

A blue-tinted photograph of a desert landscape. In the foreground, a dirt road with deep tire tracks curves from the bottom left towards the right. The background shows a flat, sandy plain with sparse, low-lying vegetation and a few trees under a clear sky. A large, white number '1' is positioned in the top right corner of the image.

1

# Approche technologique du tracteur

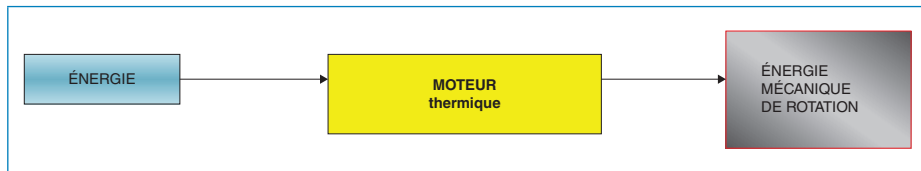
# L'étude du moteur Diesel

Le tracteur agricole est animé mécaniquement par un moteur, généralement Diesel (du nom de son inventeur, Rudolf Diesel), qui permet de mouvoir le tracteur et ses outils. C'est un organe essentiel du tracteur.

Il existe différents types de motorisation, mais un moteur 4 temps Diesel équipe d'ordinaire les tracteurs.

## Définition du moteur

Un moteur est un ensemble d'éléments qui transforme une énergie quelconque (thermique, électrique, hydraulique, pneumatique) en énergie mécanique de rotation (*figure 1.1*).

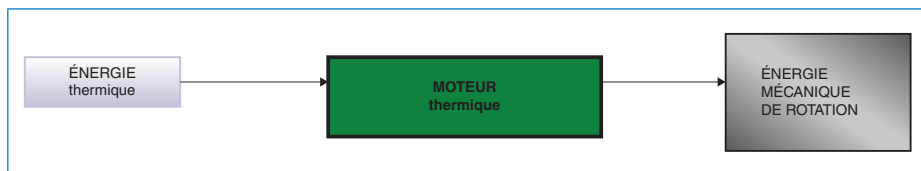


**Figure 1.1: Définition du moteur.**

On peut dire qu'un moteur transforme une énergie en mouvement rotatif. Le moteur des tracteurs utilise l'énergie thermique engendrée lors d'une réaction chimique nommée la combustion.

L'étude théorique qui traite de ces phénomènes et de ces principes fondamentaux est appelée la thermodynamique (l'art de créer un mouvement mécanique à partir de chaleur).

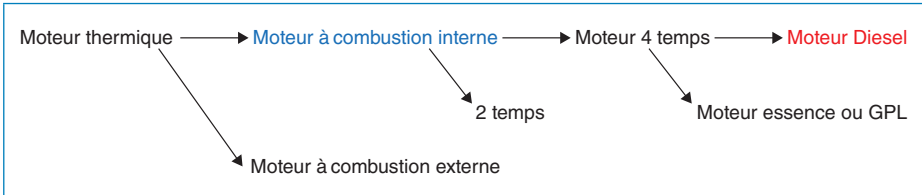
Le moteur thermique peut être représenté comme sur la *figure 1.2*.



**Figure 1.2: Représentation schématique du moteur thermique.**

Il existe différents types de moteurs (*figure 1.3*) :

- le moteur thermique;
- le moteur électrique;
- le moteur hydraulique;
- le moteur pneumatique.



**Figure 1.3: Classification des différents moteurs.**

## REMARQUE

- La classification détaille uniquement le moteur du tracteur: le moteur 4 temps Diesel.
- On parle souvent de moteur à énergie solaire. Mais l'énergie solaire (photovoltaïque) est elle-même transformée en énergie électrique, tout comme l'énergie nucléaire est une énergie thermique transformée en énergie électrique.
- L'énergie hydraulique provient du débit et/ou la pression d'un fluide liquide comme une huile. Dans le cas de l'eau, on préfère transformer l'énergie hydraulique en énergie électrique (ex.: barrage hydroélectrique).
- L'énergie pneumatique utilise aussi le débit et/ou la pression d'un fluide mais gazeux (habituellement de l'air).

