



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

Cours de Machinisme agricole

Présenté par : Zohra HOUYOU

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

L3 Sciences Agronomiques

Préambule

*Dans cette matière de « **Machinisme Agricole** » destinée aux étudiants **Licence 3** « **Production végétale** », nous traiterons à travers une série de cours qui concernent le matériel de traction, notamment le tracteur agricole.*

Au terme de cette formation, l'étudiant sera en mesure de connaître l'ensemble des mécanismes qui constituent la machine maitresse de l'exploitation agricole qui est le tracteur et sera aussi en mesure d'effectuer un entretien préventif sur cette machine. A travers l'enseignement de ce cours, l'étudiant sera en mesure d'effectuer un diagnostic primaire en ce qui a trait au système moteur, distribution et transmission de base du tracteur. De plus, il sera en mesure d'identifier les signes précurseurs de bris fréquent sur un tracteur agricole. En plus de ce cours théorique un accompagnement est réalisé sous la forme de sortie sur le terrain qui permettra la mise en contact de l'étudiant avec les différents mécanismes du tracteur.

Plan du cours

Introduction

Historique des tracteurs agricoles

I. Le tracteur agricole

I.1. Définition et rôles

I.2. Les Différents types de tracteurs

II. Principaux éléments constitutifs du tracteur

II.1- Le Moteur

II.1.1- Définition et rôle

II.1.2- Pièces principales d'un moteur

III- Caractéristiques du moteur

IV- La distribution

V- Le fonctionnement du moteur

VI- Les organes annexes au moteur

VI.1- La Batterie

VI.2- Le Circuit de démarrage du moteur

VI.3- Le circuit du Graissage du moteur

VI.4- Le circuit d'alimentation en gas oïl et l'injection

VI. 5 - Le refroidissement du moteur

VII - La Transmission mécanique du mouvement du moteur aux roues

VII.1- L'Embrayage

VII.2- La boîte de vitesses

VII.3- Le Couple conique

VII.4- Le Différentiel

VII.5- Les Roues

VII.6- La Réduction finale

VII. 6-La Prise de force (Prise de puissance) du tracteur agricole

VII. 7-Le Relevage hydraulique du tracteur agricole

Introduction

L'homme a d'abord creusé et travaillé le sol avec ses mains nues. Ensuite il a imaginé et confectionné des outils qui lui permettaient de fouiller le sol sans que ses mains soient en contact avec la terre, par la suite il a fait tirer et actionner les outils par des animaux domestiqués.

Pour cultiver de grandes superficies rapidement, il a remplacé les animaux par des machines équipées de moteurs puissants. Certains outils munis de leur propre moteur se propulsent seuls. La naissance et le développement des machines employées par les agriculteurs ont été provoqués par l'importance croissante des superficies à cultiver et l'augmentation de la productivité agricole nécessitée par l'accroissement démographique mondial.

La culture d'une plante dans le pot de fleur se fait sans l'aide d'outil. La mise en culture d'un jardin ou d'un petit champ de moins d'un hectare nécessite l'emploi des outils à main. La culture de champs d'une superficie d'un à dix hectares est obligatoirement réalisée à l'aide d'outils à traction animale ou d'un motoculteur. La grande culture de champs d'une superficie supérieure à quinze hectares ne peut plus être faite par un seul homme et un attelage. Il faut employer soit une main-d'œuvre nombreuse, soit un motoculteur ou un ou plusieurs tracteurs. Les problèmes posés par l'agriculture moderne sont nombreux. Les Hommes concourent à un seul but : celui d'accroître sans cesse le volume des denrées et produits agricoles mis à la disposition de la population du globe. Pour augmenter la production agricole, trois moyens principaux s'offrent à l'homme :

- Cultiver les terres qui ne le sont pas encore ;
- Augmenter la quantité de récolte produite par les plantes ;
- Multiplier les rotations de cultures sur un même sol.

Pour la résolution de ces trois problèmes, on rencontre toujours l'influence souvent déterminante de "La machine agricole".

La machine agricole facilite la mise en culture de nouvelles terres et permet l'épanouissement de la vie végétale en lui préparant de bonnes conditions de développement.

Le tracteur agricole qui constitue l'objectif de ce cours, est l'une des machines que l'homme a créé pour faciliter les tâches ardues dans le champ agricole et en même temps gagner du temps dans les labeurs de la ferme.

Historique des tracteurs agricoles

Les premiers tracteurs agricoles à vapeur furent créés aux Etats-Unis d'Amérique vers 1850. Quelques modèles apparurent en Europe vers 1890. Les progrès furent lents, les machines étant trop lourdes. L'adaptation du moteur dit "à pétrole" en remplacement de la locomobile à vapeur accéléra la vulgarisation des tracteurs. De nombreux tracteurs équipèrent les grandes fermes des USA, du Canada et de l'URSS dès la fin de la première guerre mondiale. La pénétration fut plus lente en Europe, L'évolution des pneumatiques en remplacement des roues en fer, l'usage des moteurs Diesel, plus économiques, mais surtout l'invention du relevage hydraulique d'Harry Ferguson révolutionna l'industrie du tracteur. Celui-ci envahit l'Europe après la seconde guerre mondiale.

I. Le tracteur agricole

I.1. Définition et rôles

Le tracteur agricole (du latin *trahere*), engin automoteur capable de générer un effort de traction important, Il est utilisé pour tirer, pousser, porter ou encore actionner divers outils de transport, de traitements ou de travail du sol.

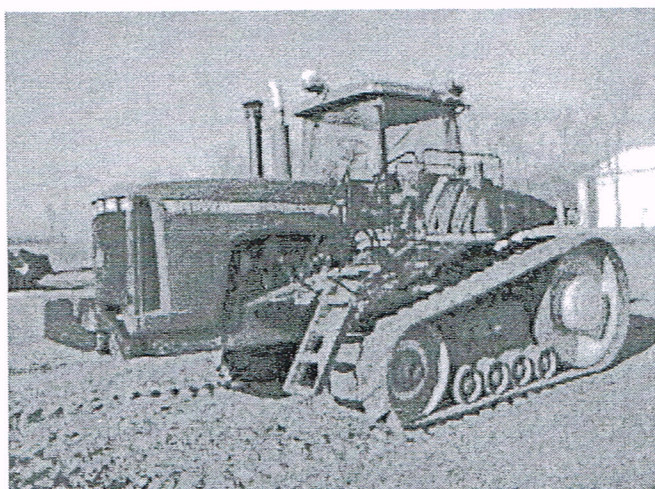
Les tracteurs se caractérisent entre autres par la puissance du moteur, la nature de la traction, le système d'attelage et par la présence ou non d'une prise de force. On distingue classiquement les tracteurs conventionnels, les porte-outils, les tracteurs articulés, les chenillards et enfin les tracteurs spécialisés, tels que les tracteurs étroits et les enjambeurs utilisés en arboriculture, horticulture et viticulture...

