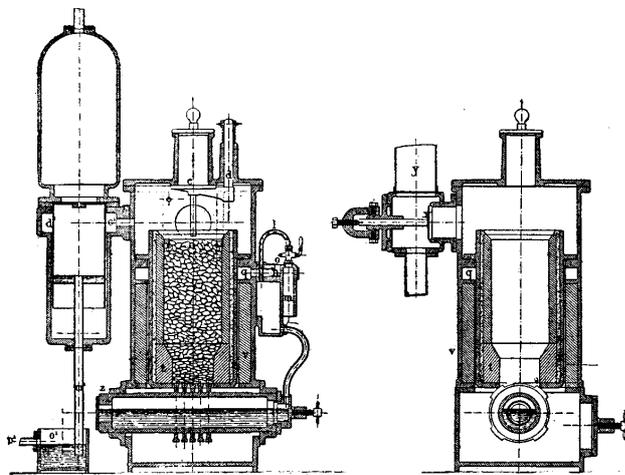


Fig. 128 — Gazogène Bénéier à aspiration.

Tous ces inconvénients se trouvent radicalement supprimés dans le moteur-gazogène Bénéier.

1<sup>o</sup> Par son principe même, qui est de fabriquer le gaz au-dessous de la pression atmosphérique, tout danger de fuites de gaz est supprimé, puisque dans tout l'appareil gazogène et les tuyaux d'amenée de gaz au moteur, le gaz y est à une pression au-dessous de la pression atmosphérique; dans les parties où il peut y avoir fuite dans les autres appareils à pression, il y a une simple rentrée d'air dans le gazogène Bénéier. On peut donc installer sans danger ce système dans tous les locaux habités, les sous-sols et l'on obtient ainsi, au centre des villes, la force la plus économique connue.

2<sup>o</sup> Pour l'inégalité de production de gaz, elle provient, dans les appareils à pression, de la difficulté d'avoir le mélange d'air et de vapeur toujours dans la même proportion, car la vapeur étant sans pression, il faudrait pour cela que cette pression de vapeur fut absolument constante, ce que l'on n'obtient jamais en pratique.

Dans ce gazogène, qui fonctionne au-dessous de la pression atmosphérique, l'air et

a vapeur entrent librement de sorte que leur préparation est déterminée, une fois pour toute, par la dimension de leurs orifices d'arrivée, il n'y a plus à s'en occuper et la production du gaz est tellement régulière que les diagrammes pris sur le moteur à charge constante se superposent absolument, même pris à plusieurs heures d'intervalle.

3° La conduite délicate des appareils à pression vient de la difficulté d'obtenir le mélange d'air et de vapeur en proportions constantes.

D'après ce qui est dit ci-dessus, il est facile de se rendre compte qu'il n'y a aucune surveillance à exercer pour la conduite du gazogène Bénier; un gamin venant mettre du charbon dans l'appareil toutes les demi-heures, est tout ce que nécessite la conduite de ce gazogène.

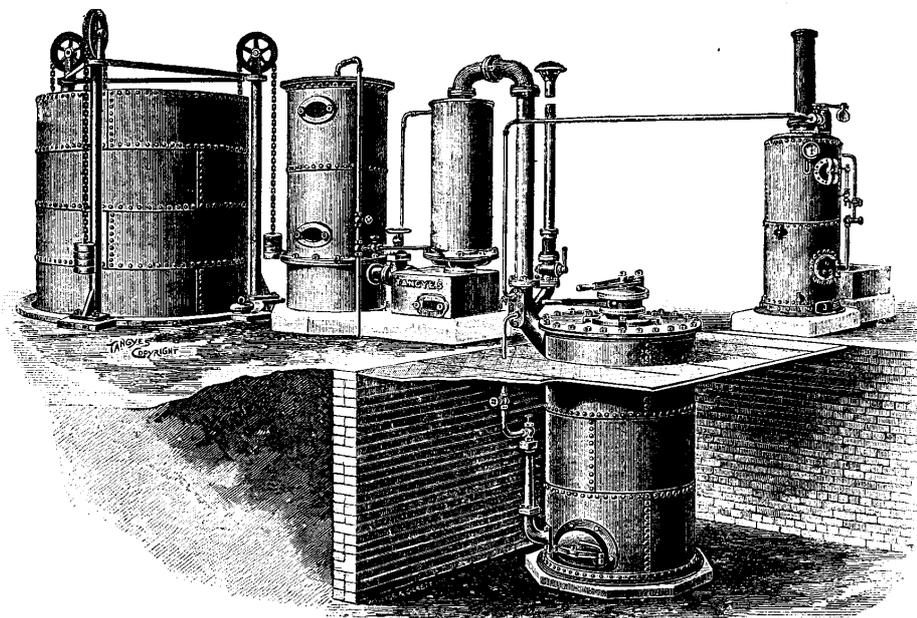


Fig. 129. — Vue en élévation d'un gazogène Tangye.

Le gazogène Bénier présente de réelles qualités d'économies dues pour une part à la régularité de sa production et surtout à la présence d'un surchauffeur du mélange d'air et de vapeur avant son entrée au foyer. Sa manœuvre est très simple, en raison de l'existence d'une grille tournante, refroidie par un courant d'eau. Cette disposition permet de marcher sans arrêt pour le décrassage, celui-ci pouvant s'effectuer en marche, et la durée de la grille est indéfinie, car elle est certainement maintenue à une température inférieure à celle à laquelle le métal est attaqué. Le moteur combiné à ce gazogène est également fort intéressant et nous l'étudierons dans le cours de cet ouvrage.

*Gazogène Taylor* modifié par Wimand. — Il existe encore de nombreux systèmes de gazogènes, moins usités que ceux qui viennent d'être décrits, et nous les passerons rapide-

ment en revue avant de clore cette description. Au premier rang nous placerons le modèle Taylor modifié par Wimand, dans lequel la chaudière est supprimée et remplacée par une

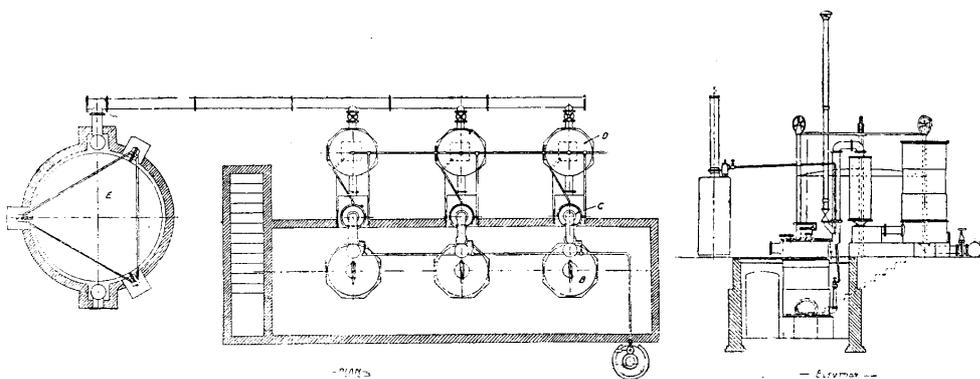


Fig. 130. — Vue en plan et coupe d'un gazogène Tangye.

cuve entourant le gazogène et chauffée par les chaleurs perdues. L'eau chaude s'écoule à travers une colonne à coke où elle rencontre l'air soufflé vers le gazogène, cet air s'échauffe ainsi et se sature de vapeur d'eau constituant ainsi une solution originale et pouvant s'appliquer à tous les genres de générateurs à gaz pauvres.

