

# Historique des Moteurs

---

# Le Moteur

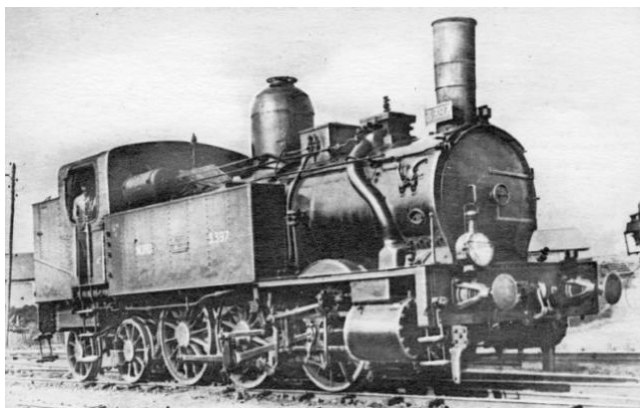
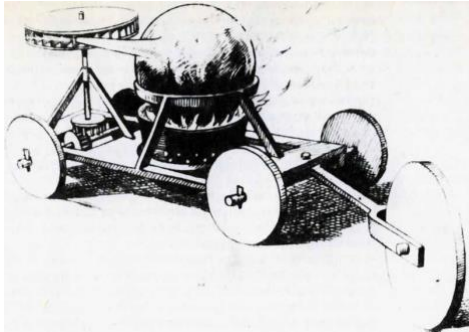
A nos jours, le moteur joue un rôle primordial dans notre vie ; on le trouve partout, en commençant par la montre sur nos poignets au moteur de l'automobile et ceux dans la machine à laver et la pompe à eau. Dans tous les cas, le rôle du moteur c'est de faire tourner ou déplacer un mécanisme quelconque.

Depuis longtemps, l'être humain cherche toujours à faciliter les tâches qui lui sont confiées et surtout réduire l'effort qui lui est demandé pour réaliser un travail. Ainsi il a toujours cherché à confier cette tâche à « quelqu'un d'autre » d'où il a la solution directe pour lui c'est de recourir à la force animale ainsi que l'esclavage pour répondre à ses besoins.

Ensuite il a su exploiter certaines forces naturelles telles que les chutes d'eau ou le vent pour broyer le blé et se déplacer sur l'eau.

Avec la demande croissante du confort et les contraintes de vie accrues par les guerres qu'a vécues l'humanité depuis des millénaires ; les moteurs ont connu un développement continu depuis le 19<sup>ème</sup> siècle par l'apparition du moteur à vapeur jusqu'à nos jours, l'ère des nano moteurs.

## l'ère de la vapeur :





En 1769, Joseph Cugnot présente son fardier à vapeur (un chariot sur lequel est montée une chaudière à vapeur) avec lequel il atteint une vitesse de 4 Km/h pour une autonomie de 15 minutes. Le premier véhicule routier est présenté en 1801 par l'anglais Richard Trevithick. Mais à ce temps là, le transports ferroviaires a gagné du terrain et ce n'est qu'à 1873 que l'automobile à vapeur est redécouverte par Amédée Bollée qui invente en 1873 une voiture de 12 places pouvant atteindre une vitesse maximum de 40 Km/h et doté d'un moteur bicylindre. Ensuite, les inventions se succèdent en améliorant les performances de ces moteurs.

Les moteurs à vapeur sont puissants, mais terriblement lourds et encombrants. De plus, ils nécessitent une longue phase de chauffage. En revanche, ils permettent un démarrage très efficace, grâce à la pression de vapeur accumulée. Mais malgré tout, le moteur à vapeur a un potentiel limité et l'invention suivante du moteur à explosion entraîne l'abandon total de ce moteur.