I.2. Les Différents types de tracteurs (Figure.1)

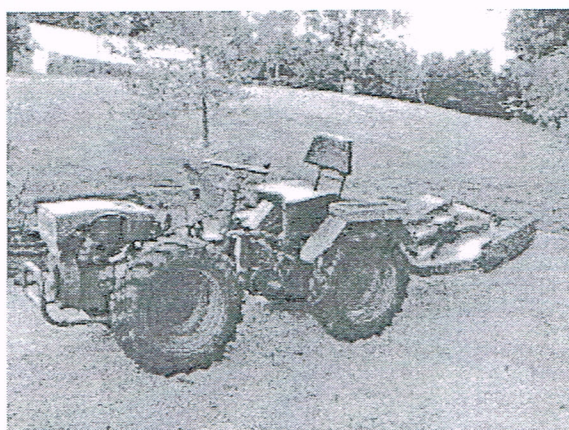
- 1- Les tracteurs à roues : Appelés aussi tracteurs pneumatiques, pour leur propulsion ils disposent de roues (pneus).
- 2 -Les motoculteurs : ce sont des machines automotrices conduites à l'aide de mancherons, elles sont utilisées pour le travail des petites parcelles agricoles.
- 3- Les chenillards : se déplacent à l'aide de bandes sans fin faites de patins articulés, interposés entre le sol et les roues d'un véhicule, lui permettant de se mouvoir facilement sur tous les types de terrains.



(a) Tracteur pneumatique



(b) Tracteur à chenilles



(c) Motoculteur

(Figure.1) Représentation de quelques tracteurs agricoles

II- Principaux éléments constitutifs du tracteur

Les principaux éléments constitutifs d'un tracteur sont : le moteur, les organes annexes, les roues, les systèmes d'attelage avec la prise de force et le poste de conduite.

II.1- Le Moteur

II.1.1- Définition et rôle

Le moteur est un organe qui transforme en travail mécanique une source d'énergie qui lui est fournie, c'est un transformateur d'énergie.

Il est dit " thermique" si la source d'énergie est donnée par un combustible.

Il est dit " électrique" si la source d'énergie est l'électricité.

Dans un moteur thermique si la combustion peut se faire à l'extérieur du moteur : on le dénomme alors moteur thermique à combustion externe.

C'est le cas de la machine à vapeur a l'intérieur du moteur on le dénomme alors moteur thermique à combustion interne.

C'est le cas de tous les moteurs thermiques employés actuellement en automobile.

En pratique on a toute fois résumé le terme de moteur à combustion interne aux moteurs employant comme carburant le gas-oil dont le principe d'allumage n'est pas le même que celui des moteur à essence.

Les moteurs utilisant l'essence sont appelés moteurs à explosion on à allumage commandé.

Dans ces moteurs, l'inflammation des gaz est produite par une étincelle électrique qui provoque "l'explosion" du mélange gazeux.

Le rôle du moteur est de fournir aux véhicules un moyen d'assurer sa propulsion en utilisant l'énergie contenue dans un combustible.

II.1.2. Pièces principales d'un moteur thermique

Les éléments principaux d'un moteur thermique sont (**Figure 2.a, b, c, d, e, f**).

A) Le Cylindre (Figure2.d)

C'est un tube cylindrique ouvert à sa partie inférieure il peut être mis en communication par des ouvertures appropriées soit avec le milieu extérieur.

B) Le Piston (Figure2.a)

C'est une pièce cylindrique ouverte à sa partie inférieure.

Il coulisse à l'intérieur du cylindre, sa face supérieure est soumise à la pousser des gaz et il transmet cette poussée à la pièce suivante.

C) La Bielle (Figure2.a, b, c)

C'est une pièce de forme rectiligne allongée- elle sert de liaison entre le piston et le vilebrequin la partie de la bielle articulée s'appelle tête de bielle.

D) Le Vilebrequin (Figure2.a, b, c)

C'est une pièce moulée en fonderie réalisé en une seule pièce puis usinée et équilibrée.

La forme du vilebrequin dépend de l'ordre d'allumage du moteur, les paliers de fixation appelés tourillons sont situés sur l'axe de rotation.

Les manetons correspondent aux endroits où sont fixées, les bielles pour diminuer les frottements les manetons et tourillons sont montés sur deux demi coussinets ce sont des languettes en forme d'arc de cercle sur 180° chacune et revêtus de régule (alliage, antifriction à base d'étain).

E) L'Arbre à cames (Figure2.b)

Il est situé sur le côté du moteur. Il est équipé de plusieurs bossages permettant l'ouverture des soupapes par l'intermédiaire des poussoirs, tige de culbuteur et culbuteurs. Les moteurs des tracteurs sont équipés de deux soupapes par cylindre. Il faut donner deux cames sur l'arbre par cylindre. Il entraîne d'autres équipements annexes pompe à huile pompe à gas-oil.

F) La Culasse (Figure2.d)

Pièce coulée d'une seule pièce en fonderie, elle ferme le bloc moteur à sa partie supérieure sa réalisation est très compliquée car elle nécessite de nombreux usinages pour y installer les soupapes, les culbuteurs, les passages de liquide de refroidissement, les injecteurs (diesel), les vis de fixation sur le bloc, les chambres de combustion.

G) Le Carter (Figure2.f)

Le carter ferme le bloc moteur à sa partie inférieure et contient l'huile nécessaire à sa lubrification, un joint de carter évite la fuite d'huile.

H) Le Volant Moteur (Figure2.a)

Pour atténuer et réduire au maximum les vibrations les constructeurs fixent sur les vilebrequins à la sortie du moteur un disque métallique appelée volant moteur.

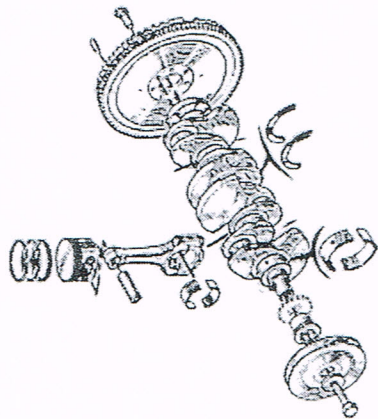


Figure 2 (a) Principales pièces mobiles d'un moteur

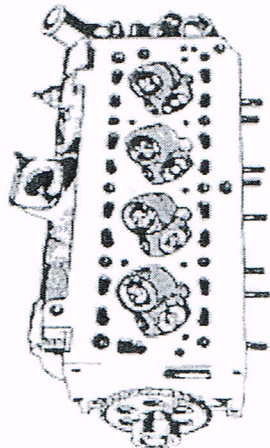
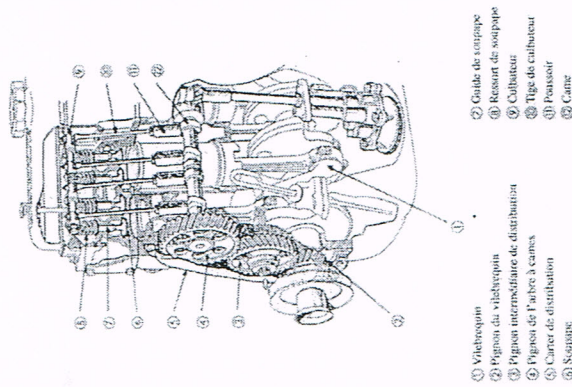


Figure 2 (d) Bloc cylindre (vue de dessous)



(b) ■ Vue d'un arbre à cames latéral et son entraînement.

Source : Technologie moteur Feucher.