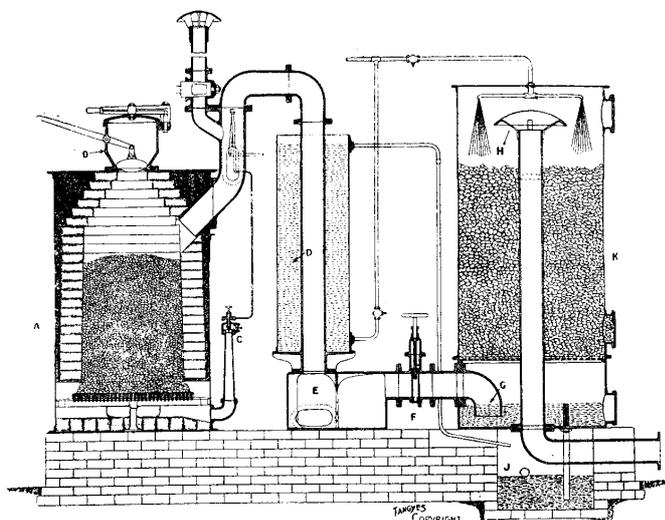


Fig. 131. — Section verticale d'un gazogène Tangye.

*Gazogène Kitson.* — Il est muni d'une sole rotative à décrassage automatique, comme dans les modèles précédents. L'air est soufflé par des injecteurs à vapeur à travers les trous de la sole, et la vapeur est fournie par un tube en serpentin logé dans la chemise

réfractaire de la cuve. Un second tube, placé à la suite du premier sert de surchauffeur; la vapeur est rassemblée dans un récipient accolé au gazogène et sur lequel sont établies les prises de vapeur. Ainsi l'appareil Kitson ne comporte ni ventilateur, ni chaudière; le décrassage est automatique, ainsi que l'élimination des scories et mâchefers.

Ce sont là de précieux avantages permettant d'abaisser à la fois le coût des appareils, puisqu'ils sont moins compliqués et le prix du gaz produit, car on réduit ainsi au minimum les pertes de calorique.

*Gazogène Loomis.* — Ce système fonctionne par aspiration, à l'aide d'un extracteur, et l'air traverse de haut en bas toute l'épaisseur de charbon accumulé dans un espèce de cubilot, revêtu de terre réfractaire, ouvert par le haut et terminé en bas par une partie très conique évitant l'usage d'une grille. L'air aspiré et décomposé à la suite de son passage au travers du carbone incandescent, traverse une colonne de refroidissement entourée d'une enveloppe en tôle remplie d'eau constituant une chaudière; la chaleur enlevée au gaz est donc utilisée pour produire de la vapeur, qui actionne la machine motrice actionnant l'extracteur, et se décharge dans le cubilot pour y être décomposée en hydrogène et oxyde de carbone. Ce dispositif, qui peut fournir à volonté du gaz d'air, du gaz à l'eau ou un mélange de gaz pauvres, a donné de bons résultats et a fonctionné deux ans sans arrêt. Il pourrait être appliqué avec avantage à l'alimentation des moteurs, mais nous ne pensons pas que l'essai en ait été tenté jusqu'à présent.

*Gazogène Wilson.* — La cuve est plus large que haute, à l'inverse de ce qui a été fait précédemment, et permet, comme dans le système Loomis, l'emploi des menus et des poussières de plus mauvaise qualité. Des ouvertures sont ménagées pour permettre de regarder si les débris collent et ne descendent pas. L'air, soufflé par un injecteur à vapeur, débouche au milieu même du gazogène, avec une pression très faible: 25 millimètres d'eau au plus. Le décrassage s'opère à l'aide d'hélices en fonte plongeant par la partie inférieure dans l'eau froide et supportant le charbon par dessus. En faisant tourner ces hélices, on détache les scories et les mâchefers, qui tombent dans le cendrier. Les gaz de la décharge du moteur sont utilisés pour réchauffer l'air injecté; on réalise donc, par ce procédé, une certaine économie.

*Procédé Longden.* — Nous avons dit que le gaz à l'eau, fabriqué par divers procédés, avait surtout été utilisé pour l'éclairage, et que plus de cent villes en Amérique possédaient des usines basées sur cette méthode de préparation. Mais le gaz à l'eau présente le grand inconvénient de renfermer une très grande proportion d'oxyde de carbone, toxique très violent, même étant très dilué, et d'autant plus dangereux qu'il ne possède aucune odeur révélant sa présence. On a enregistré de très nombreux accidents dus à des fuites dans les canalisa-

tions, et c'est pour éviter ces catastrophes que l'ingénieur Longsdén a imaginé d'empêcher la production d'oxyde de carbone, gaz auquel on ne connaît pas de dissolvant bon marché, en mélangeant un sel de soude au charbon des gazogènes. Voici donc la composition du gaz résultant de la réaction.

Hydrogène . . . . .	62,2 volumes
Acide carbonique . . . . .	26,4 —
Oxyde de carbone . . . . .	1,2 —
Carbures divers . . . . .	2,2 —
Azote . . . . .	6,5 —
Oxygène . . . . .	1,5 —
	100,0 volumes

Ce gaz, encore très riche, et qui pourrait être débarrassé de son acide carbonique en le faisant passer sur de la chaux, est parfaitement applicable à l'alimentation des moteurs à gaz pauvres.

*Procédé Guyon et Métais.* — Ce procédé, qui n'a pas reçu, croyons-nous, la sanction de la pratique, devait, dans la pensée de ses auteurs, diminuer le prix de revient du gaz de houille, par l'extinction du coke, résultant de la distillation, en vase clos, au lieu de l'extinction à l'air libre telle qu'elle est pratiquée habituellement. Une tonne de houille peut rendre 450 mètres cubes de gaz au lieu de 300, et ce mélange du gaz à l'eau avec le gaz de distillation aurait encore un pouvoir calorique de plus de 4.000 calories à moins de 0,2 centimes, mais ce ne sont que des prévisions théoriques, hâtons-nous de le dire et on se trouverait probablement loin de compte dans la pratique.

## LES MOTEURS A GAZ PAUVRES

*Moteur Simplex.* — Bien que ce moteur marche également bien au gaz de ville et à l'air carburé, et qu'il ne diffère des moteurs basés sur le cycle de Beau de Rochas que par des perfectionnement de détail, nous avons remis jusqu'ici sa description, car nous estimons que ce système, combiné avec les gazogènes à gaz pauvres, présente le plus grand avenir et constitue le concurrent le plus sérieux de la vapeur.

Le *Simplex* a été inventé en 1884 par MM. Edouard Delamare-Deboutteville et Léon Malandin. Il présente la disposition générale des moteurs à quatre temps. Un arbre de couche transmet le mouvement de l'arbre moteur à la partie postérieure du cylindre, et

actionne un tiroir de distribution par l'intermédiaire d'un plateau manivelle et d'un coulisseau. Ce tiroir, qui constitue une des pièces essentielles de l'appareil, est formé d'un plateau en fonte, percé de deux ouvertures, l'une droite servant à l'admission, l'autre oblique et contournée effectuant l'allumage. Le piston ayant achevé sa première course en avant, revient sur lui-même pour comprimer le mélange; l'explosion se produit alors, le tiroir s'étant avancé et présentant son orifice oblique, d'une part à l'ouverture de la culasse, d'autre part à une cavité du chapeau dans laquelle jaillit constamment un flux d'étincelles d'induction assurant

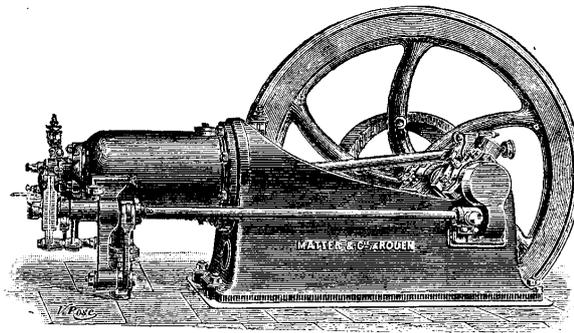


Fig. 132. — Moteur Simplex, Delamare-Deboutteville et Malandin.

l'allumage. L'explosion ayant eu lieu, cette cavité et l'orifice du tiroir sont remplis de gaz brûlés qu'il faut évacuer pour éviter un raté au coup suivant, ce résultat est obtenu par l'intermédiaire d'un petit trou de purge situé sur le logement du brûleur et sur la face externe du tiroir, par lequel le mélange tonnant frais, comprimé dans le cylindre, refoule les résidus inertes et incombustibles.