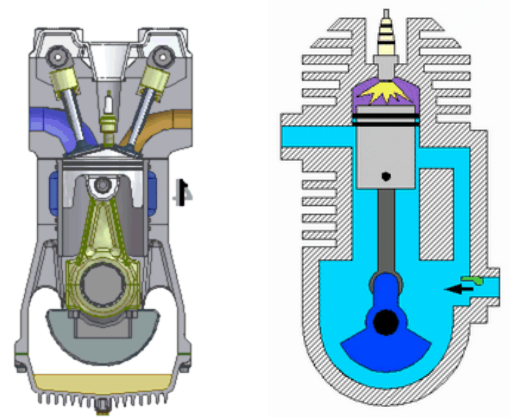
### **l'ère de l'explosion :**

Le moteur à explosion, aussi appelé moteur à combustion interne, se base sur le principe qu'une explosion permet de dilater les gaz et donc d'entraîner un piston dans un cylindre. C'est ce procédé qu'a utilisé Denis Papin en 1690, puis James Watt, qui utilisaient alors de la vapeur.

Le moteur à combustion interne est plus efficace que la machine à vapeur. En effet, la combustion ne se fait plus à l'extérieur du moteur (dans une chaudière, par exemple), mais à l'intérieur, ce qui évite les déperditions de chaleur et améliore donc considérablement le rendement.



En 1807, François Isaac de Rivaz dépose le brevet du moteur à explosion. Moteur également nommé moteur à combustion interne. Le premier moteur à explosion efficace est inventé en 1859 par le Français d'origine Belge Etienne Lenoir. Il fonctionne au gaz de ville, alors largement disponible et bon marché, et fournit une puissance de 3 ch maximum. En 1862, le français Alphonse Beau de Rochas déposa le brevet du cycle thermodynamique des moteurs à 4 temps, ce qui permettra plus tard l'exploitation du des moteur à explosion.



Après une période d'hésitation qui dure jusque dans les années 1930, le moteur à combustion interne a gagné la course de la meilleure motorisation des véhicules routiers

Les moteurs à combustion interne sont assez légers et petits, compensant un couple un peu faible par une vitesse de rotation élevée. Leur source d'énergie est peu encombrante et rapidement « renouvelable », ce qui en fait des moteurs tout à fait indiqués pour équiper de petits véhicules roulants, mais aussi volants.

Le rendement du moteur à combustion interne est plutôt mauvais comparativement au moteur électrique son rendement se dégrade très fortement en dehors de la plage de fonctionnement optimal. Ils utilisent généralement un carburant d'origine fossile, ils ont donc besoin d'une source d'énergie qui n'est pas renouvelable à l'échelle humaine.

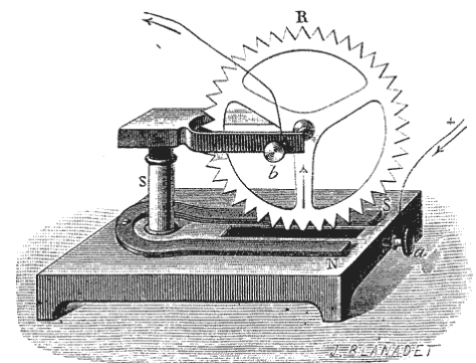
D'où ils rejettent du CO<sub>2</sub> qui contribue à l'effet de serre, il réclame un entretien et ils sont beaucoup plus bruyants et génèrent plus de vibrations.

### Historique du moteur électrique.

Dés l'apparition de l'électricité, les chercheurs commencent leur recherche sur la manière de faire un moteur avec cette nouvelle énergie. Après la découverte du phénomène de l'électromagnétisme par Osred, 1821, le physicien Michael Faraday construit un appareil qui produit une rotation électromagnétique : « le mouvement circulaire continu d'une force magnétique autour d'un fil », en fait il inventa le principe du moteur électrique.

Le premier moteur électrique a vu le jour en 1822. Il a été créé par Peter Barlow d'ou son nom « roue de Barlow ».

Zénobe Gramme imagine le collecteur et donc rend possible le fabrication des génératrices à courant continu. Peu de temps après, en 1871, il présente la première génératrice industrielle de courant continu que l'on appelle « Machine de Gramme »



En 1887, le premier brevet du moteur électrique à courant alternatif actuel est déposé par Nicola Tesla.

