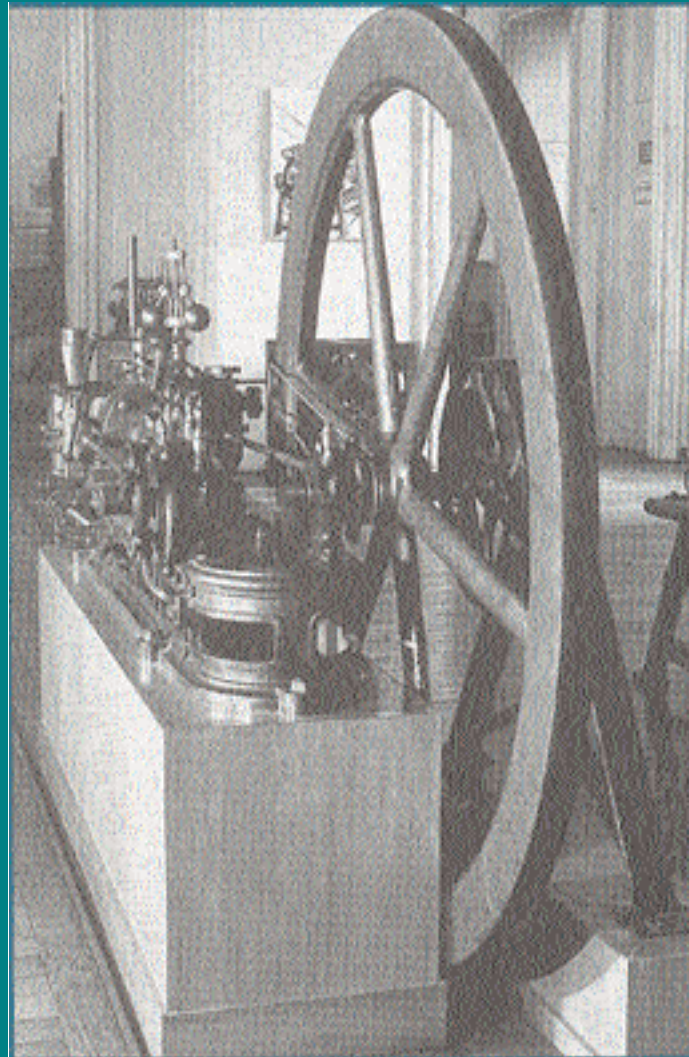


# Musée des arts et métiers

L E S C A R N E T S

## LE MOTEUR LENOIR



Le moteur à gaz de Lenoir, 1861, inv.

*« Une puissance mécanique toujours prête qui agira au moment même où on aura à l'employer »,  
Émile Bourdelin  
journaliste à  
l'Illustration (1860).*

Conservatoire National  
des Arts et Métiers  
Musée National  
des techniques

292, rue Saint-Martin 75003

PARIS

L E S O B J E T S

## Le moteur Lenoir

*Papin fait l'expérience de sa machine à poudre devant les professeurs de l'université de Marbourg.*

### UN ATELIER DE COUTURE DANS LES ANNÉES 1860

Les machines sont silencieuses, les ouvrières attendent. Le contremaître arrive, ouvre le robinet d'arrivée de gaz de ville et lance le lourd volant d'inertie du moteur Lenoir. Les premières explosions se font entendre, le moteur démarre et sa vitesse croît rapidement pour atteindre le régime fixé par le régulateur. Les ouvrières courbent le dos et le crépitement des machines à coudre couvre bientôt le bruit du moteur.

### LES PRÉCURSEURS DE LENOIR

#### ■ Huygens et la poudre à canon

En 1660, le mécanicien hollandais Christiaan Huygens imagine un cylindre parcouru par un piston et enfermant une petite quantité de poudre à canon. Enflammée au moyen d'une mèche d'amadou, la poudre chauffe l'air emprisonné dans le cylindre. En se refroidissant, les gaz brûlés produisent à l'intérieur du cylindre un vide suffisant pour faire redescendre lentement le piston. Le piston, relié à une poulie, peut soulever de lourdes charges et transformer ainsi la chaleur en énergie mécanique.