MM. Delamare-Deboutteville et Malandin, après avoir essayé d'un régulateur à air pour maintenir la constance de la vitesse, ont adopté un modèle pendule double (fig. 133) sollicité à se placer verticalement par suite de la prépondérance de poids de la boule inférieure. Le tiroir porte un double couteau par lequel il attaque la soupape d'admission du gaz; la tige inférieure du pendule, qui présente une encoche assez profonde, vient s'appuyer sur la queue du double couteau, l'accompagne, le maintient horizontal et assure l'ouverture du robinet à gaz. Cet effet dépend, on le conçoit, de la relation existant entre la vitesse du régulateur et celle du tiroir; si nous supposons que la machine accélère son mouvement, le tiroir mettra moins de temps à rentrer que le pendule à tomber: le cran manquera le couteau et le robinet d'admission du gaz ne s'ouvrira pas.

L'agencement ingénieux des organes du *Simplex* a permis d'augmenter la compression, mais il a fallu le munir d'un dispositif de *self starting* permettant un démarrage aisé; le procédé consiste à charger, à l'arrêt, le cylindre de gaz tonnant, en tournant le volant en arrière d'une fraction de tour, pour comprimer le mélange derrière le piston. Ce mouvement peut être exécuté à force de bras ou à l'aide d'un petit treuil dans les grosses

machines. En lançant l'étincelle dans ce mélange, une explosion se produit et l'impulsion est suffisante pour franchir les points morts et assurer la mise en marche normale, la réalisation des phases successives du cycle.

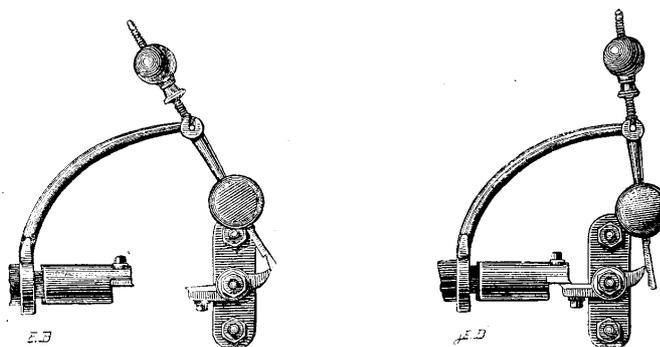


Fig. 133. — Régulateur-pendule Simplex.

MM. Delamare-Deboutville et Malandin ont eu le rare mérite de résoudre les premiers la grave et intéressante question des moteurs à gaz de grande puissance. Dès l'Exposition du Havre, en 1885, ils montraient un *Simplex* alimenté au gaz Dowson, et, à l'Exposition de 1889, ils avaient installé un modèle monocylindrique de 100 chevaux. Enfin, en 1893, ils ont monté, à la minoterie Abel Lablanc, de Pantin, un moteur de 320 chevaux

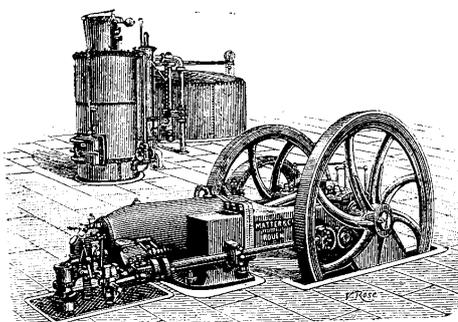


Fig. 134. — Moteur à gaz pauvre Simplex et Gazogène de Buire-Lencauchez.

fonctionnant également aux gaz pauvres produits, par deux gazogènes de Buire-Lencauchez. C'est la plus puissante machine à gaz à cylindre unique qui fonctionne dans le monde entier, et elle a fourni des résultats absolument supérieurs à tout ce qu'on pouvait espérer. C'est le triomphe du *Simplex*, et nous sommes heureux de rendre hommage ici à la féconde initiative de ses créateurs, car il faut rappeler que le *Simplex* est le premier moteur qui ait pu fonctionner avec des gaz d'une capacité calorifique de 1.200 à 1.500 calories. Il a fallu, on le conçoit, modifier certaines pièces du type que nous avons décrit et qui emploie le gaz de

ville; quoi qu'il en soit, le succès a répondu aux efforts des infatigables chercheurs, et, disposé pour la combustion des gaz de gazogènes, le moteur Delamare et Malandin a obtenu la faveur des industriels, qu'il mérite d'ailleurs à tous égards.

De l'avis de M. Aimé Witz, le *Simplex* est un des meilleurs moteurs à quatre temps que nous possédions actuellement. Sa construction est simple et robuste; alimenté au gaz de ville, il ne consomme que 580 litres par cheval-heure; au gaz pauvre, les grosses unités ne prennent que 2.400 litres, soit 550 grammes d'anthracite environ. C'est donc aussi le système le plus économique, et ces qualités mettent la machine construite par MM. Matter hors de pair avec les concurrents les plus redoutables.

*Moteur Gardie.* — Il est démontré d'une manière indiscutable que l'usage des gaz pauvres permet de réaliser une économie très sérieuse sur le prix de revient de la force motrice. En conséquence, beaucoup de constructeurs ont alimenté leurs systèmes au gaz de gazogènes, mais tous n'ont pas entièrement réussi, leurs moteurs n'étant pas disposés pour marcher convenablement avec un mélange de si faible pouvoir calorifique. Il se produisait donc de nombreux ratés et la marche était irrégulière. Faisons exception toutefois pour les Crossley, Niel, Andrews et quelques autres, qui ont donné de bons résultats, en raison de leur construction soigneusement étudiée.

Nous avons décrit précédemment l'ingénieux gazogène à haute pression de M. Gardie, de Nantes; le moteur accouplé à ce générateur présente également plusieurs parties originales, et nous lui consacrerons une courte description. Il se compose d'abord de deux cylindres jumelés de deux générateurs, d'un compresseur et d'un réservoir d'air comprimé. Le fonctionnement s'opère comme suit:

Le mélange gazeux arrivant à haute température du gazogène pénètre dans les cylindres moteurs et s'y mêle à une portion d'air envoyé du réservoir où il est enfermé sous une pression de 8 kilogrammes environ. A l'entrée des cylindres sont exposés des inflammateurs en métaux réfractaires, chauffés au rouge par un courant électrique lors de la mise en route, et maintenus à cette température par la combustion du gaz. Pendant l'introduction, le ~~mélange~~ ~~seul~~ ~~brûle~~ ~~au~~ ~~fin~~ ~~et~~ ~~à~~ ~~mesure~~ ~~de~~ ~~son~~ ~~passage~~ ~~devant~~ ~~l'inflammateur~~ ~~sans~~ ~~explosion~~, sans augmentation de pression par conséquent, mais en augmentant considérablement de volume. La pression dans le cylindre est donc, au début, exactement la même que dans le compresseur; elle baisse ensuite par l'effet de la détente. Après avoir épuisé leur action sur les pistons moteurs, les gaz brûlés sont évacués à travers les régénérateurs qui transmettent leur calorique à l'air qui les traverse d'autre part. Cette récupération de chaleur permet donc de réaliser une certaine économie.