Figure 2 (e) Joint de culasse



Figure 2 (f) Schéma d'un Carter et de ses joints

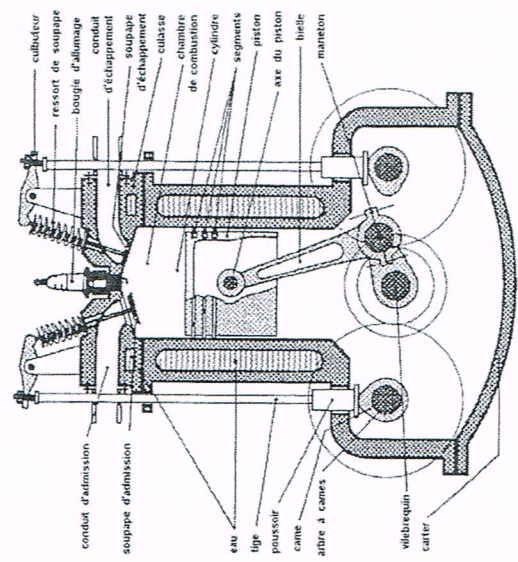


Figure 2 (c) Coupe vue de profil d'un moteur

III. Caractéristiques du moteur (Figure.3)

Toutes les caractéristiques sont propres à chaque moteur : on peut les trouver sur les tracers sur la fiche technique du constructeur ou sur les revues techniques. On distingue notamment :

- -Le point mort haut (PMH) qui correspond à la position la plus haute du piston.
- -Le point mort bas (PMB) qui correspond à la position la plus basse du piston.
- -La course est la distance entre le PMH et le PMB ; elle représente aussi la hauteur de déplacement du piston ou le diamètre du vilebrequin.
- -Le volume intérieur du cylindre entre le PMH et PMB appelée cylindrée unitaire (U).
Le cylindre total du moteur est égal à la cylindrée unitaire multipliée par le nombre de cylindres.
- -La chambre de combustion (v) est le volume du cylindre situé au dessus du PMH.
- -Le taux de compression : c'est le rapport entre le volume d'air entraîné dans le cylindre à chaque cycle $V+v$ par rapport au volume restant en fin de compression v
soit : $\frac{V+v}{v}$; Exemple : 15/1 : 25/1.
- Le nombre de cylindres ainsi que leur position : Les moteurs des tracteurs de 3 à 6 cylindres en ligne parallèle suivant leurs puissances.
 - 3 Cylindres : 40 à 60 chevaux.
 - 4 Cylindres : 60 à 100 chevaux.
 - 5 Cylindres : 90 chevaux.
 - 6 Cylindres : 100 chevaux.

Certains tracteurs puissants sont équipés de moteurs en V soit V6 ou V8 ; deux rangées réalisent un angle de 40° à 90°.

Remarque importante : Pour le sens de rotation du moteur il n'y a pas de règle générale car chaque constructeur choisit son sens de rotation.

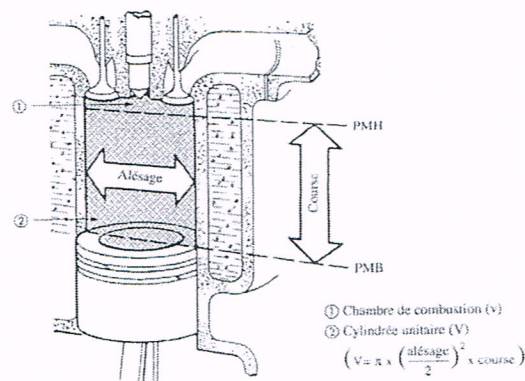


Figure .3

■ Les caractéristiques du moteur.

IV- La distribution (Figure.4)

La distribution réside dans l'entraînement de l'arbre à cames à partir du vilebrequin. Sur les moteurs des tracteurs elle est assurée par une cascade de trois pignons.

- Un pignon monté généralement à force sur le vilebrequin.
- Un pignon intermédiaire monté libre en rotation sur un axe démontable.
- Un pignon qui est monté serrer sur l'arbre à cames.

La distribution à pignons a été choisie pour le tracteur pour plusieurs raisons :

- Elle joint solidité et fiabilité car les pignons sont surdimensionnés ;
- Le bruit au niveau des dents n'est pas gênant sur un tracteur ;
- Le poids des pignons est un avantage pour un tracteur ;
- Le jeu au niveau des dents est peu important comportement aux vitesses faibles 2000-2500 tr/m.
- Le graissage indispensable qui nécessite un couvercle avec un joint d'étanchéité occasionne un surcoût relativement faible par rapport au prix de la machine.

D'autres pignons supplémentaires peuvent être rajoutés à la distribution pour entamer par exemple : la pompe à huile (dans le carter) les arbres d'équilibrage du vilebrequin situé parallèlement à celui-ci, la pompe d'injection.

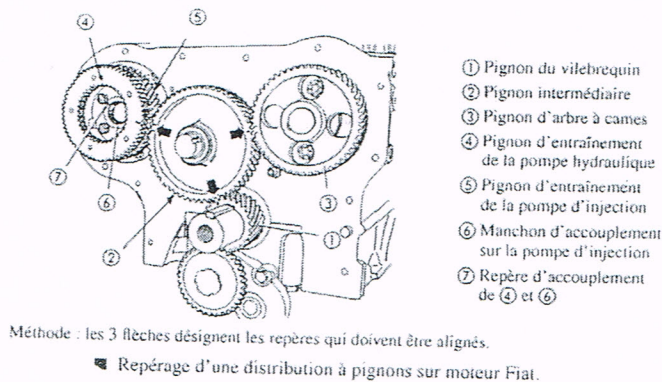


Figure.4.La distribution à pignons.

V- Le fonctionnement du moteur (Figure.5)

Le fonctionnement du moteur se déroule sur un cycle de quatre phases successives on quatre temps.

V.1- Admission

Le piston descend du PMH au PMB. La soupape d'admission s'ouvre quand le piston est au PMH la descente crée une dépression dans le cylindre qui aspire l'air extérieur après passage dans le filtre à air.

Lorsque le piston arrive au PMB la soupape d'admission se ferme, le piston descend car il est entraîné par le vilebrequin lui-même entraîné par l'énergie cinétique du volant moteur.

V.2- Compression

Les deux soupapes sont fermées, le piston remonte du PMB vers le PMH. L'air précédemment admis est comprimé dans le volume de la chambre de combustion. A cause du taux de compression élevé il se produit un échauffement important de l'air.

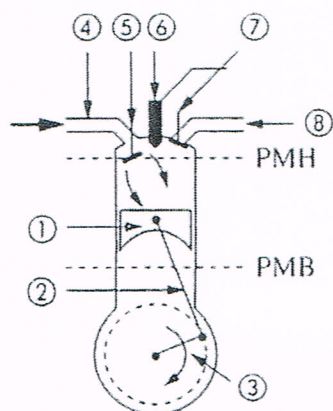
V.3-Explosion détente

Lorsque le piston est au PMH un injecteur pulvérisé dans l'air chaud et comprimé, du gas-oil en fines gouttelettes la combustion se déclenche sans étincelle, c'est une ****exothermique** c'est-à-dire avec dégagement de chaleur les gaz s'échauffent dans le volume de chambre de combustion c'est-à-dire dans un volume déterminé. Il s'ensuit une montée des gaz en pression qui refoule le piston vers le PMB.