En 1889, Mikhaïl Dolivo-Dobrovolski, électricien allemand d'origine russe, invente le premier moteur asynchrone à courant triphasé à cage d'écureuil qui sera construit industriellement à partir de 1891. Sans oublié la contribution de Nikola Tesla et Galileo Ferraris dans ce contexte.

C'est à partir de ce moment que l'on pense faire des voiture avec ce système.

## Moteur à courant continu

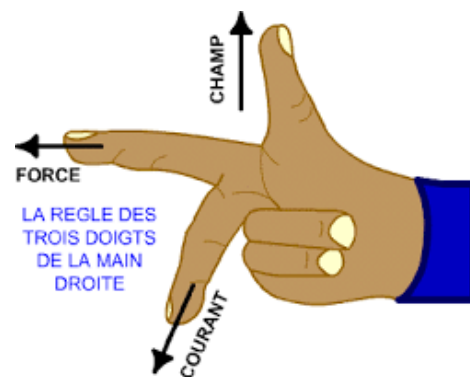
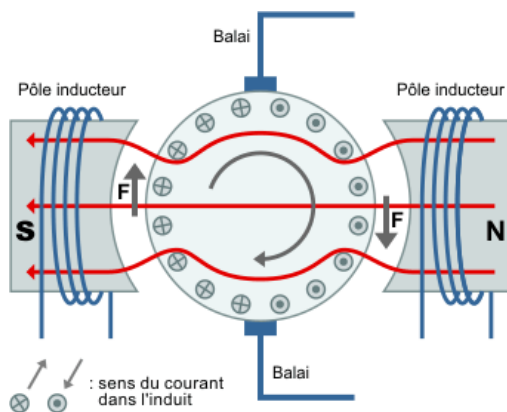
Une machine à courant continu est une machine électrique. Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique ; selon la source d'énergie.

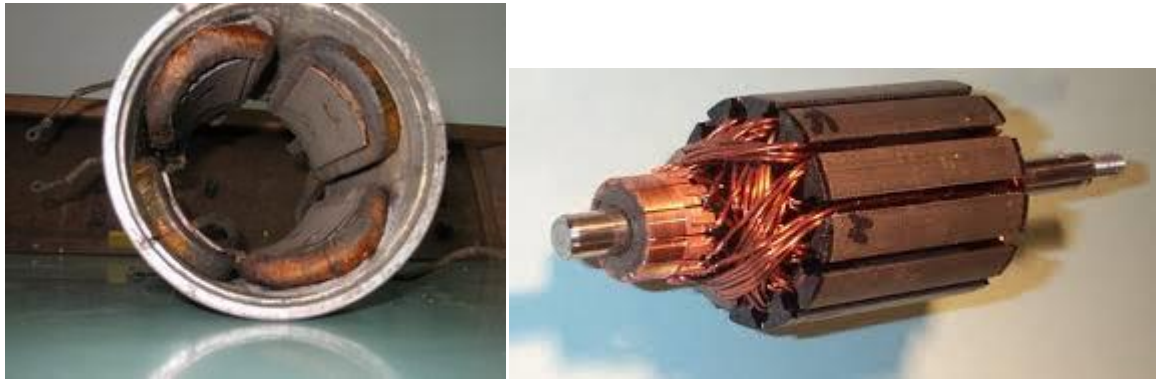
- En fonctionnement moteur, l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.
- En fonctionnement générateur, l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique (elle peut se comporter comme un frein). Dans ce cas elle est aussi appelée dynamo.

Pendant, la machine à courant continu étant réversible et susceptible de se comporter soit en « moteur » soit en « générateur » dans les quatre quadrants du plan couple-vitesse<sup>1,2,3</sup>, la distinction moteur/générateur se fait « communément » par rapport à l'usage final de la machine.