La distribution est opérée à l'aide d'un arbre à cames, placé horizontalement au-dessus des cylindres, lesquels sont disposés en *pilon*; ces cames commandent trois soupapes; les deux premières donnent accès au gaz et à l'air, lesquels mélangent dans une boîte de

diffusion; la troisième sert à l'échappement. Ce mode de distribution se rapproche de celui employé par MM. Forest et Gallice pour leurs machines marines à air carburé.

Le cylindre est entouré à sa partie inférieure, où frottent les garnitures de piston, d'une enveloppe à circulation d'eau; le refroidissement intérieur est assuré par l'air qui a un libre accès dans le cylindre, celui-ci étant ouvert à sa partie inférieure pour donner passage aux bielles attaquant les vilebrequins de l'arbre. La partie la plus chaude est donc celle qui renferme les soupapes et dans laquelle s'effectue la combustion du mélange; cette région est entourée d'une enveloppe close très résistante, constituant la chaudière, dans laquelle se vaporise l'eau destinée à l'alimentation du gazogène; cette vapeur se surchauffe ensuite dans le serpentin logé au haut du gazogène.

En résumé, le moteur Gardie appartient au troisième type de notre classification; il est à combustion avec compression préalable; de plus, il est à régénération et il marche aux gaz pauvres à haute pression, sans exiger l'intermédiaire de gazomètre et de scrubber, le gaz développé ne contenant ni goudrons, ni produits ammoniacaux. Son principal inconvénient réside dans la nécessité d'un appareil compresseur absorbant un tiers environ du travail indiqué (la perte n'est que d'un cinquième dans les moteurs à gaz pauvres à compression dans le cylindre même). Sa régularité de marche est réelle, la vitesse moyenne étant de 175 tours à la minute; enfin, la consommation horaire n'est pas très élevée, grâce à l'adjonction du récupérateur, qui permet d'utiliser une notable proportion de la chaleur des gaz de l'échappement. Ces diverses qualités font du moteur-gazogène Gardie un appareil original et réellement nouveau, par les combinaisons qui s'y rencontrent. Un avenir prochain nous dira ce qu'il nous faut espérer de ce dispositif qui peut conduire à des résultats très intéressants.

Il existe encore un certain nombre de moteurs à gaz dont le fonctionnement est analogue à celui de M. Gardie. Tels sont les systèmes Shaw, Woodburg, Crowe, Buckett, Vermand. Mais ces appareils, n'admettant pas l'usage des gaz pauvres, et ne présentant, d'autre part, qu'un intérêt secondaire, nous ne ferons que les mentionner en passant.

*Moteur gazogène Bénier.* — Nous avons étudié à sa place le gazogène inventé par M. Bénier; il nous reste à décrire le moteur qui lui est associé. Moteur fonctionne suivant le cycle à deux temps employé par Dugald-Clerk, Benz et Ravel, et ses dispositions ne diffèrent pas sensiblement de celles adoptées par ses devanciers. Il possède un cylindre spécial pour la compression, qui se trouve accolé au cylindre de travail, et les manivelles de l'arbre se trouvent calées à 90 degrés l'une de l'autre. La pompe est *double*, s'est-à-dire qu'elle comporte deux pistons accouplés en tandem se mouvant dans le même cylindre; l'un d'eux aspire l'air, l'autre puise le gaz dans le gazogène. Air et gaz sont conduits par des voies différentes à une boîte de mélange placée à l'arrière du cylindre moteur et qui est pourvue d'une soupape. Le cylindre moteur porte des lumières d'échappement pratiquées dans la paroi et qui sont découvertes par le piston quand il a effectué les  $5/6^e$  de sa course d'avant.

Il restent ouverts pendant le dernier sixième de cette course et le premier sixième de la course arrière. A ce moment, les deux pistons des pompes ont chassé dans le cylindre moteur l'air et le gaz qu'ils avaient aspirés; le mélange pénètre par une soupape et se diffuse dans le cylindre en frottant sur une série de petites plaques perforées. Dans sa course de retour,

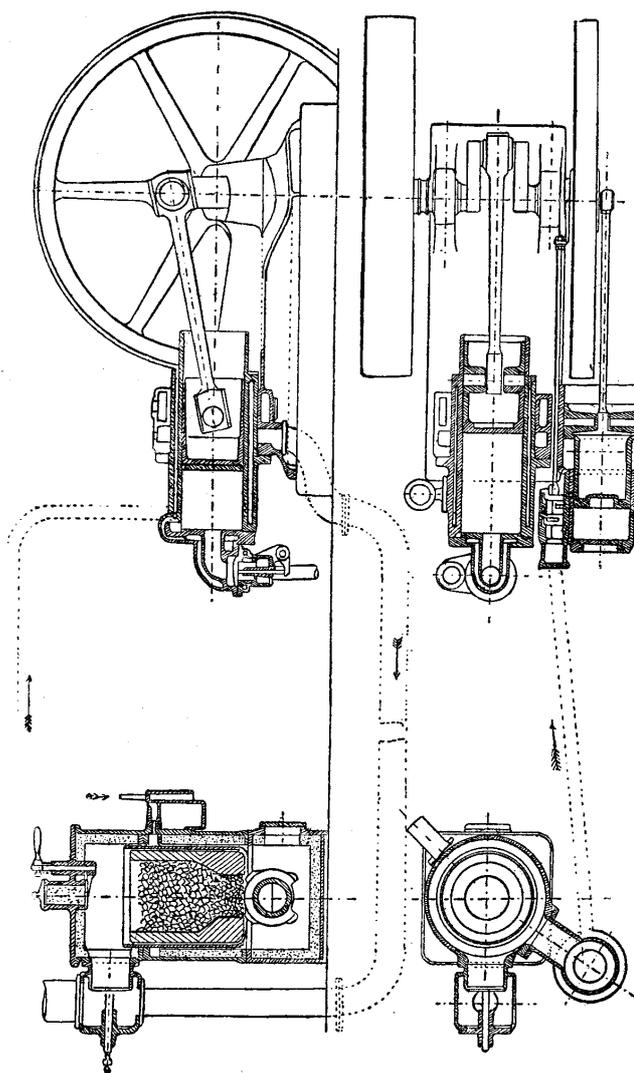


Fig. 185. — Moteur-gazogène Bénier. Vue en coupe et en plan.

ce piston ayant recouvert et obturé les orifices de décharge, comprime le mélange jusqu'au fond de course arrière. L'inflammation est alors produite, l'explosion chasse le piston en avant et les gaz brûlés s'échappent à l'air dès que les orifices de décharge se trouvent démasqués.

Mais, par suite de cette disposition, il pourrait arriver que le mélange tonnant introduit s'échappât par les orifices ouverts de la décharge. M. Bénier a paré à cet inconvénient par un dispositif dont il peut revendiquer la nouveauté. C'est de l'air atmosphérique qui est d'abord introduit et chasse les résidus de la combustion; le gaz tonnant n'est admis qu'ensuite, lorsque les lumières d'échappement se trouvent fermées. Ce résultat est obtenu par l'action successive des pompes à air et à gaz réglées dans ce but.

Ce moteur donne donc une impulsion motrice par tour complet de manivelle, et la pompe puise à chaque coup dans le gazogène un certain volume de gaz refoulé directement dans le cylindre de travail. Cette aspiration provoque la rentrée d'une quantité équivalente d'air et de vapeur d'eau dans le gazogène; il se forme donc du gaz combustible au fur et à mesure de la consommation. Un régulateur à papillon assure la constance de la vitesse et proportionne la quantité de gaz aspiré à la résistance extérieure, c'est-à-dire au travail accompli. L'allumage est électrique et s'effectue convenablement sans de trop fréquents ratés.