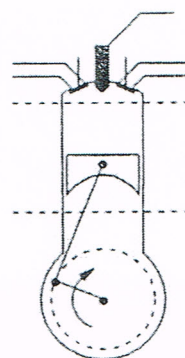
En réalité pour obtenir une pression maximale sur le piston en tenant compte du délai d'inflammation du carburant le début d'injection doit se produire avant le PMH. C'est le point d'injection réparé par un angle à l'injection sur le vilebrequin (par rapport au PMH fin compression).

V.4-Echappement

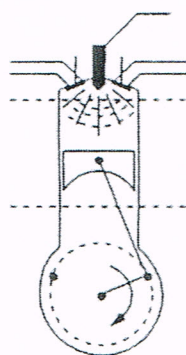
La soupape d'échappement s'ouvre quand le piston est au PMB le piston remonte et chasse les gaz d'échappement ou gaz brûlés vers l'extérieur la soupape d'échappement se ferme au PMH et un nouveau cycle peut commencer.



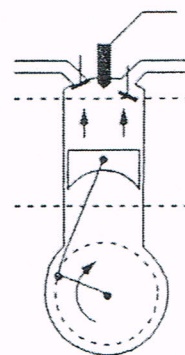
1. Admission



2. Compression



3. Explosion-détente



4. Échappement

- ① Piston
- ② Bielle
- ③ Vilebrequin
- ④ Pipe d'admission

- ⑤ Soupape d'admission
- ⑥ Injecteur
- ⑦ Soupape d'échappement
- ⑧ Pipe d'échappement

■ Le moteur à 4 temps.

Figure.5. Schéma du fonctionnement du moteur
(Les quatre temps)

VI- Les organes annexes au moteur (Figure.6)

VI.1- La réserve d'énergie chimique (Batterie) (Figure.6. (a) et (b))

L'énergie électrique est réservée sous forme chimique dans la batterie. Une batterie est composée d'élément ayant chacun une tension de 2 Volts montée en série.

Chaque élément comporte :

- Une cuve étanche ;
- Une série de plaques poncturés (à base de peroxydes de P_b/P_bO_2),
- Une série de plaques négatives (à base de plomb P_b).

On trouve dans l'ordre alternées des plaques positives et négatives. L'ensemble baigne dans une solution d'acide sulfurique à (17% de H_2SO_4).

Les caractéristiques d'une batterie sont inscrits dessus et correspondent à :

- Sa tension au nombre de bouchon x 2v.
- Sa capacité exprimée en ampère heure (Ah)= quantité d'électricité que peut fournir une batterie.
- Courant d'essai à basse température, c'est l'intensité que peut fournir une batterie pendant 30 secondes à 18°C.

VI.2- Le Circuit de démarrage (Le démarreur) (Figure.6. (c))

Le rôle du démarreur est de faire tourner le vilebrequin pour que le moteur démarre.

Le démarreur doit pouvoir le faire tourner à mi-régime du ralenti c'est-à-dire 400 tours/ min.

Le démarreur comprend trois éléments principaux :

a-) Un Solénoïde composé de deux bobines en série. Un noyau métallique est disposé au centre des deux bobines il comporte trois bornes e- : une borne d'excitation relié au bouton du démarreur, une alimentation directe depuis la batterie et un plot de sortie qui alimente le moteur électrique.

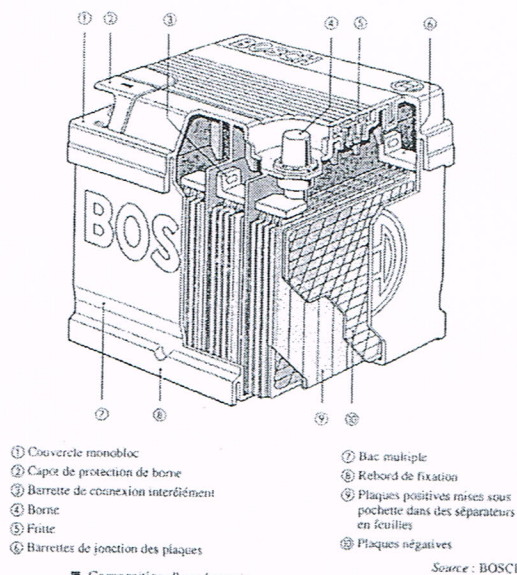
b-) Un lanceur : il est constitué d'un pignon monté sur un manchon coulissant sur l'arbre du moteur. Le déplacement du manchon provient du déplacement du noyau métallique du solénoïde par l'intermédiaire d'une fourchette

c-) Un moteur électrique fonctionne avec le courant 12 V de la batterie.

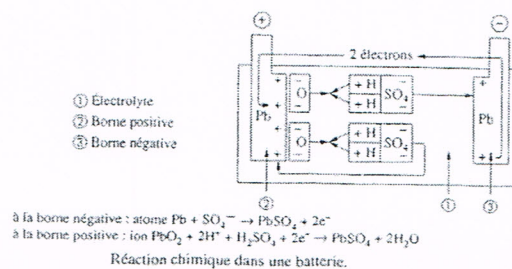
Principe du démarrage : Pour démarrer, il faut mettre le contact et appuyer sur le bouton du démarreur (ou tourner une seule clé). Un courant électrique parvient à la borne excitation.

Il alimente la bobine d'appel qui est à la masse au travers du moteur électrique et la bobine de maintien qu'est directement à la masse. Le noyau métallique est attiré par le champ

magnétique, la fourchette pivote, le lanceur se déplace et le pignon s'engage sur la couronne dentée du volant moteur.



(a) Composition d'une batterie



(b) Réaction chimique dans une batterie

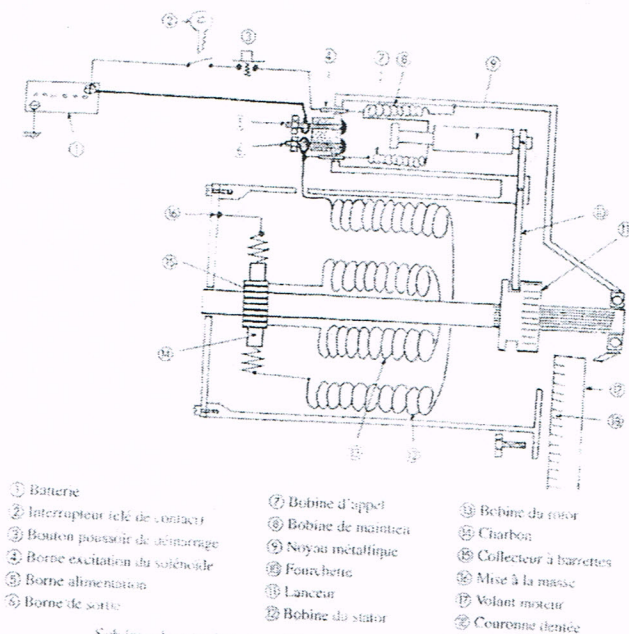


Schéma de principe simplifié d'un démarreur et de son branchement.