#### ■ Papin et la vapeur

Denis Papin remplace la poudre à canon par de la vapeur d'eau. En se refroidissant dans le cylindre, elle produit un vide conduisant aux mêmes effets mécaniques. C'est ainsi que vers 1690 apparaît la première, et bien rudimentaire, machine à vapeur.



#### ■ Newcomen et la condensation

Afin d'augmenter la vitesse du piston, Newcomen a l'idée de condenser rapidement la vapeur en aspergeant le cylindre d'eau froide. Le piston, relié par une chaîne à un balancier, parcourt à allure régulière sa course dans le cylindre, remontant sous la poussée de la vapeur et le contrepoids du balancier, puis redescendant sous l'effet du vide créé dans le cylindre par la vapeur condensée. Le balancier actionne des pompes utilisées pour puiser l'eau dans les mines.

#### ■ Watt et la vapeur pour déplacer le piston

Vers 1765, Watt imagine d'utiliser comme force motrice non plus le poids de l'air, mais les effets de la force élastique de la vapeur. C'est désormais celle-ci qui actionne le piston tant dans sa montée que dans sa descente. Il met également au point un régulateur capable de régler automatiquement la quantité de vapeur introduite dans le moteur et de maintenir ainsi une vitesse de rotation sensiblement constante quelle que soit la puissance fournie. Lenoir l'utilisera également pour régler le débit de mélange combustible alimentant son moteur.

## Le moteur Lenoir

Les premiers essais du moteur Lenoir étonnent les spectateurs. Rien à voir avec l'action douce et graduelle de la vapeur. Le fonctionnement doux et régulier que lui prêtent généreusement les chroniqueurs de l'époque ne ressemble en rien aux « explosions » sonores et les violents à-coups auxquels Lenoir cherchera longtemps à remédier, mais en vain.

### ■ Une combustion à l'intérieur du cylindre

De technologie voisine de celle du moteur à vapeur, le moteur Lenoir fonctionne cependant sans chaudière ni condenseur. C'est un moteur à combustion interne brûlant du gaz d'éclairage à l'intérieur du cylindre. Sa mise en route est immédiate et son approvisionnement en combustible, automatique. Plaçons-nous à l'instant où le piston dans le cylindre commence à s'éloigner de la position « point mort haut ». Dans le vide résultant de l'augmentation du volume balayé par le piston, on introduit le mélange d'air et de gaz. À mi-course, le tiroir d'admission se referme. Dans une enceinte parfaitement étanche jaillit alors, de la bougie d'allumage, une étincelle qui déclenche la

combustion du mélange. C'est le temps moteur. Le piston, sous la poussée énergétique de l'air dilaté, termine sa course. Au point mort bas, il profite de l'énergie mécanique emmagasinée dans le volant pour inverser son mouvement et effectuer une course qui le ramènera au point mort haut, où il sera prêt à déclencher un nouveau cycle. Dans cette course le tiroir d'échappement est ouvert et le piston en remontant chasse du cylindre les gaz brûlés. Le moteur Lenoir est à deux temps ; son cycle de fonctionnement, en effet, s'effectue en un seul tour, soit deux demi-tours. Les moteurs actuels d'automobiles sont à quatre temps (admission, compression, détente, échappement). Le moteur Lenoir se différencie par deux phases de fonctionnement ayant lieu

dans le même temps (admission et combustion) et par l'absence de la compression préalable du

mélange, à laquelle pense-  
ra plus tard Beau de Rochas.