Le moteur-gazogène Bénier est construit pour les forces allant jusqu'à 100 chevaux, mais on en a établi également des unités de quelques chevaux seulement, ce qui n'avait pas été tenté jusqu'alors par aucun constructeur. Une machine de 5 chevaux a consommé 800 grammes de charbon maigre par cheval-heure effectif; ce résultat est d'autant plus remarquable que la marche d'un si petit moteur est fort difficile avec les gazogènes ordinaires; l'obstacle vient alors du gazogène qui fonctionne mal quand les dimensions de la cuve tombent au-dessous d'une certaine limite. Un moteur gazogène de 15 chevaux ne consomme plus que 600 grammes par cheval-heure.

Tel est l'ingénieux système imaginé par M. Bénier et que représente la fig. 135; il a reçu l'accueil le plus flatteur de l'industrie et il est à croire que ces applications iront sans cesse en se multipliant, à mesure qu'il sera mieux connu.

Nous terminerons cette rapide description par un tableau résumant les principaux avantages présentés par les moteurs que nous avons étudiés ici, et montrant les progrès réalisés, surtout au point de vue de la consommation depuis leur apparition.

---

TABLEAU RESUMÉ

NOM DU SYSTÈME	NATURE du combustible	FORCE du moteur	CONSUMATION	CONSOMMATION pour 1 cheval-heure	PRIX du cheval-heure	NOM de l'expérimentateur
Lenoir (1860) . . . . .	Gaz de ville	9,10 chev.	2400 litr.	2700 litr.	0,90 <sup>(1)</sup>	Tresca.
Hugon (1866) . . . . .	id.	2,07 »	5400 »	2600 »	0,85	id.
Langen et Otto (1867) . . . . .	id.	0,46 »	660 »	1380 »	0,45	id.
Otto (1878) . . . . .	id.	2 »	2280 »	1140 »	0,35	Brauer et Slaby.
Wittig et Hees (1881) . . . . .	id.	4 »	4960 »	1240 »	0,37	Schettler et Brauer.
Koerting-Lieckfeld . . . . .	id.	2,18 »	2700 »	1275 »	0,38	Schettler.
Otto (1881) . . . . .	id.	8,34 »	9500 »	915 »	0,28	Allard et Potier.
Dugald-Clerk (1884) . . . . .	id.	11,6 »	9700 »	877 »	0,25	Sterne.
Lenoir (1885) . . . . .	id.	2 »	1320 »	655 »	0,19	Tresca.
Simplex (1885) . . . . .	id.	9,41 »	5580 »	593 »	0,11 <sup>(2)</sup>	Witz.
id.	Gaz Dowson	3,66 »	6040 »	3300 »	0,07	id.
Lenoir (1885) . . . . .	Air carburé	4,15 »	2,700	0,650	0,45 <sup>(3)</sup>	Alfred Tresca.
Benz . . . . .	Gaz de ville	5,1 »	3600 »	707 »	0,14	»
Atkinson (1888) . . . . .	id.	9,48 »	6000 »	618 »	0,13	Soc.Arts de Londres
Crossley (1888) . . . . .	id.	14,74 »	10800 »	765 »	0,15	id.
Griffin (1888) . . . . .	id.	12,51 »	9500 »	786 »	0,15	id.
Charon (1889) . . . . .	id.	4,17 »	2210 »	530 »	0,11	Witz.
Forest (1890) . . . . .	Essence de pétrole	16,67 »	7 kil. 400	458 gr.	0,30	Martin.
Niel (1891) . . . . .	Gaz de ville	3,75 »	1250 litr.	402 litr.	0,08	Witz.
Simplex (1889) . . . . .	Gaz pauvres	75 »	191 m.c.	2370 »	0,07 <sup>(4)</sup>	id.
id. (1893) . . . . .	id.	220 »	110 kil. anthracite	500 gr.	0,03	A Leblanc.
Lenoir (1891) . . . . .	Gaz de ville	6 »	4260 kil.	710 litr.	0,15	Lencauchez.
Charon (1892) . . . . .	id.	7,5 »	4380 »	586 »	0,12	Chauveau
Priestman (1890) . . . . .	Pétrole Daylight	7,7 »	3 »	385 gr.	0,17 <sup>(5)</sup>	Unwin.
id. (1891) . . . . .	Russoline	6,7 »	2,700	428 »	0,19	id.
Crossley (1892) . . . . .	Gaz Dowson	148 »	415 » anthracite	280 »	0,02	Dowson.
Atkinson (1892) . . . . .	id.	16,7 »	6600 kil.	455 »	0,03	Tomlinson.
Schleicher-Schum. . . . .	Gaz pauvres	92 »	55 »	596 »	0,032	Spangler.
Trustiy . . . . .	Pétrole ordinaire	4,3 »	1800 »	440 »	0,20	W. Beaumont.
Delamare-Deboutteville (1894) . . . . .	Gaz pauvres (Lencauchez)	62 »	37 »	603 » (ch. maigre)	0,02	Bourdon.
Campbell (1895) . . . . .	Pétrole ordinaire	6 »	2400 gr.	400 gr.	0,25	

(1) Le gaz de ville est compté à raison 0 fr. 30 le mètre cube.  
(2) A partir de l'année 1885, il est compté à 0 fr. 20 le mètre, une réduction ayant été consentie par les Compagnies pour le gaz brûlé dans les moteurs.  
(3) Lagazoline est comptée autarif de Paris, à 0 fr. 70 le litre; ce prix est un peu moins élevé hors Paris.  
(4) Les gaz pauvres produits par la combustion de l'anthracite sont calculés sur le prix de 55 francs la tonne d'anthracite: les charbons maigres ne coûtant que de 25 à 35 francs la tonne.  
(5) Le pétrole lampant coûte 0 fr. 55 le litre à Paris et 0 fr. 30 en province.

CONDUITE ET ENTRETIEN DES MOTEURS A GAZ, A ESSENCE,  
A PÉTROLE ET A GAZ PAUVRES

*Installation des moteurs à gaz.* — Nous donnerons ici, d'après l'ouvrage de M. Witz déjà cité, quelques conseils sur l'installation des moteurs.

Les machines à gaz sont ordinairement montées sur un socle; quand leur puissance atteint 4 chevaux, il est bon de les poser sur un massif de béton au ciment ou une pierre de taille pour éviter les vibrations. Il est nécessaire de ménager un certain espace libre autour de cette fondation, en prévision des manœuvres à exécuter autour de l'appareil: mise en train à bras, nettoyage du cylindre et des appareils d'admission et de décharge, etc. On dispose contre le mur le plus voisin les robinets de gaz et d'eau et les poches antipulsatrices, qui doivent présenter une capacité égale à au moins 25 fois le volume d'une aspiration du moteur. Avec de pareilles dimensions, on peut être certain qu'il ne produira pas de dépression dans les canalisations et on pourra se passer de tout autre appareil de réglage intermédiaire. Il faudra que les parois de ces poches demeurent un peu flasques pour conserver toute leur efficacité; les robinets d'amenée devront donc être réglés en conséquence ce qui peut s'effectuer automatiquement par des mécanismes très simples. Quel que soit le genre de moteur employé, il faudra toujours que les poches antipulsatrices soient disposées verticalement et aussi près que possible du moteur.

A partir de 2 à 3 chevaux, les moteurs à gaz doivent être refroidis par une circulation d'eau. Le plus souvent on a à sa disposition une canalisation d'eau sous pression, et il suffit de brancher un tuyau, de diamètre en rapport avec la pression, sur la conduite pour amener l'eau au cylindre. Quand on n'a pas l'utilisation de l'eau chaude sortant de ce cylindre, on règle l'écoulement de manière que le liquide ait une température d'eau moins 60 degrés; il y a même avantage à aller jusqu'à 80 degrés, mais alors il faut graisser le cylindre avec de la bonne huile. Un thermomètre placé sur le tuyau d'écoulement de l'eau indiquera donc la température, et on réglera les robinets suivant ses indications.