(c) Schéma d'un démarreur

Figure.6. Les organes annexes au moteur

VI.3 -Le circuit du Graissage du moteur (Figure.7. (b))

L'huile stockée dans le carter du moteur a plusieurs rôles :

- -Lubrifier les pièces en mouvements en les enveloppant d'un film d'huile afin d'éviter tout contact métal-métal.
- -Refroidir les pièces en mouvement en évacuant les calories lorsque l'huile est en contact avec la pièce.
- -Nettoyer le moteur de toutes les impuretés provenant de la combustion et assurer la longer vite des pièces.
- -Pour cela l'huile doit circuler dans le moteur pour atteindre toutes les pièces.
- -Des canalisations d'huile sont donc usinées dans le bloc moteur.
- -Une crépine d'aspiration située dans le point le plus bas du carter (tamis métallique) retient les plus gros impuretés l faut préférer un carter avec un fond en forme de V.
- -Une pompe à engrenage assure l'exportation et le refoulement de l'huile. Comme toute pompe elle fournit un débit.
- -La pompe est constituée de deux pignons. Le flux d'huile aspiré se désire en deux en remplissant le creux des dents contourne chaque pignon avant d'être refoulé.
- Le contrôle visuel de cette pompe est très difficile à réaliser, un manomètre est fixé à sa sortie pour mesurer la pression résultant de la résistance à l'écoulement.
- La pompe à l'huile située dans le carter à sa partie avant est engrenée par la distribution.

Les principales pièces du circuit de graissage :

a) La Soupape régulatrice de pression : ressort qui maintien la pression constante dans les canalisations du circuit ;

b) Le Filtre à huile : retient les impuretés contenue dans l'huile il doit être changé régulièrement certain filtre possèdent des by-pass qui s'ouvre en cas de surpression qui permet le passage direct de l'huile ;

c) Le Mono contact : élément de sécurité indispensable, il allume une lampe témoin au tableau de bord (il ne faut jamais utiliser un véhicule si le voyant ne s'allume pas) ;

Certain véhicule sont équipés au tableau de bord d'un indicateur de pression (mono contact = capteur de pression) ;

d) Des canalisations usinées dans le bloc moteur conduisent l'huile aux différents points de graissage.

VI.4. Le circuit d'alimentation en gas oil et l'injection (Figure.7. (a))

Le circuit d'alimentation en combustible est composé de : d'un circuit à basse pression et d'un circuit à haute pression :

a-) Le circuit à basse pression

Il Comprend le réservoir de gasoil qui est fabriqué en tôle acier Et une pompe d'alimentation entraînée par l'arbre à cames par le biais de la distribution.

b-) Le circuit à haute pression

Alimenté par le circuit à basse pression, son rôle est de doser la quantité de gasoil nécessaire à l'explosion puis de distribuer les doses aux cylindres. Il est composé d'une pompe à injection est entraînée par l'arbre intermédiaire de la distribution.

c-) L'injection Diesel

Le gas-oil est injecté en très fines gouttelettes (ou pulvérisé) dans le cylindre au moment où il doit être brûlé la combustion a lieu sans étincelle car le gasoil est pulvérisé dans l'air suffisamment chaud et comprimé on parle d'auto- allumage par compression.

On distingue deux types d'injection.

➤ **Injection directe** : Le gasoil est directement pulvérisé dans le cylindre par l'injecteur. A cause du volume compact de la chambre combustion le taux de compression est élevé et la consommation est moindre. Avec ce type d'injection, le démarrage à froid est facilité par la surface réduite de la chambre de combustion.

➤ **Injection Indirecte** : Le gasoil est injecté dans une préchambre de combustion ou de pré compression creusée dans la culasse. La combustion est étalée dans le temps car elle se poursuit dans la chambre de combustion.

Le Turbo compresseur : Permet de augmenter la puissance fournie par le moteur en améliorant le remplissage d'air dans le cylindre se compose : d'une turbine, d'un compresseur, d'une pompe à air, d'un disque a ailettes, d'une conduite branchée dans la conduite d'admission.

VI. 5. Le refroidissement du moteur (Figure.7. (c))

Le refroidissement du moteur a pour but d'éliminer la chaleur produite par l'explosion qui, si non, provoquerait une dilatation des pièces dont les conséquences sont l'endommagement du moteur. Le refroidissement peut se réaliser avec un liquide ou bien avec de l'air.

A-) Le refroidissement avec du liquide

Actuellement, c'est le plus utilisé sur les tracteurs agricole ; le liquide de refroidissement circulant dans le moteur peut être :

-De l'eau à laquelle est rajouté un pourcentage antigel (mono éthylène glycol, di éthylène glycol, mono propylène...).

Le fonctionnement du Circuit de refroidissement avec liquide

L'eau circule dans le moteur au niveau de la culasse et des cylindres l'eau la plus chaude en haut et sortira du moteur parti haute. L'eau qui retournera au moteur sera prise en bas du radiateur.

Les éléments du circuit de refroidissement avec liquide:

- **La pompe à eau :** Entraînée par une courroie depuis le vilebrequin, elle tourne en permanence quand le moteur fonctionne elle aspire l'eau en bas du radiateur pour l'envoyer au moteur.
- **Le thermostat :** Permet de maintenir la température à 90°C, il se ferme si elle est inférieure à 90°C.
- **Le Radiateur :** Réservoir composé de conduits verticaux où circule l'eau, reliés entre eux par des lamelles de tôle minces entre lesquelles passe l'air.

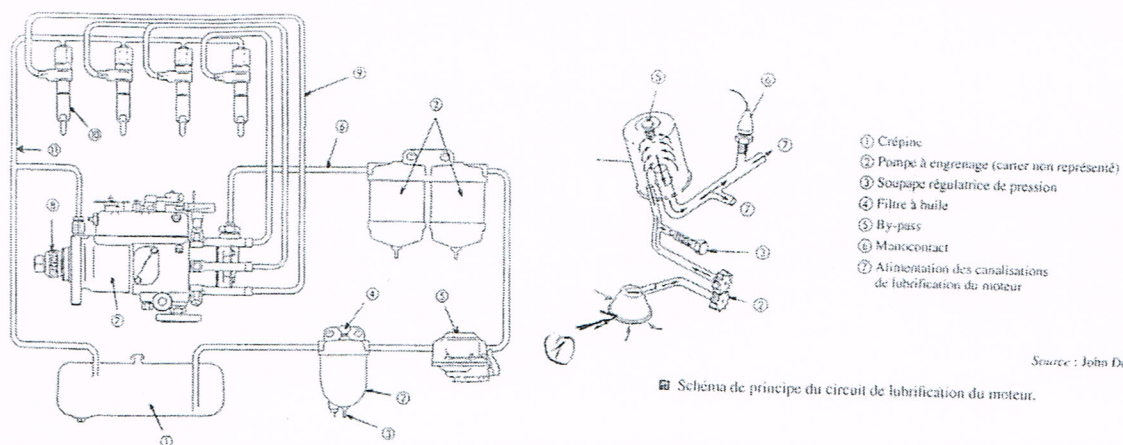
Un Courant d'air créé par un ventilateur permet de prélever les calories contenues dans l'eau et donc la refroidir.

Le Contrôle du refroidissement :

- ✓ Un voyant lumineux s'allume en cas de surchauffe ;
- ✓ Un thermomètre à aiguille indique en permanence la température du moteur.

Le refroidissement par air :

Il est composé d'une turbine bruyante à ailettes disposées à l'extérieur des cylindres « moins efficace et actuellement abandonnées ».