On peut conclure qu'il n'existe que quatre grandes énergies transformables en énergie mécanique pour créer un mouvement. En réalité, ces quatre énergies ont une et une seule origine: l'énergie thermique dégagée par la réaction de fusion nucléaire de notre astre, le Soleil.

## Moteur thermique à combustion interne

Pourquoi parle-t-on de moteur thermique à combustion interne par opposition au moteur à combustion externe?

Le moteur thermique à combustion externe servit à animer les pompes à eaux des galeries des mines de charbon en Angleterre, vers 1700. Ces machines à vapeur, appelées machines de Newcomen (*figure 1.4*), produisent un mouvement non par la pression, mais grâce à la dépression créée par condensation de l'eau dans un cylindre.

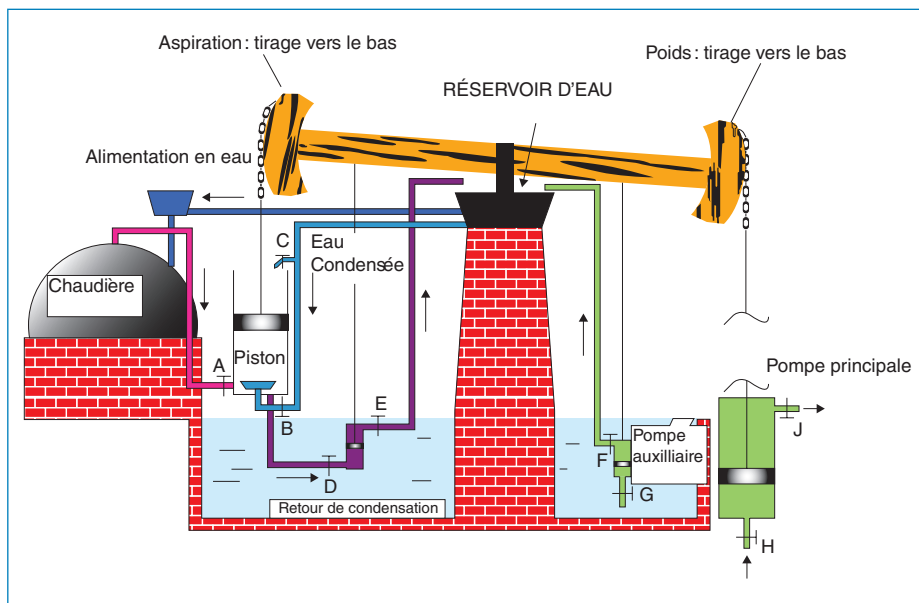


Figure 1.4: Machine de Newcomen.

Vinrent ensuite les réalisations du Français Denis Papin (1714). Puis, vers 1769, James Watt perfectionna ces moteurs.

Dans toutes ces machines à combustion externe, la combustion est produite dans un foyer à l'extérieur du moteur et l'énergie est transportée à l'élément mécanique par la vapeur d'eau. Ce moteur utilise une « chaudière » qui met en pression de la vapeur qui à son tour actionne un mécanisme. La combustion du carburant se fait donc à l'extérieur du moteur d'où son nom. Il équipera plus tard les bateaux et les trains à vapeur.

Des techniciens et des ingénieurs continuèrent à perfectionner le système: la combustion se fait désormais à l'intérieur même du moteur, appelé alors moteur à combustion interne.

## Moteur à explosion

Pourquoi parle-t-on souvent de moteur à explosion et non de moteur à combustion ?

L'explosion est une combustion rapide provoquant une déflagration: les gaz brûlés se déplacent à une vitesse constante qui, dans une explosion, s'accélère brusquement pour se traduire en une détonation. Cette dernière déclenche une onde de choc qui risque d'endommager le moteur en libérant brutalement une grande quantité d'énergie sur les parois des cylindres et des pistons. Ceux-ci vont vibrer sous l'effet de l'onde de choc provoquant des bruits métalliques nommés cliquetis: ce phénomène est aussi appelé résonance de l'explosion.