Une machine électrique à courant continu est constituée :

- d'un stator qui est à l'origine de la circulation d'un flux magnétique longitudinal fixe créé soit par des enroulements statoriques (bobinage) soit par des aimants permanents. Il est aussi appelé « inducteur » en référence au fonctionnement en génératrice de cette machine.
- d'un rotor bobiné relié à un collecteur rotatif inversant la polarité de chaque enroulement rotorique au moins une fois par tour de façon à faire circuler un flux magnétique transversal en quadrature avec le flux statorique. Les enroulements rotoriques sont aussi appelés enroulements d'induits, ou communément « induit » en référence au fonctionnement en génératrice de cette machine

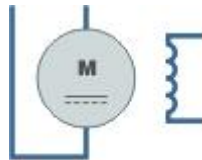




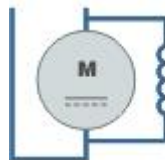
### Type de moteur à courant continu

Suivant l'application, les bobinages du l'inducteur et de l'induit peuvent être connectés de manière différente. On retrouve en général :

Des moteurs à excitation indépendante.



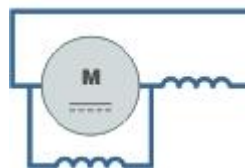
Des moteurs à excitation parallèle.



Des moteurs à excitation série.



Des moteurs à excitation composée.



La plupart des machines d'ascenseur sont configurées en excitation parallèle ou indépendante. L'inversion du sens de rotation du moteur s'obtient en inversant soit les connexions de l'inducteur soit de l'induit.

Les avantages et inconvénients du moteur à courant continu sont repris ci-dessous

### **Avantages**

- accompagné d'un variateur de vitesse électronique, il possède une large plage de variation (1 à 100 % de la plage),
- régulation précise du couple,
- son indépendance par rapport à la fréquence du réseau fait de lui un moteur à large champ d'application,

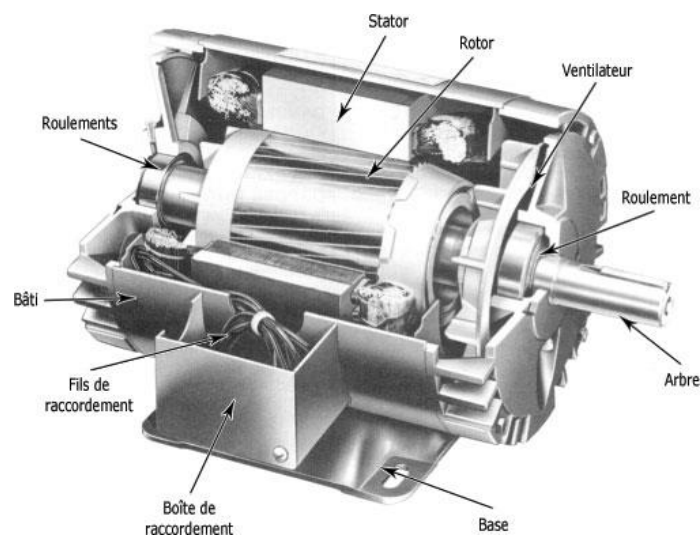
### **Inconvénients**

- peu robuste par rapport au machine asynchrone,
- investissement important et maintenance coûteuse (entretien du collecteur et des balais

## **Moteur à Induction**

La machine asynchrone, connue également sous le terme anglo-saxon de machine à induction, est une machine électrique à courant alternatif sans connexion entre le stator et le rotor. Les machines possédant un rotor « en cage d'écureuil » sont aussi connues sous le nom de machines à cage ou machines à cage d'écureuil. Le terme asynchrone provient du fait que la vitesse de rotation du rotor de ces machines n'est pas exactement déterminée par la fréquence des courants qui traversent leur

Elle est utilisée dans de nombreuses applications, notamment dans le transport (métro, trains, propulsion des navires, automobiles électriques), dans l'industrie (machines-outils, entraînements à vitesse variable), dans l'électroménager. Elle était à l'origine uniquement utilisée en moteur mais, toujours grâce à l'électronique de puissance, elle est de plus en plus souvent utilisée en génératrice<sup>1,2</sup>, par exemple dans les éoliennes





## **Le stator**

Le stator d'un moteur triphasé (le plus courant en moyenne et grosse puissance), comme son nom l'indique, est la partie statique du moteur asynchrone. Il se compose principalement :

- de la carcasse,
- des paliers,
- des flasques de palier,
- du ventilateur refroidissant le moteur,
- le capot protégeant le ventilateur

L'intérieur du stator comprend essentiellement :

- un noyau en fer feuilleté de manière à canaliser le flux magnétique,
- les enroulements (ou bobinage en cuivre) des trois phases logés dans les encoches du noyau.