Lorsque l'eau est rare et que son prix est élevé, il faudra installer des bassins ou des bacs de refroidissement avec retour d'eau. Il suffit souvent d'un réservoir quelconque, placé à un niveau supérieur à celui de la machine, et dont le dessous communique avec la partie inférieure de l'enveloppe du cylindre, tandis que le dessus de cette enveloppe porte un second tuyau débouchant en haut du réservoir, pour que la circulation soit assurée en raison de la différence de densité entre l'eau chaude et l'eau froide. Il faut compter sur 400 à 500 litres d'eau par force de cheval, cependant la maison Kœrting a établi des refroidisseurs pourvus d'ailettes d'un très grand pouvoir émissif, et avec lesquels il suffit de 200 litres d'eau par cheval pour assurer une réfrigération convenable.

*Mise en train et arrêt des moteurs à gaz.* — Une mise en train doit se faire posément et avec précaution: on ouvre d'abord les robinets des brûleurs à flamme ou à ignition, et, dans ce dernier cas, on attend que le tube soit porté au rouge. Quand l'allumage se fait par l'étincelle électrique, on descend les zincs dans le liquide excitateur et on met le trembleur de la bobine en vibration en tournant le commutateur. On charge d'huile les appareils de graissage et on serre les graisseurs à piston. On agit ensuite sur le volant de la manière convenable en ayant soin de n'ouvrir que partiellement le robinet à gaz, lorsque le moteur n'est pas *self-starting*, c'est-à-dire muni d'un dispositif automatique de démarrage. Quand la machine est lancée et parvenue à sa vitesse réglementaire, on embraye les transmissions et on règle l'accès du gaz à l'aide du robinet.

Si le moteur refuse de démarrer, il faut avant tout s'assurer que la vanne de la conduite de gaz n'est pas trop ouverte, on vérifiera ensuite l'allumage. Quelquefois, ce sont les soupapes d'échappement qui fuient; dans ce cas, la compression ne s'opère plus, ce qu'on constate en tournant à contre-sens et en remarquant qu'alors le piston ne revient plus en avant quand on lui en donne la liberté. Aussitôt le défaut reconnu, on y apporte le remède approprié.

En marche, c'est une erreur d'inonder d'huile le cylindre et les pièces frottantes; il faut peu, mais de bonne huile versée à propos. On n'exagérera pas le graissage, sinon accidentellement, quand il sera nécessaire de nettoyer les surfaces métalliques et les débarrasser du cambouis. Il n'est pas nécessaire d'être un mécanicien d'une habileté consommée pour bien gouverner un moteur à gaz; il suffit d'être soigneux et vigilant, d'avoir l'œil à tout pour assurer la conservation du mécanisme. Dans ces conditions, la durée d'un moteur à gaz est comparable à celle d'une machine à vapeur, les frais d'entretien sont seuls un peu plus élevés.

Pour arrêter, on commence par faire fonctionner l'appareil self-starter, si le moteur en possède un, afin d'assurer la prochaine mise en train, puis on ferme le robinet d'arrivée du gaz; ce n'est qu'après cette fermeture qu'on supprimera le gaz des brûleurs ou le courant électrique produisant l'étincelle d'allumage, et qu'on arrêtera la circulation de l'eau. Si l'arrêt doit être prolongé, on s'arrangera de manière à ce que le piston se trouve au point mort vers l'extrémité ouverte du cylindre; on évitera ainsi de rayer cette pièce par les poussières qui s'y amassent.

Tels sont les soins généraux qu'il est bon d'avoir d'un moteur à gaz. La surveillance en est donc peu absorbante et cette qualité n'a pas contribué pour une faible part dans le succès qui a accueilli ces appareils. Plus de chauffeur ni de mécanicien, le premier venu, sans connaissances spéciales, peut être chargé de l'entretien de la machine. Quand tout a été bien réglé, l'arrivée du gaz et la circulation de l'eau, lorsque le graissage est bien fait, il suffit de jeter un coup d'œil de temps à autre pour s'assurer que tout va bien, que l'huile ne manque pas et que la température du cylindre ne dépasse pas une certaine limite, au-dessus de laquelle le piston pourrait gripper. Tous les mois, on procédera à un nettoyage complet

du cylindre et de l'appareil de distribution, on enlèvera les résidus et on injectera du pétrole pour dissoudre le cambouis accumulé; tous les six mois, on rodera les soupapes avec attention et on vérifiera le dressage des tiroirs. En procédant ainsi, le moteur donnera tout son effet et on ne regrettera pas ses soins devant les avantages qu'on en retirera.

*Entretien des moteurs à essence et à pétrole.* — Ce moteurs demandent les mêmes soins que leurs similaires fonctionnant au gaz, mais ils possèdent, de plus qu'eux, un carburateur ou un vaporisateur qui réclame une attention particulière si l'on ne veut pas que la marche de la machine se ressente de l'encrassement qui se produit à la longue par la pulvérisation et la combustion de l'essence ou de l'huile. Nous avons décrit les principaux systèmes de carburateurs et de vaporisateurs actuellement en service dans l'industrie et nous n'y reviendrons que pour faire remarquer qu'ils demandent un certain entretien. Il faut les visiter au moins une fois tous les huit jours et les nettoyer complètement pour enlever les résidus, coke, goudrons, noir de fumée, au moins une fois tous les mois.

Les lampes servant à la gazéification du pétrole lourd demandent également à être vérifiées de temps à autre, dégrassées et nettoyées à fond à intervalles rapprochés.

*Allumage du mélange tonnant.* — Il existe différentes méthodes d'inflammation des gaz introduits dans le cylindre, et l'on peut dire que chaque procédé a ses avantages et ses inconvénients. L'allumage par incandescence d'un tube de fer ou de porcelaine paraît le plus simple et il est aussi sûr que tout autre; l'allumage par transport de flamme et tiroir est un peu plus compliqué; l'allumage par magnéto actionnée par le moteur lui-même ne donne aucun souci, mais n'est pas trop commode pour les mises en train, enfin il va fort bien par les piles, mais en imposant une gênante servitude, bien que ce soit cependant le meilleur procédé pour les moteurs à air carburé ou à pétrole. Au point de vue de l'économie, tous les systèmes d'ailleurs se valent et il serait difficile de préconiser l'un d'entre eux particulièrement. Les flammes et les tubes à ignition consomment du gaz, les piles usent du zinc et des substances chimiques, les magnétos absorbent du travail et leur prix d'achat est assez élevé; il serait donc aléatoire d'affirmer que tel ou tel système vaut mieux que l'autre.

Suivant le mode d'allumage employé, l'entretien varie et le propriétaire d'un moteur à gaz fera bien de se conformer aux indications du constructeur qui lui a vendu l'appareil. Recommandons seulement, pour l'allumage par l'électricité, les piles chromiques à un ou deux liquides, dont il existe de très nombreux modèles, et les bobines d'induction, établies en vue de l'application aux moteurs à gaz par Ducretet et par Carpentier.

Il est nécessaire que la pile employée donne un courant très constant et aussi énergétique que possible; les modèles de Radiguet, de Trouvé, de Guérot, de Delaurier, au bichromate de soude et à l'acide sulfurique conviennent parfaitement dans ce but. Quant à la bobine

d'induction jouant le rôle de transformateur, ses fils inducteurs et induits doivent être plus forts qu'à l'ordinaire. Il faut que l'étincelle produite soit chaude et nourrie pour empêcher des ratés des survenir, et par conséquent il ne faut pas exagérer la tension au détriment de l'intensité. Le conducteur de moteurs devra porter de temps à autre son attention sur l'allumeur lui-même. C'est ordinairement une bougie en porcelaine portant deux pointes entre lesquelles jaillit l'étincelle, soit par intermittences réglées par le jeu d'une pièce mécanique quelconque, soit d'une façon continue. Ces pointes peuvent se recouvrir d'un dépôt charbonneux provenant de la combustion des gaz, et alors perdre leur conductibilité. Il est donc nécessaire de regarder toutes les semaines l'état dans lequel se trouve cette pièce et l'améliorer si besoin est.