Les spécialistes emploient le terme d'explosion pour une combustion différente de la déflagration et de la détonation. L'explosion se produit spontanément dans tous les mélanges carburés. Il n'y a donc pas de propagation de l'inflammation du mélange.

Le mot explosion est impropre pour caractériser les moteurs thermiques modernes. La combustion dans ces moteurs se fait, en effet, à l'aide d'une déflagration qui est provoquée par l'arc électrique de la bougie ou l'injection de gasoil.

Pour favoriser la combustion des gaz, on évalue la capacité du gasoil à s'enflammer à l'aide d'une échelle de 0 à 100 appelée l'indice de cétane (composé chimique du gazole  $C_{16}H_{34}$ ). Si l'indice est élevé, le carburant s'enflammera facilement.

L'indice de cétane est au moteur Diesel ce que l'indice d'octane (hydrocarbure de formule  $C_8H_{18}$ , principal composé de l'essence) est au moteur à essence. Toutefois, le premier décrit une capacité d'auto-inflammation recherchée par le moteur Diesel. Le second décrit une capacité de résistance à la détonation recherchée par le moteur à essence.

L'indice de cétane en France (stations-service) est de l'ordre de 88, celui d'octane de l'ordre de 95.

---

## Principe du moteur Diesel

Les performances des moteurs Diesel sont connues, à savoir leur économie, leur fiabilité et leur longévité. Mais peu savent que Robert Bosch a permis, grâce à son système d'injection, de perfectionner ce moteur.

L'histoire débute en 1895 lorsque Rudolf Diesel présente au grand public son invention : un moteur à allumage par compression.

Ce moteur consomme moins que le moteur à essence qui a déjà fait ses preuves. Il utilise aussi un carburant meilleur marché et peut développer davantage de puissance sans atteindre toutefois des vitesses de rotations élevées.

L'inconvénient majeur du moteur Diesel à grande vitesse de rotation est l'absence d'un mécanisme permettant une alimentation adéquate en carburant. Le système employé consiste à souffler du carburant dans la chambre de combustion avec de l'air comprimé.

Outre l'inconvénient d'une vitesse de rotation faible, il nécessite pour créer cette « pompe à air » d'un équipement important très coûteux et d'un poids conséquent.

Vers 1922, Robert Bosch développe un système d'injection pour ces moteurs Diesel, le projet aboutit en 1927. Les premières pompes d'injection sont alors fabriquées en série.

Les moteurs Diesel équipés de ces pompes atteignent des vitesses très élevées, et deviennent polyvalents. Ils prennent un essor important : presque tous les futurs constructeurs européens ont pu développer un équipement inspiré des recherches de R. Diesel et R. Bosch.

## Notions de bases des moteurs thermiques

Trois constituants sont nécessaires au fonctionnement du moteur thermique :

- une source de chaleur : la combustion ;
- un fluide intermédiaire : les gaz de combustion ;
- un mécanisme sur lequel on peut recueillir un mouvement : un attelage mobile.

Dans le moteur à combustion externe (machine à valeur), ce principe est identique au moteur à combustion interne, seule la combustion étant externe au moteur.

Dans le cas du moteur à combustion interne, le fluide intermédiaire est le gaz produit par la combustion qui agit directement sur le piston.

## Origine des gaz de combustion et phénomène de combustion

---

Les gaz de combustion composent le mélange gazeux apporté dans le cylindre du moteur qui subit une combustion, c'est-à-dire une inflammation. Généralement, deux types de gaz et un déclencheur thermique sont nécessaires pour réaliser cette combustion :

- un carburant : gasoil, essence... ;
- un comburant : l'oxygène ( $O_2$ ) contenu dans l'air.

Lorsque l'on mélange intimement et dans des proportions adéquates (ex. : 1 g d'essence pour 15 g d'air) ces deux composés et que l'on apporte une source énergétique thermique, on produit une combustion. Le résultat correspond à la fabrication de nouveau gaz, d'un important dégagement d'énergie thermique et d'une détente (pression) des gaz. Si le mélange n'est pas correct entre le carburant et le comburant, la combustion ne se fait pas ou elle est incomplète.

Ne réalisez surtout pas l'expérience de cet exemple !

Si on ouvre une bouteille de butane dans une pièce, le butane (carburant) entre au contact de l'air, donc de l'oxygène (comburant). Si on déclenche alors une source de chaleur (flamme), trois situations peuvent se présenter n'ayant que deux conséquences :

- le carburant est en excès par rapport au comburant : la source de chaleur déclenchée ne provoque pas de combustion avec détonation (explosion) car le mélange n'est pas intimement proportionnel ;
- le carburant est en déficit par rapport au comburant : la source de chaleur déclenchée ne provoque pas non plus de combustion avec détonation (explosion) car le mélange n'est pas intimement proportionnel ;
- le carburant est dans les bonnes proportions : la source de chaleur provoque une explosion.

## Définition de la combustion

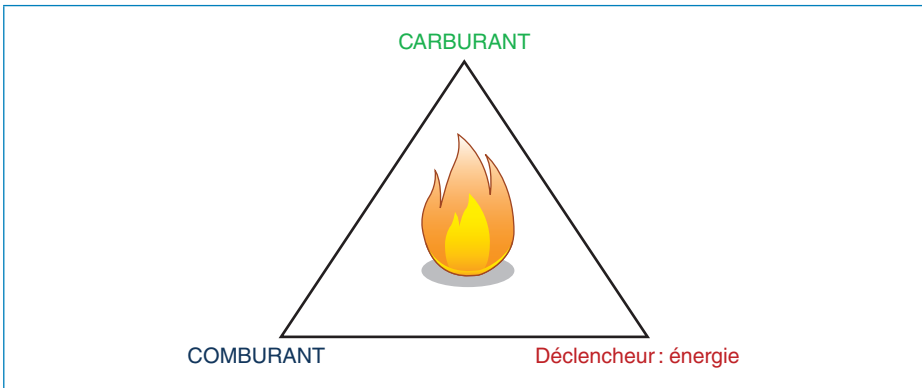
---

La combustion est une réaction chimique qui permet de produire une énergie thermique dite exothermique. Cette réaction ne peut se produire que si l'on réunit trois

éléments en proportion suffisante :

- un carburant (ou combustible) qui peut être :
  - un gaz : butane, propane, gaz de ville... ;
  - un liquide : essence, gasoil, huile, kérosène... ;
  - un solide : bois, papier, carton, charbon... ;
  - un mélange de différents corps ;
- un comburant : c'est l'autre réactif de la réaction chimique. Il s'agit de l'oxygène contenu dans l'air ambiant ;
- une énergie de déclenchement, généralement de la chaleur (énergie thermique). Mais cette énergie déclencheuse peut également être fournie par l'électricité, les radiations ou la pression qui produiront toujours une augmentation de la température.

On la représente de façon symbolique par le triangle du feu (*figure 1.5*).



**Figure 1.5: Représentation de la combustion.**

## REMARQUE

On parle de combustible liquide, gazeux, solide, mais lors de la combustion seuls les gaz peuvent s'enflammer. En effet, lorsqu'on brûle une bûche de bois, il faut suffisamment d'énergie thermique pour que la bûche « s'évapore », c'est-à-dire qu'elle passe de l'état solide à l'état gazeux : on parle de sublimation. Une fois que la bûche se gazéifie, les vapeurs peuvent s'enflammer. C'est pour cela qu'il faut un certain temps pour qu'une bûche s'enflamme et que la flamme se situe à une certaine distance de la bûche. On parle alors de **point éclair** ou point d'inflammabilité.

Ce terme correspond à la température la plus basse à laquelle un corps combustible (comme un carburant) émet suffisamment de vapeurs pour initier, avec l'oxygène contenu dans l'air ambiant, un mélange gazeux qui s'enflamme sous l'effet d'une d'énergie thermique (comme une flamme). Cependant, la combustion produite ne s'entretient pas d'elle-même, il faut pour cela atteindre le **point d'inflammation**.

Si l'inflammation ne nécessite pas de flamme mais juste une source de chaleur (un échauffement, une pression...), on parle d'auto-inflammation. Cette dernière peut être dommageable pour les moteurs thermiques par ses conséquences négatives comme le **cliquetis**.