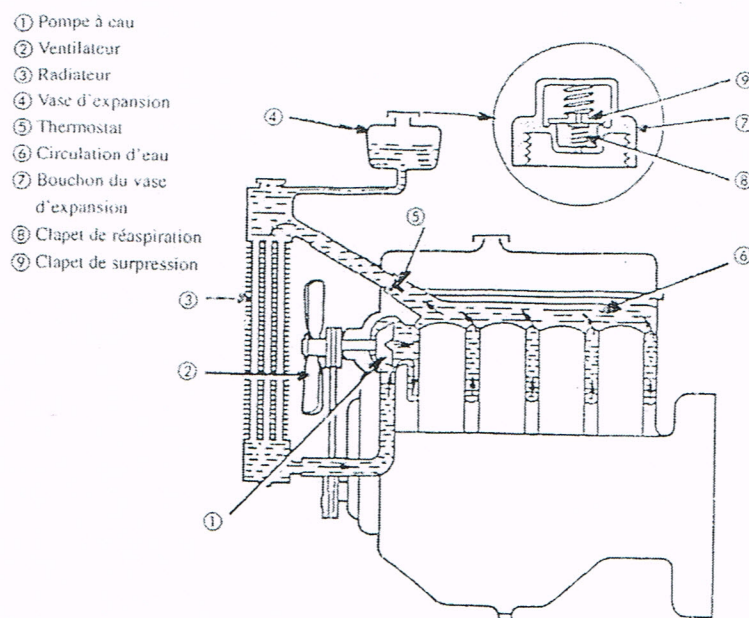
Source : John Derr.

■ Schéma de principe du circuit de lubrification du moteur.

- | | | |
|----------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| ① Réservoir | ⑤ Pompe d'amorçage à membrane | ⑧ Conduite haute pression |
| ② Filtre à gasoil | ⑥ Conduite basse pression | ⑨ Injecteur |
| ③ Vis de purge d'eau | ⑦ Pompe d'injection rotative | ⑩ Retour de fuites |
| ④ Vis de purge d'air | ⑧ Pignon d'entraînement de la pompe | |
- Le circuit de gasoil (pour moteur 4 cylindres).

(b) Schéma du principe de la lubrification du moteur

(a) Le circuit de gasoil



Source : ETAL.

Le circuit de refroidissement.

(C) Le circuit de refroidissement

Figure.7. Les organes annexes au moteur

VII- La Transmission mécanique du mouvement du moteur aux roues

La transmission du tracteur sert à transmettre ou à interrompre la puissance du moteur aux roues et aux prises de puissance (PF). Elle est constituée par un ensemble de mécanismes : l'embrayage, la boîte de vitesses, le couple conique et le différentiel (Figure.8).

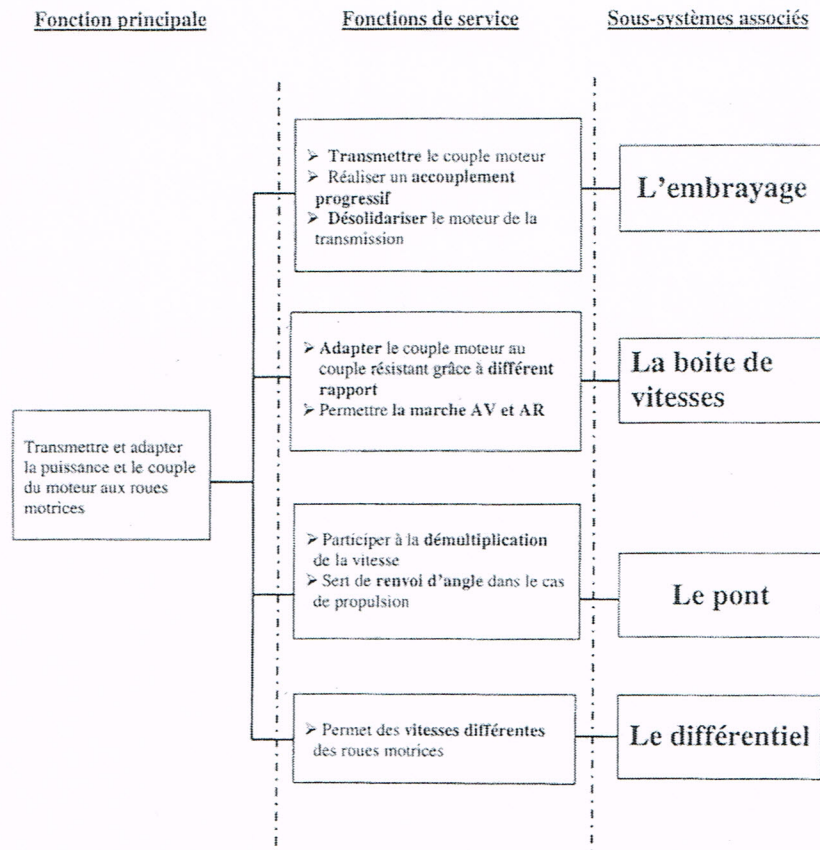


Figure.8. Principaux fonctions et services de la transmission

VII.1-L'Embrayage (Figures.9 et 10)

Il permet d'arrêter ou de transmettre le mouvement de rotation du vilebrequin à l'arbre d'entrée de la boîte de vitesse. La plus part des embrayages des tracteurs sont de type mono disque à sec. Il est constitué par des mécanismes (Figure.) qui permettent d'avoir deux positions :

- Au repos, les ressorts s'allongent poussant le plateau les rendant ainsi solidaires. Le mouvement est alors transmis à la boîte de vitesse (position embrayée).

- En appuyant sur la pédale d'embrayage la butée se déplace appuie sur les doigts qui en pivotant ramenant le plateau de pression en arrière. Les mécanismes d'embrayage disposent en général de trois doigts réglables en hauteurs.

Le seul réglage à effectuer sur un embrayage est celui de la garde d'embrayage. Il s'agit du jeu de la pédale entre la position de repos et le début du débrayage qui doit être de quelques centimètres (se reporter aux données du constructeur).

L'entretien de l'embrayage : elle consiste à graisser le roulement de la butée.

- L'usure d'un embrayage peut être vérifiée à partir de l'épaisseur des garnitures (ferrodo).

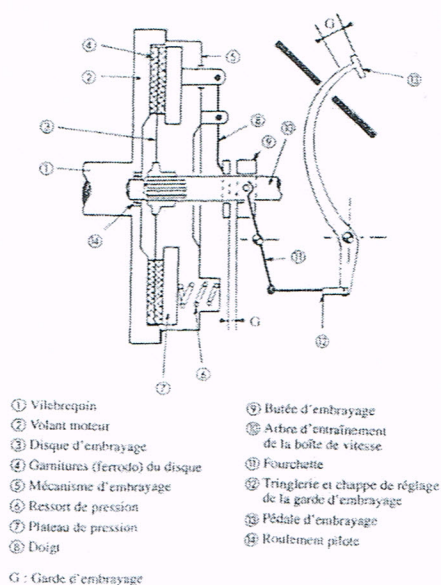


Figure.9. ■ Principe d'un embrayage monodisque à sec.