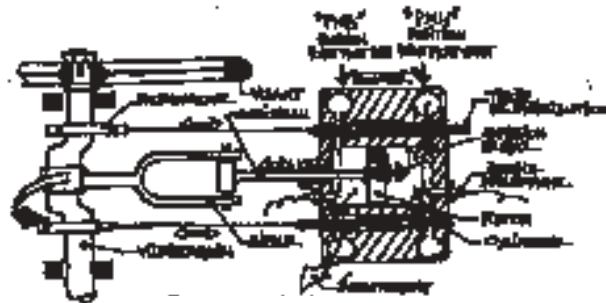
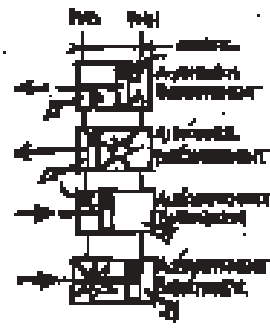


Schéma de principe  
d'un moteur Lenoir

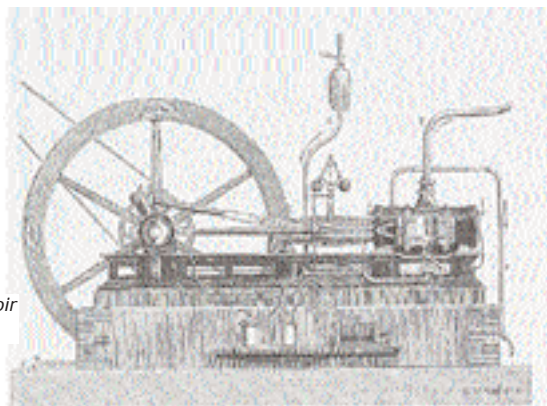


Moteur à quatre temps



Moteur Lenoir

Cycles de fonctionnement

*Le moteur Lenoir*

Moteur Lenoir

■ **Quels sont les avantages du moteur Lenoir sur la traditionnelle machine à vapeur ?**

L'usine alimentée par une machine à vapeur vivait au rythme de son foyer que l'on devait allumer puis entretenir en permanence. La suppression de la chaudière réduit considérablement le service d'entretien de l'usine. Le moteur Lenoir permet une mise en marche immédiate et ne coûte rien quand il est à l'arrêt. Le gaz, distribué en tous points et à tous les étages des immeubles de la capitale, constitue un combustible facile d'emploi et plus propre que le char-

bon. Le faible encombrement et la simplicité d'installation du moteur Lenoir le font rapidement adopter par des petites industries dont les besoins en énergie sont faibles, tels des ateliers de couture ou l'artisanat à domicile. Il offre par ailleurs plus de sécurité que la machine à vapeur, crainte pour les explosions destructrices de ses chaudières. En revanche, si le moteur Lenoir se passe de chauffeur, il faut toujours, comme pour la machine à vapeur, un ouvrier qui en assure le graissage toutes les dix minutes...

**QUELQUES CHIFFRES**

Un moteur Lenoir pèse environ 100 kg, sa cylindrée est de 2,5 litres. Sa vitesse de rotation est de l'ordre de 100 tours par minute. Des essais révélèrent une puissance de 440 W.

Cette puissance modeste permettait néanmoins de soulager le travail de petits artisans qui devaient entraîner manuellement des machines exigeant une puissance musculaire de quelques centaines de watts. Pour comparaison, un moteur de 50 cm<sup>3</sup> équipant les cyclomoteurs d'aujourd'hui développe le double de puissance du moteur Lenoir.

Sa consommation n'est pas, comme l'avait Lenoir, de 500 litres de gaz par heure et par cheval, mais de 3 166 litres. Son rendement, c'est-à-dire le rapport entre la quantité d'énergie mécanique récupérée et la quantité d'énergie consommée, est de 5%. Vers 1885, Lenoir perfectionnera son moteur pour lui permettre de dépasser un rendement de 15%. Nos moteurs d'automobiles ont un rendement de l'ordre de 30%.

Il est alimenté par un mélange composé de 6% de gaz d'éclairage et de 94% d'air, un mélange très pauvre, qui n'est pas sans produire des ratés de combustion ni provoquer l'arrêt inopiné du moteur.

*Le moteur Lenoir*

■ **Le « braconnier de l'imagination »**

C'est à Mussy-la-Ville, petite commune du grand duché du Luxembourg, que naît, le 12 janvier 1822, Étienne Lenoir. On y trouve un artisanat diversifié, des facteurs de parapluies, des couteliers, des fabricants de clous. Dès l'âge de 12 ans, certainement influencé par cet environnement, Étienne déclare : « quand je serai grand, je ferai des machines, des nouvelles machines, des machines marchant toutes seules ». À 16 ans, il affirme : « personne dans ce pays ne veut comprendre ce que je veux faire », et décide d'aller exercer ses talents à Paris.

Embauché d'abord comme garçon dans une auberge, il est ensuite ouvrier chez un émailleur du quartier du Temple. Poussé par la fièvre de l'invention, il dépose en 1847 un brevet sur l'obtention d'un émail blanc sans utilisation d'oxydes. Celui-ci sera utilisé pour l'émaillage des cadrans de montres. En

1851, l'orfèvre Christofle lui achète un nouveau procédé d'électrolyse pour l'argentage des pièces d'orfèvrerie.

Cet autodidacte inventif s'essaye aux disciplines les plus variées. En l'espace de trois ans, il dépose des brevets sur un frein électrique pour chemin de fer, un moteur électrique, un système complet de signalisation pour voie ferrée, un pétrin mécanique, un régulateur pour dynamo et un compteur d'eau. Mais le rêve de Lenoir est de fabriquer un moteur capable de supplanter la machine à vapeur, un moteur économique, peu encombrant, souple d'utilisation et autonome.

Il suit les cours du Conservatoire des Arts et Métiers, y admire le fardeur de Cugnot, y rencontre Beau de Rochas qui l'aidera dans ses travaux. Assisté d'un mécanicien de génie, Hippolyte Marinoni, l'inventeur des premières rotatives d'imprimerie, Lenoir construit son moteur dans un atelier de la rue de la Roquette et



*Portrait de Jean-Joseph-Étienne Lenoir*

dépose en 1860 un brevet intitulé le « moteur à air dilaté par la combustion des gaz ». Quatre ans plus tard, 130 machines fonctionnent à Paris. En 1863, Lenoir installe son moteur sur un véhicule, réalisant ainsi la première automobile équipée d'un moteur à explosion. Il lui faudra

trois heures pour effectuer les 18 kilomètres aller-retour, entre son atelier de la rue de la Roquette et Joinville-le-Pont. En 1886, Lenoir se retire à la Varenne-Saint-Hilaire où il termine sa vie modestement. Menacé par l'oubli, il s'éteint en 1900, à l'âge de 78 ans.

*Le moteur Lenoir*

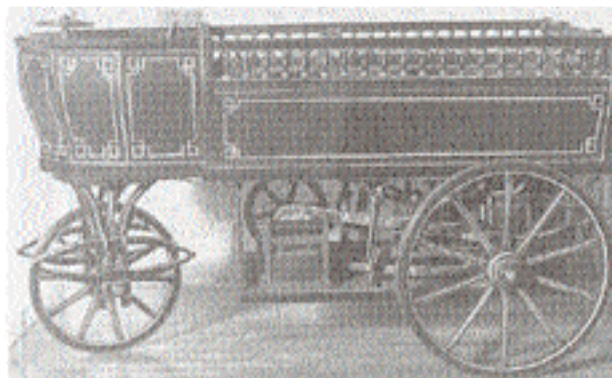
### ■ Une invention qui suscite l'enthousiasme

En 1860, la grande presse parisienne annonce avec fracas l'avènement du moteur Lenoir : un moteur apte à fournir une « marche industrielle », d'un fonctionnement doux et régulier et d'utilisation simple et économique. À en croire les journalistes de l'époque, ce moteur à gaz va bientôt détrôner la machine à vapeur, alors installée dans de nombreuses industries.

Le journaliste Émile Bourdelin, comparant les dépenses occasionnées par la machine à vapeur à celles du nouveau moteur, écrit dans l'Illustration en 1860 :

« Le total de ces dépenses sera, à n'en pas douter, plus du double de celui des frais de consommation d'une machine à gaz. » Présageant les multiples applications de ce moteur révolutionnaire, il poursuit : « Laissons les machines

fixes et envisageons l'invention nouvelle du point de vue des services qu'elle peut rendre comme propulseur à bord des navires, comme moteur des véhicules de toutes sortes, wagons, omnibus, etc., comme moteur aussi des machines agricoles. » Enfin, il conclut : « Se procurer une force considérable à très bon marché ; substituer le travail matériel aux bras de l'homme qui n'aura plus qu'une facile surveillance à exercer ; avoir enfin un moteur à la portée de tous, voilà ce que réalise l'invention de M. Lenoir. Partout où pourra être introduit un mince conduit de gaz, dans les plus grands établissements, dans la chambre du simple travailleur, on trouvera une puissance mécanique toujours prête qui agira au moment même où on aura à l'employer. »



*Voiture automobile de Lenoir, inv. 20854*

### Les mérites du moteur Lenoir

La mise au point de son moteur poussa Lenoir à adopter des solutions techniques originales, telles des soupapes en tête, des culbuteurs ou un système d'avance à l'allumage. On lui doit également l'invention d'un élément essentiel : la bougie d'allumage. Mais l'innovation majeure de Lenoir réside en une idée simple et géniale : introduire et faire brûler le combustible directement dans le cylindre. Grâce à lui, un moteur, présentant certes des imperfections, mais facile d'emploi, peu encombrant et prompt à démarrer, existait. Ces qualités feront quelques dizaines d'années plus tard du moteur à combustion interne le moteur universellement adopté pour la traction routière. Il faudra attendre la naissance de la « fée électricité » pour que la petite industrie se dote d'une énergie aussi pratique que celle que Lenoir souhaitait mettre à sa disposition avec son moteur.

*Le moteur Lenoir*

## ■ Collections :

Moteur à gaz Lenoir (1861), *inv. 7652*

Moteur à gaz Lenoir (1862), *inv. 10923*

*Ce moteur a servi aux expériences de Regnault, il actionne un compresseur et une pompe à vide, et provient du laboratoire de physique du Collège de France.*

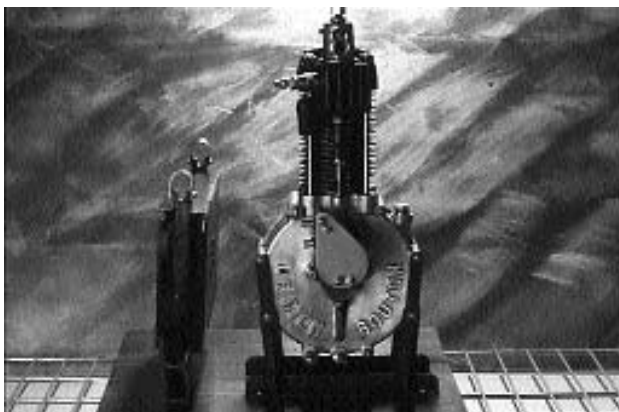
Moteur à gaz Lenoir à 4 temps, modèle en bois par Rouart frères, *inv 12932*

## ■ D'autres types de moteurs à combustion interne :

Moteur à pétrole de Dion Bouton (1895), *inv. 13170*

Moteur à air chaud de Éricson (1862), *inv. 7130*

Moteur Diesel monocylindre (1875-1925), *inv. 21815*



*Moteur de Dion Bouton, inv. 13170*

## POUR EN SAVOIR PLUS

Louis Figuier, « Le Moteur à gaz », *Les Merveilles de la science*, Paris, Furne, Jouvet et Cie, vers 1878, vol. IV, pp. 681-691