*Conduite et entretien des moteurs à gaz pauvres.* — Ainsi que nous l'avons expliqué, ces moteurs diffèrent peu, en somme, de ceux qui fonctionnent au moyen du gaz de ville. Ils comportent des tiroirs ou des soupapes de distribution dont l'effet et le même dans les uns que dans les autres, et leur mise en marche comme leur entretien n'en diffèrent que par l'adjonction qui leur est faite d'un générateur de gaz, souvent combiné à une chaudière à vapeur. Nous donnerons donc quelques détails sur la marche et l'entretien de ce genre d'appareils.

*Conduite d'un «Simplex» et de son gazogène.* — Tous les industriels chez qui MM. Matter et C<sup>ie</sup> ont remplacé la machine à vapeur par un moteur Simplex, sont d'accord pour déclarer que le conduite de leur nouvelle machine est infiniment plus facile que celle de la machine à vapeur. Cette unanimité s'explique aisément quand on considère que tout dans le fonctionnement du gazogène se fait automatiquement.

Le chauffeur d'une machine doit de temps en temps augmenter ou diminuer son tirage en ouvrant et fermant le registre de la cheminée, ici le ventilateur donne toujours le vent nécessaire et à la pression voulue. Il faut veiller au niveau d'eau d'une chaudière, tandis qu'une fois réglé, le robinet qui amène l'eau sous la grille du gazogène laisse toujours entrer la quantité d'eau suffisante, laquelle eau y tombe par son propre poids, sans aucune pompe ni injecteur. Aucun excès d'eau n'est possible, car un siphon de garde laisse sortir naturellement l'eau qui serait entrée de trop. Avec une chaudière, tous les quarts d'heure on doit mettre du charbon sur la grille, tandis qu'il suffit de remplir la trémie du gazogène toutes les quatre ou toutes les six heures, suivant la capacité du gazogène et la puissance que l'on demande au moteur. La grille se décrasse une fois par jour, et le décrassage demande environ 10 à 15 minutes.

Quant au moteur, nul autre soin à prendre que de remplir les godets d'huile une fois par jour, le graissage fonctionne automatiquement et les surfaces flottantes sont partout largement calculées pour mettre les organes à l'abri d'un échauffement ou d'un grippage.

Ou comprend d'après ce parallèle sur quoi repose et combien est justifiée l'opinion des industriels qui donnent maintenant la préférence au moteur Simplex. Le fonctionnement de l'appareil est des plus simples. Supposons-le en marche: le foyer A est plein de charbon incandescent. La porte du foyer D et la trémie de chargement N sont fermées. L'air arrive par la vanne de réglage I et l'eau entre par la tubulure W.

L'air traverse la masse de charbon incandescent, il y a production d'acide carbonique qui se transforme en oxyde de carbone à cause du charbon en excès. L'eau du cendrier s'évapore, traverse également la masse du combustible, et sous l'influence de la haute température se dissocie: l'oxygène formé de l'oxyde de carbone et l'hydrogène reste libre en grande partie. Le gaz produit est donc formé comme parties actives d'oxyde de carbone, d'hydrogène et de quelques hydrocarbures. Il contient comme parties inertes, de l'azote, un peu d'acide carbonique et des traces d'oxygène. Le gaz se rend alors par le tuyau E sous le laveur et remonte pour se rendre au tuyau Y en sens contraire d'un tuyau Z. Cette eau tombe sur le coke, se divise pour refroidir, laver le gaz et arrêter les impuretés qui auraient pu être entraînées. Du laveur, le gaz se rend au gazomètre, et de là au moteur où il est consommé comme s'il s'agissait de gaz d'éclairage ordinaire.

Ce dispositif présente donc les avantages suivants:

1<sup>o</sup> La régularité et la rusticité du moteur Simplex sont plus grandes que celles des machines à vapeur généralement construites;

2<sup>o</sup> Le gazomètre Lencauchez fabrique automatiquement son gaz, tandis qu'il faut une attention soutenue pour produire de la vapeur avec des chaudières de dimensions restreintes.

Nous arrêterons ici cette étude des moteurs à gaz et à pétrole actuellement en service, espérant que nous en avons assez dit pour montrer aux électriciens qui voudraient utiliser ces générateurs de force motrice si commodes et si économiques, quel est l'état exact de la question, quels sont les résultats obtenus et surtout quelles doivent être les raisons qui président à l'achat d'un moteur.

Nous pensons que cet examen méthodique de tous les systèmes qui ont reçu la sanction de la pratique, n'aura pas été stérile et qu'il permettra à chacun de différencier les nombreux modèles existants, de connaître leurs avantages et leurs défauts respectifs et d'établir judicieusement un choix raisonné, suivant l'application à réaliser, et les conditions particulières à chaque installation.

#### *Recherches des causes de dérangement dans la marche d'un moteur à gaz. —*

Pour vérifier l'état d'un moteur à gaz, il faut examiner ses différentes organes en suivant l'ordre dans lequel marche le mélange gazeux pour se rendre au cylindre.

Pour vérifier l'allumeur, on ouvre le robinet à gaz, on allume la flamme de l'allumeur et on tourne le volant jusqu'à compression de la charge. On arrête le volant un peu

avant d'atteindre le point mort et on écoute le bruit qui se produit dans l'allumeur; lorsque la flamme brûle dans l'intérieur avec un sifflement régulier et que la soupape supérieure est étanche, l'inflammation du mélange doit se produire aussitôt que le point mort sera dépassé. Si au contraire l'inflammation n'a pas lieu, il faut démonter l'allumeur et examiner avec soin la portée du cylindre mobile.

Pour s'assurer que la flamme brûle dans la soupape inférieure de l'allumeur, il est nécessaire d'enlever la chape d'assemblage du cylindre mobile, de tourner le volant en laissant le robinet à gaz ouvert; il faut maintenir avec la main, le cylindre mobile sur son siège pendant la période d'aspiration et ne le retirer de sa boîte qu'à la fin de la période de compression. Si l'allumeur est en bon état on verra, en regardant à l'intérieur, brûler tout au fond une petite flamme bleu clair.

En général, on peut dire que la soupape inférieure est grippée ou n'est pas étanche lorsqu'en soulevant le cylindre mobile, la flamme sort de l'allumeur en sifflant avec force jusqu'à ce que la manivelle ait atteint son point mort inférieur.

Le cylindre mobile n'est pas étanche si l'allumeur souffle pendant toute la durée de la compression, même lorsque le cylindre mobile n'est pas soulevé.

La lumière de la soupape inférieure est obstruée si la flamme ne brûle pas dans la soupape d'allumage inférieure.

Les soupapes d'allumage s'usent à la longue, et cette usure a pour effet une diminution dans la levée de la soupape. Il s'ensuit que l'allumage n'a pas lieu aussi régulièrement et que le travail du moteur en souffre.

Le cylindre mobile peut aussi, après un certain temps, s'enfoncer dans son siège; dans ce cas, l'allumage n'aura lieu que lorsque le piston aura dépassé son point mort.

Si la profondeur de la cavité atteint ou dépasse 2 ou 3 millimètres, l'allumeur fonctionnera d'une manière défectueuse.

Pour remédier à cet inconvénient, il faut limiter les orifices d'allumage jusqu'à ce que qu'ils soient de nouveau à fleur de la portée du cylindre mobile. On limera aussi le dessus de la soupape inférieure jusqu'à ce que le cylindre mobile ne la repousse de son siège que d'un quart de millimètre seulement.

*Extinction de la flamme d'allumage.* — Les causes qui peuvent produire l'extinction répétée de la flamme d'allumage pendant la marche du moteur sont les suivantes:

1<sup>o</sup> Les ressort de la soupape d'allumage peut ne pas être assez tendu. La tension doit être assez forte pour que l'arête supérieure de l'écrou vienne affleurer le bord supérieur de la boîte du ressort.

2<sup>o</sup> La soupape d'allumage peut être encrassée et ne pas bien fermer. Il faut dans ce cas sortir la soupape, la nettoyer et au besoin roder sa portée avec un mélange d'huile et d'émeri.

3° Si le joint de la bride n'est pas bien fait, une partie du mélange comprimé s'échappera entre la bride supérieure de l'allumeur et le bord supérieur de la boîte de la soupape et éteindra la flamme de l'allumeur.

4° Le bec de la flamme d'allumage peut ne pas se trouver assez rapproché de l'allumeur. Pour que la flamme de l'allumage brûle dans de bonnes conditions, il faut que le tuyau en laiton de ce bec pénètre jusqu'à la saillie dans l'ouverture qui est percée dans l'allumeur et qu'il soit maintenu en place par la vis de pression.

5° La flamme peut être éteinte par l'aspiration du moteur.

Ce cas peut se présenter quand la pression du gaz est trop faible, ou bien lorsque le diamètre du tuyau d'arrivée du gaz n'est pas suffisant. Le moteur, par son aspiration, produit le vide dans les tuyaux et la flamme s'éteint. Dans ce cas, il faut augmenter la pression du gaz ou remplacer les tuyaux par d'autres d'un plus grand diamètre.

Quand la soupape d'échappement coïncide, ou bien lorsqu'elle est encrassée, il se produit à la mise en marche, des détonations dans le tuyau d'échappement.

Cela tient à ce qu'une partie de la charge pénètre, pendant la période de compression, dans le pot d'échappement à travers la soupape.

Cette partie de la charge s'allume en même temps que la charge contenue dans le cylindre et sort par le tuyau d'échappement en produisant une forte détonation.

Le moyen le plus rapide et le plus sûr pour s'assurer qu'il n'y a pas de fuite dans aucun organe du moteur, c'est de le faire tourner en sens inverse, et pour cela il faut peser énergiquement sur le volant.

Si tout est bien étanche, il faut qu'après avoir maintenu le volant pendant un certain temps avant que la manivelle ait franchi le point mort inférieur, qu'en lâchant ce volant le piston remonte encore vigoureusement.

*Insuffisance de force du moteur.* — Si le moteur ne développe pas sa force normale, bien que l'allumage se fasse régulièrement, c'est que le piston n'est pas étanche ou bien qu'il est ovalisé.

Dans ce cas, il faut verser de l'huile sur les segments entre le piston et le cylindre en tournant en même temps le volant en sens inverse. Si pendant cette opération il se dégage beaucoup de bulles d'air, il faut enlever le piston et changer les segments; on augmentera ainsi la force du moteur, à moins que le cylindre ne soit par trop usé.

Nous ne saurions trop le répéter: lorsque le cylindre s'use trop rapidement, la faute en est toujours à l'huile qui est de mauvaise qualité. Il faut veiller avec soin à ce que les parties frottantes des parois du cylindre aient toujours un aspect propre et brillant.

# TABLE DES MATIÈRES

## *Description d'une Voiture automobile à pétrole*

avec Vues de divers Types primitifs  
montrant les Modifications subies par les Automobiles

	Pages
Châssis . . . . .	5
Moteurs . . . . .	7
Soupapes . . . . .	10
Ensemble d'un moteur . . . . .	11
Fonctionnement du moteur . . . . .	12
Marche . . . . .	14
Graissage . . . . .	25
Soins à donner aux moteur . . . . .	26
Pétrole-Essence . . . . .	29
Joint à la Cardan . . . . .	35
Essieux . . . . .	38
Pivots . . . . .	38
Roues . . . . .	40
Bandages . . . . .	43
Freins . . . . .	45
<i>Accessoires de la Voiture:</i>	
Chaînes . . . . .	46
Clés . . . . .	47

## *Les Chaudières*

Fonctionnement et classification des chaudières . . . . .	51
Les Chaudières à vapeur . . . . .	55
Conduite du feu . . . . .	66
Alimentation de la chaudière . . . . .	71
Conduite des chaudières à vapeur . . . . .	76
Les explosions de chaudières à vapeur . . . . .	84

## *La Machine à vapeur*

Mécanisme et fonctionnement des Machines à vapeur . . . . .	101
Les Machines à vapeur actuelles . . . . .	106
Conduite et entretien d'un moteur à vapeur . . . . .	128

## *La Dynamo*

### Historique et Renseignements Généraux

	Pages
Electricité par friction . . . . .	153
Electricité par contact et courant galvanique . . . . .	156
Courant électrique et Magnétisme . . . . .	164
Aimants permanents . . . . .	164
Electro-aimants . . . . .	164
Solénoïde . . . . .	165
Induction magnétique . . . . .	166
Action mutuelle des courants électriques . . . . .	167
Machines électro-magnétiques . . . . .	168
Machines dynamo-électriques ou dynamos . . . . .	173
Dynamo à courant continu . . . . .	175
Dynamo à courant alternatif . . . . .	180

### *Moteur à courant, triphasé*

Principe d'établissement d'une dynamo . . . . .	197
Courants . . . . .	197
Représentation graphique des courants . . . . .	199
Production des courants triphasés par les dynamos . . . . .	205
<i>Etude du Moteur à courant triphasé:</i>	
Alternateur et Alternomoteur . . . . .	208
<i>Moteurs à Champ tournant:</i>	
Moteurs asynchrones . . . . .	210
Moteur synchrone . . . . .	214
Explication du moteur découpé . . . . .	219
Exemples pratiques (Installation) . . . . .	223
Types de moteurs triphasés ou alternomoteurs: Alternomoteurs Brown, de la Société Alsacienne, de la Compagnie de Fives-Lille, des Etablissements d'Érlikon . . . . .	224
Divers types d'alternateurs polyphasés montrant les différences pratiques des alternateurs et des alternomoteurs précédents. Alternateurs Brown, de la Compagnie de Fives-Lille, Schuckert, Siemens et Halske, système Labour . . . . .	228

### *La Locomotive*

La locomotive et son rôle civilisateur . . . . .	237
Historique de l'Invention de la Locomotive . . . . .	240
Description du Modèle découpé . . . . .	248
Machine à vapeur . . . . .	262
Locomotives compound à grande vitesse avec bogie avant et trois essieux accouplés de la Compagnie P. L.-M. . . . .	265

TABLE DES MATIÈRES

477

	Pages
Types de locomotives à grand vitesse . . . . .	273
Tender . . . . .	274
Locomotive à voie étroite . . . . .	278

*Les Freins continus*

Considérations générales . . . . .	283
Timoneries. Réglage des timoneries . . . . .	290
Etude sommaire sur le freinage des trains . . . . .	294
Freins à vide directs . . . . .	296
Freins à vide automatiques . . . . .	307
Freins à air comprimé automatiques . . . . .	305
Freins à action rapide . . . . .	321

*Les Moteurs à Gaz et à Pétrole*

Historique des Moteurs à gaz . . . . .	334
Fonctionnement des Moteurs à gaz . . . . .	341
Description des Moteurs à gaz actuels . . . . .	346
Les Moteurs à pétrole lampant . . . . .	413
Les Gazogènes . . . . .	437
Les Moteurs à gaz pauvre . . . . .	460