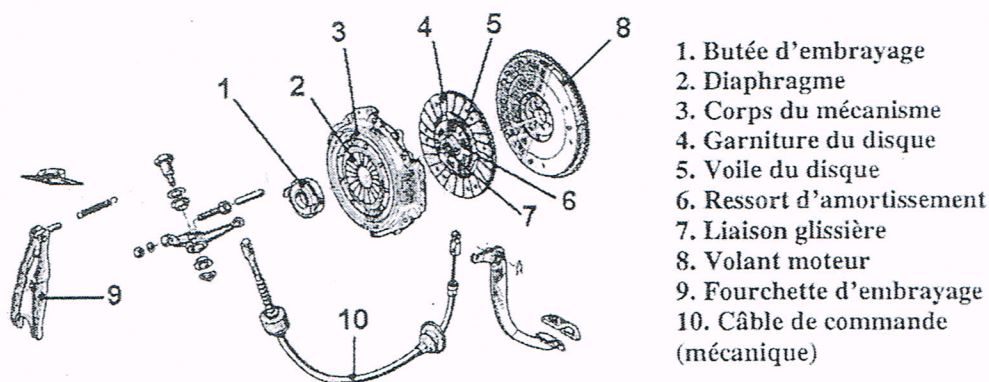


Figure.10. Schéma des pièces d'un embrayage mono disque

VII.2- La boîte de vitesses (Figure.11)

Elle permet de modifier le rapport entre la vitesse du vilebrequin et celle de son arbre de sortie qui sera transmise aux roues. Le rapport de transmission se fait avec deux pignons est lié au rapport du nombre de dents de chacun. Pour obtenir un maximum de rapport avec le minimum de pignons, chaque boîte de vitesse comporte deux compartiments :

- Un compartiment dit de gamme (lente, rapide).
- Un compartiment de vitesses avec quatre à six rapports.

Crabot : les pignons de deux arbres sont mis en prise constante. Cela est possible car l'un des deux est monté par force sur son arbre.

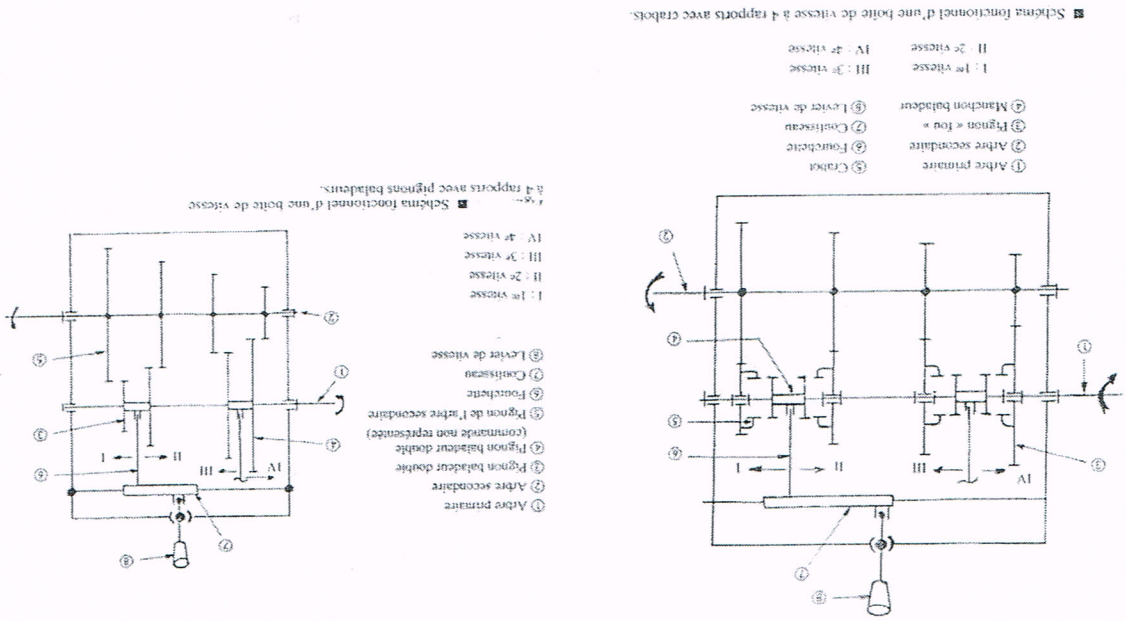


Figure 11. Schémas de principe de la boîte de vitesses.

VII.3- Le Couple conique (Figure.12 a, b, c)

Il se compose d'un pignon conique fixé sur l'arbre de sortie de la boîte de vitesse et d'une grande couronne reliées aux demi-arbres de roues par le différentiel.

Il sert de renvoi d'angle pour transmettre le mouvement aux roues.

La denture est souvent hélicoïdale pour augmenter les points de contact et déminer le bruit.

VII.4- Le Différentiel (Figure.12 a, b, c)

Le rôle différentiel est de permettre à une roue motrices de tourner plus vite que l'autre roue du même essieu cela est indispensable dans les virages ou lorsque les deux roues n'ont pas le même diamètre, par défaut de gonflage notamment.

VII.5- Les Roues

Une roue peut jouer un rôle moteur et/ou directeur ou bien simplement porteur :

- **Roue motrice** : entraînée en rotation par le couple moteur, elle assure la propulsion du tracteur.
- **Roue directrice** : directement soumise à l'action du volant, elle pivote autour d'un axe Perpendiculaire au châssis, et assure ainsi le guidage du véhicule.
- **Roue porteuse** : sa fonction principale est de porter la charge lui étant appliquée.

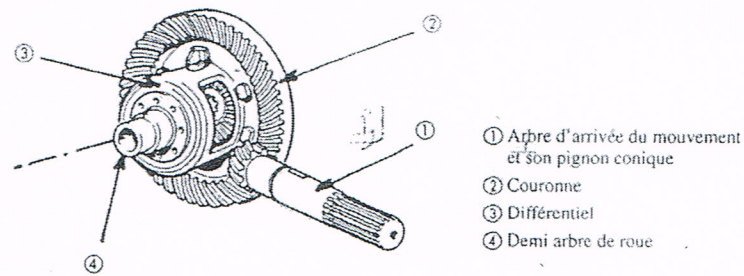
VII.6- La Réduction finale (Figure.13)

Constituée d'un réducteur par demi-arbre de roue situé le plus proche possible de la roue leur rôle est de réduire la vitesse de rotation élevée de l'arbre en amont pour obtenir la vitesse de rotation correcte des roues.

Les réducteurs finaux peuvent être de deux types :

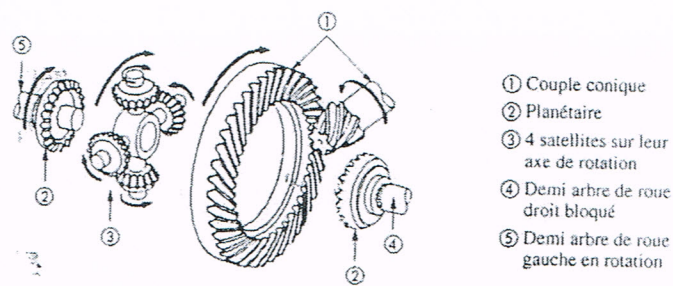
a- Réducteur à pignons droits (Figure.13 a) : Il se compose d'un pignon de petit diamètre qui entraîne un pignon de grand diamètre solidaire de l'arbre de roue.

b- Réducteur à train épicycloïdal (Figure.13 b) : Il est monté à l'intérieur de la trompette de roue, en général proche du différentiel.