Alexandre Herléa, *Les Moteurs*, Paris, PUF, coll. « Que sais-je ? », 1985

Jean-Pierre Monhonval, *Étienne Lenoir : un moteur en héritage*, Virton (Belgique), Musée Gaumais, 1985

Jacques Payen, *Les Moteurs à combustion interne*, textes de Huygens, Lebon, Lenoir, Beau de Rochas, Otto, Diesel, Paris, Gauthier-Villars, 1964

Jacques Ickx, *Ainsi naquit l'automobile*, Lausanne, Edito, 1971

Paul Cohen, *Moteurs et propulsion*, Paris, Pocket cité des Sciences et de l'industrie, coll. Explora, 1991

« Rudolf Diesel, 1858-1913 », in *Les Cahiers de Science et Vie*, n°31, février 1996

Les collections du Musée des arts et métiers sont aussi consultables sur Internet.

Adresse électronique :

<http://www.cnam.fr/museum/>

## Le moteur Lenoir

## VOIR UNE EXPLOSION

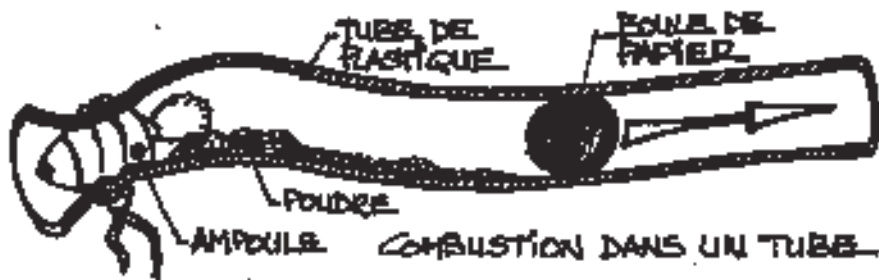
Le moteur de Lenoir est un moteur à combustion interne. La combustion du mélange d'air et de gaz a lieu à l'intérieur même du cylindre. Les moteurs d'automobiles, qu'ils soient à essence ou Diesel, sont également à combustion interne. Le combustible brûle dans l'air et dilate celui-ci. La pression augmente fortement dans le cylindre. Le piston est alors violemment repoussé et récupère ainsi l'énergie

motrice qui permettra de propulser le véhicule. Pour cette expérience, utilisez comme combustible la partie située à l'extrémité d'une allumette. Ôtez le soufre d'une dizaine d'allumettes, puis pilez les morceaux pour obtenir une poudre fine. Le cylindre sera constitué d'un morceau de tube en plastique souple et transparent (de type tuyau d'aquarium) d'une longueur d'une quinzaine de

centimètres et d'un diamètre intérieur d'environ 1 cm. Une boule de papier fera office de piston en pouvant coulisser librement à l'intérieur du tuyau. L'allumage de la poudre se fera au moyen d'une ampoule de lampe de poche dont vous aurez préalablement rompu le verre. Introduisez et étalez la poudre dans le tube, fermez-en l'entrée au moyen de l'ampoule en vous assurant que la

poudre est au contact du filament. Ligaturez solidement l'ampoule dans le tube de façon qu'elle ne soit pas chassée lors de la combustion.

En alimentant l'ampoule au moyen d'une pile, la poudre s'enflamme, la combustion se propage rapidement et l'air dilaté chasse la boule de papier. Soyez prudents !



- Rédaction : Serge Picard
- Schémas : Serge Picard
- Coordination : Élisabeth Drye
- Conception graphique : Agnès Pichois, Atelier Michel Bouvet, sur une idée de Olivier Delarozzière
- Photos : Cnam
- Musée des arts et métiers, Service éducatif 292, rue Saint-Martin 75003 Paris ISBN : 2-908207-49-4