Dans un moteur triphasé les enroulements sont au nombre minimum de trois décalés l'un de l'autre de  $120^\circ$  comme le montre le schéma ci-dessous

## **Le Rotor**

Le rotor est la partie mobile du moteur asynchrone. Couplé mécaniquement à un treuil d'ascenseur par exemple, il va créer un couple moteur capable de fournir un travail de montée et de descente de la cabine d'ascenseur. Il se compose essentiellement :

- D'un empilage de disques minces isolés entre eux et clavetés sur l'arbre du rotor afin de canaliser et de faciliter le passage du flux magnétique.
- D'une cage d'écureuil en aluminium coulé dont les barreaux sont de forme trapézoïdale pour les moteurs asynchrones standards et fermés latéralement par deux "flasques" conductrices

Les trois principaux avantages du moteur à induction :

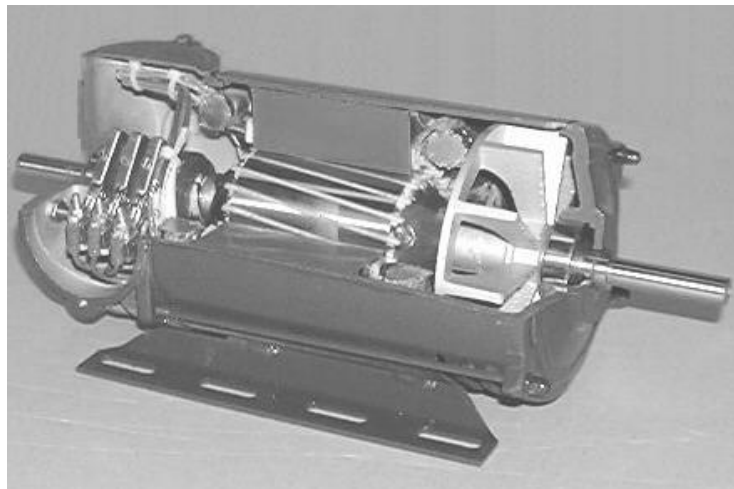
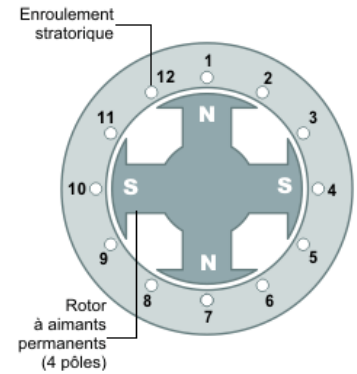
- Baisse du niveau sonore des appareils
- Augmentation de la durée de vie du moteur (jusqu'à plusieurs décennies dans certains cas) et de certains petits éléments mécaniques de l'appareil.
- Une consommation énergétique plus efficace

## **Le moteur synchrone**

Le moteur synchrone se compose, comme le moteur asynchrone, d'un stator et d'un rotor séparés par un entrefer. La seule différence se situe au niveau de la conception du rotor. La figure ci-dessous montre un rotor à pôles saillants constitués d'aimants permanents ou d'électro-aimants alimentés en courant continu.

Après le démarrage, le moteur tourne en synchronisme avec le champ tournant. A vide les axes des pôles du champ tournant et du rotor sont confondus. En charge, les axes sont légèrement décalés. La vitesse du moteur synchrone est constante quelle que soit la charge. On notera aussi que :

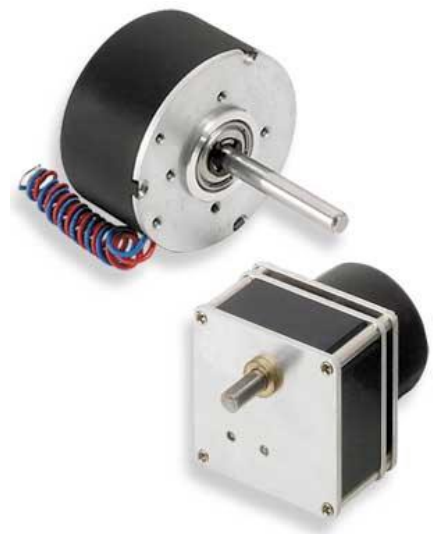
- La charge (le système d'ascenseur) ne doit pas dépasser l'effort de démarrage entre le rotor et le champ tournant.
- Le couple moteur est proportionnel à la tension à ses bornes.



## Moteur Sans Balais

Un moteur sans balais, ou « moteur *brushless* », ou machine synchrone auto-pilotée à aimants permanents, est une machine électrique de la catégorie des machines synchrones<sup>1</sup>, dont le rotor est constitué d'un ou de plusieurs aimants permanents et pourvu d'origine d'un *capteur de position rotorique* (capteur à effet Hall, synchro-résolver, codeur incrémental par exemple)

Vu de l'extérieur, il fonctionne en courant continu. Son appellation (de l'anglais *Brushless*) vient du fait que ce type de moteur ne contient aucun collecteur tournant et donc pas de balais. Par contre un système électronique de commande doit assurer la commutation du courant dans les enroulements statoriques<sup>2</sup>. Ce dispositif peut être, soit intégré au moteur pour les petites puissances, soit extérieur sous la forme d'un convertisseur de puissance (onduleur). Le rôle de l'ensemble capteur plus électronique de commande est d'assurer l'auto-pilotage<sup>3</sup> du moteur, c'est-à-dire l'orthogonalité<sup>3</sup> du flux magnétique rotorique par rapport au flux statorique<sup>3</sup>, rôle autrefois dévolu à l'ensemble balais-collecteur sur une machine à courant continu



## Les caractéristiques du moteur brushless

- Le moteur brushless n'a pas de commutation mécanique mais une commutation électronique. Il n'y a donc pas de couple de frottement dû à la friction des balais sur les lames du collecteur.
- Ce moteur courant continu sans balais peut atteindre des vitesses allant jusqu'à 50 000 tours par minute .
- Son rendement est optimum sans bruit, sans parasite électrique, sans débris et résidu. En effet, le moteur brushless n'a ni collecteur, ni balais.
- C'est un moteur léger, souple et fiable qui permet de réaliser de l'asservissement de vitesse et de position

## Applications

### Transport :



La voiture électrique a connu un bon début dans les années 1900 mais depuis elle s'est éteinte. Elle était totalement anéanti par les moteurs à explosion. Aujourd'hui, Les constructeurs automobiles se repenent sur le problème de pollution. Avec la montée du prix du pétrole, les ingénieurs automobiles cherchent des moyens pour résoudre les demandes des acheteurs. Les moteurs électriques de maintenant sont plus puissants et demandent moins d'énergie. Le poids des batteries a baissé et leurs performances s'améliorent considérablement!

De plus en plus des constructeurs proposent des voitures écologiques et la voiture électrique est un moyen sûr de lutter contre la pollution.

Peut-être que l'essor de la voiture électrique est proche ? La voiture électrique peut-elle détrôner les voitures à explosions ? Seule l'avenir nous le dira

### Industrie :

Dès le début du XVIIIe siècle, la machine à vapeur a fait naître l'industrie et de nombreuses usines de textile ont vu le jour. L'exploitation massive du charbon transforme l'essor de plusieurs pays, c'est Première Révolution industrielle.

Après l'apparition du pétrole et son exploitation massive, la Deuxième Révolution industrielle dévoile ces privilèges. Basée sur le pétrole et l'électricité l'industrie a touché tous les volets de développements technologique. L'incitateur principale est sans discussion le moteur le moteur à combustion puis le moteur électrique.

Au début le moteur à courant continue étaient prépondérants dans toutes les installations industrielles surtout dans le textile et la sidérurgie. Mais avec le développement des technologies des semi-conducteurs et technique de l'information, les entraînements à courant continu ont été remplacés par ceux à courant alternatif.