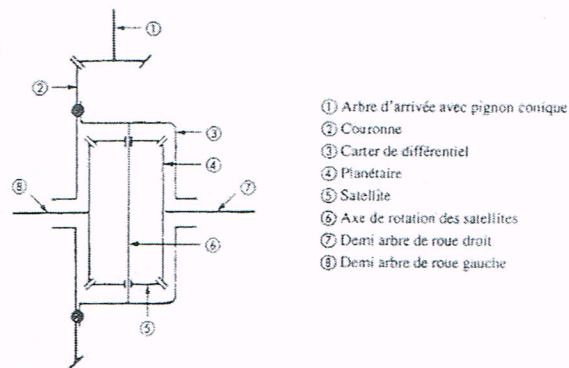
(a)

■ Vue extérieure d'un couple conique et d'un différentiel.



(b)

■ Rotation des pignons du différentiel en cas de patinage d'une roue.



Représentation schématique d'un différentiel.

(c) Schéma cinématique d'un différentiel

Figure.12. Schéma et principe d'un couple conique et du différentiel.

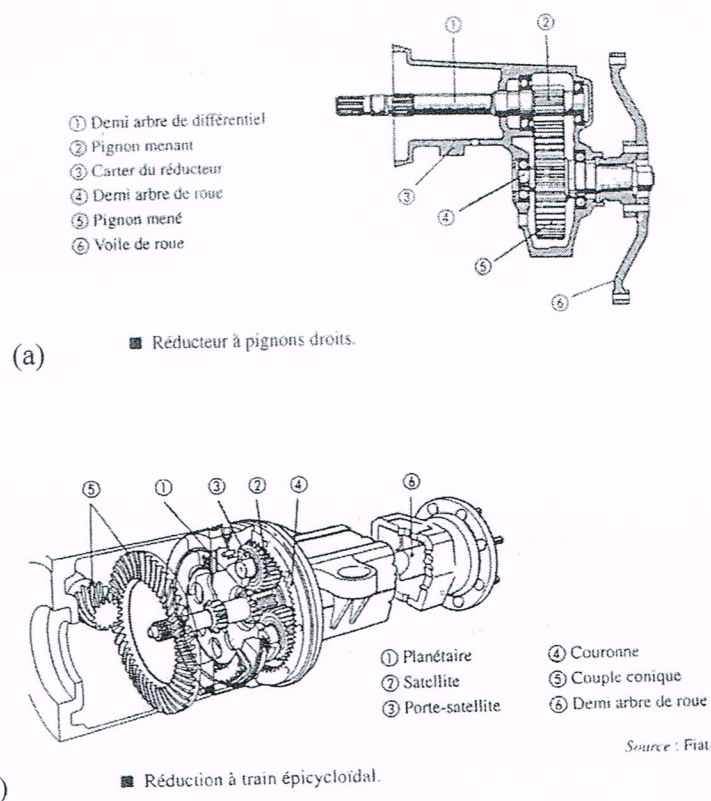


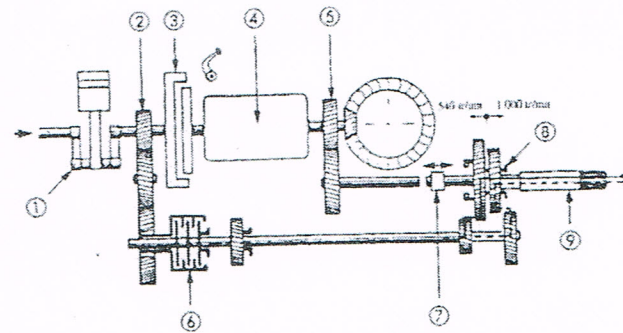
Figure.13. Schémas de réducteurs finaux

VII. 6-La Prise de force (Prise de puissance) (Figure.14)

L'animation des pièces rotatives et des vérins de certains types de matériels agricoles est réalisé grâce à la prise de force généralement située à l'arrière. Les tracteurs disposant d'un système dit de prise de force (Figure.14), pour le raccordement de transmission à cardans les prise de forces dits indépendants sont souvent entraînés depuis le vilebrequin par un arbre qui traverse la boîte de vitesse au centre. Un embrayage à disque permet la mise en marche ou l'arrêt de la machine se fait le plus fréquemment indépendamment de l'avancement du tracteur. Plusieurs combinaisons de pignons permettent d'obtenir plusieurs vitesses de rotation.

VII. 7- Le Relevage hydraulique (Figure.15)

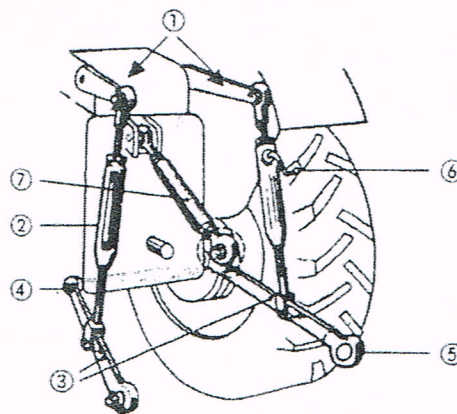
Le relevage hydraulique sur les tracteurs est de type 3 points. Il se compose de deux bras relevage et d'une barre de poussé supérieur (souvent appelé troisième point) les bras sont équipé à leur extrémités de rotules pour l'attelage des outils. La plus part de relevage sont actionnés par un vérin simple effet qui travaille en poussé pour remonter l'outil.



- ① Vilebrequin
- ② Pignon d'entraînement pour la prise de force indépendante
- ③ Embrayage d'avancement
- ④ Boîte de vitesse
- ⑤ Pignon d'entraînement pour prise de force proportionnelle à l'avancement
- ⑥ Embrayage multidisque pour prise de force indépendante
- ⑦ Manchon baladeur pour l'embrayage de la prise de force proportionnelle à l'avancement (l'accouplement ne peut être réalisé que si ⑥ est débrayé)
- ⑧ Pignons baladeurs pour choix de la vitesse 540 ou 1 000 tr/mn pour la prise de force indépendante
- ⑨ Embout de prise de force

■ Principe d'entraînement d'une prise de force.

Figure.14. Principe d'entraînement d'une prise de puissance



- ① Bras supérieurs actionnés par le vérin (ici non représenté)
- ② Chandelle de relevage
- ③ Bras inférieurs
- ④ Axe de pivotement
- ⑤ Rotule pour fixation de l'outil porté
- ⑥ Réglage mécanique de la longueur de la chandelle
- ⑦ Barre de poussée supérieure ou troisième point

■ Vue arrière d'un relevage 3 points de tracteur.

Figure.15 Vue arrière d'un relevage 3 points

Bibliographie

- 1- Lerat Philippe.2003. Les machines agricoles (Conduite et Entretien). Editions TEC & DOC 3^{ème} Edition ; 368 Pages.
- 2- Desbois et Marié.1994. Technique de la réparation automobile, Tome 2 « Les organes de transmission » ; Editions Foucher ; 289 Pages.
- 3- Agro Paris Tech. Les Outils agricoles. Cours en ligne.
<https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/courses/SIAFEEAGRONOMIE9cea/document/machinisme/pdf/outils.pdf>.
- 4- Anonyme .2010. Choisir ses outils de travail du sol. Document collectif. Institut du végétale. Editions Lavoisier 180 Pages ISBN. 2.86492.865.2 ;
[www.arvalisinstitutdu vegetal.fr](http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr)