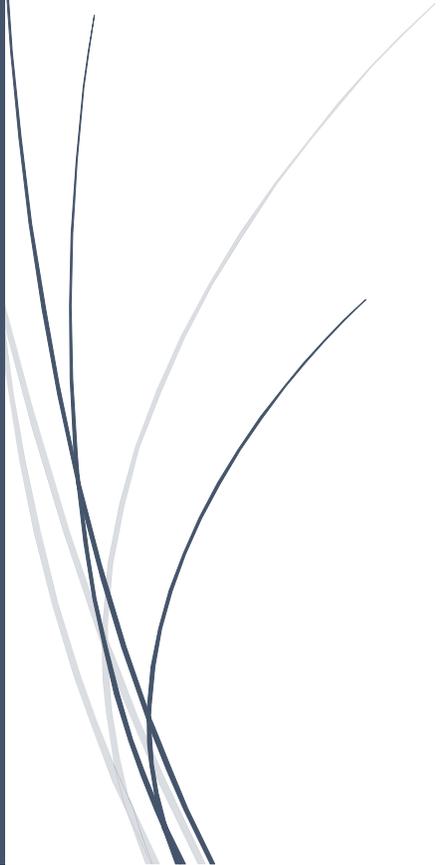


JUIN 2024

IUSAE

MACHINISME AGRICOLE

L2 AGRO/ENV



PROGRAMME COURS MACHINISME AGRICOLE

1

A. Moteurs à combustion interne

- I. Description
- II. Principes de fonctionnement
- III. L'injection
- IV. La lubrification
- V. Le refroidissement

B. Matériels agricoles

- I. Généralités sur les tracteurs
- II. Les organes mécaniques
- III. Les liaisons tracteur-outils
- IV. Les types de tracteurs

C. Outils de culture

- I. Outils de travail du sol
- II. Matériels de semis, plantation et repiquage
- III. Matériels de fertilisation, traitement, entretien
- IV. Matériels d'irrigation

OBJECTIFS DU MODULE

Objectif global : Disposer d'un matériel adéquat pour effectuer un travail spécifique

Objectifs spécifiques :

- Initier les futurs ingénieurs à la connaissance et à l'utilisation des machines et outils agricoles
- Choisir judicieusement les machines adaptées à un itinéraire technique
- Faire une utilisation optimale des attelages agricoles
- Posséder de connaissances suffisantes pour procéder à l'entretien des machines et outils agricoles

2

INTRODUCTION

Le machinisme agricole est considéré comme un ensemble de doctrines qui vise à développer une utilisation optimale des machines ou d'équipements agricoles. Il sert de relais à la main-d'œuvre humaine. Son objectif est d'augmenter la productivité de l'homme dans la réalisation des différentes tâches agricoles. L'évolution du machinisme agricole a été marquée par l'invention de la machine à vapeur et la disponibilité du charbon puis du moteur à combustion interne.

Le module machinisme agricole prend en compte les matériels utilisés pour le travail du sol, l'entretien des cultures, les récoltes et même le traitement des produits agricoles avant leur consommation ou leur utilisation industrielle. Il s'applique d'abord aux petits outils à main, ensuite à ceux plus importants tractés par les animaux et enfin à tous les équipements déplacés par des machines motrices.

Les **outils à main** sont les premiers à être utilisés par les cultivateurs. Ils représentent l'extension de la force musculaire. A l'aide de ses bras ou de ses jambes, l'ouvrier les tient et les manipule pour accomplir ses travaux (faucille, houe, ...)

Les machines **agricoles à traction animale** sont parmi les plus répandues dans notre milieu. La traction est exercée par l'animal unique ou par paire d'animaux et parfois plus (bœuf, âne, cheval, ...). Le guidage et le maintien de la machine sont effectués par l'homme (charrue araire, bineuse, ...). Cependant certaines machines n'ont pas besoin d'être guidées. Elles sont supportées par des roues et roulent sur le sol, tractées par l'attelage (charrette, pulvériseur à disques...).

Un troisième groupe d'outils agricoles utilisent l'énergie d'un moteur thermique ou électrique. Il s'agit des **machines de "motorisation"** C'est la catégorie de machines qui regroupe le plus grand nombre d'instruments agricoles; les autres outils ayant tendance à être remplacés par ceux-ci.

En définitive, l'homme a d'abord creusé et travaillé le sol avec ses mains nues. Par la suite il a conçu des outils lui permettant de fouiller le sol sans que ses mains soient en contact avec la terre. Il a fait tirer et actionner

les outils par des animaux domestiqués. Enfin pour travailler de grandes superficies rapidement, il a remplacé les animaux par des machines équipées de moteurs de plus en plus puissants.

A. MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

Un moteur à combustion interne est une machine thermique où l'énergie thermique dégagée par la combustion est transformée en énergie mécanique directement à l'intérieur du moteur. Ils utilisent l'essence, le gas-oil ou encore le gaz comme carburant. Une motorisation diesel consomme environ 15 % de moins qu'une motorisation essence. Un moteur diesel tourne moins rapidement et s'use moins vite qu'un moteur essence. Ainsi dans l'industrie agricole où les grosses machines sont de plus en plus sollicitées, le gasoil devient plus rentable que l'essence à moyen ou long terme et présente également l'avantage d'une meilleure autonomie. C'est pourquoi la grande majorité des engins agricoles est dotée de moteur Diesel.

3

I. Description

L'approche des moteurs Diesel est considérée sous deux principaux angles. Il s'agit de la **conception fondamentale du fonctionnement** : cycle à 4 temps ou cycle à 2 temps et **la nature du système de refroidissement** : refroidissement à eau ou refroidissement par air.

Les moteurs à 2 temps sont principalement utilisés pour les engins de petite puissance. Le cycle se fait sur un allé/retour du piston. Ils ont les avantages de la simplicité, d'un poids et d'un encombrement réduit ainsi que de fonctionner dans toutes les orientations sans nécessiter de lubrification par carter sec. Ils ne font donc pas partie de notre étude approfondie.

Le moteur Diesel comprend les cylindres qui contiennent le piston, lui-même relié à l'arbre moteur, le vilebrequin, par une bielle. La partie supérieure du cylindre est fermée par la culasse. Dans son déplacement alternatif, le piston entraîne la rotation du vilebrequin. Quelle que soit la position du cylindre, horizontale, verticale ou inclinée, on a coutume de nommer le point de déplacement maximum, opposé au vilebrequin le PMH (point mort haut) et le point de déplacement le plus proche du vilebrequin le PMB (point mort bas). Le diamètre du cylindre s'appelle l'alésage, il se mesure en millimètres tout comme la course du piston qui correspond au demi-tour de vilebrequin. Le volume compris entre le PMH et le PMB représente la cylindrée unitaire. Lorsque le piston est au PMH, l'espace compris entre sa face supérieure et la culasse s'appelle la chambre de combustion.

troisième demi-tour de vilebrequin vient alors de s'effectuer. Il s'agit de l'unique temps actif du cycle.

d. 4^e temps : échappement

La soupape d'échappement s'ouvre permettant aux gaz brûlés de s'échapper du cylindre. La pression interne est ramenée à la valeur de la pression atmosphérique. Les gaz sont chassés par la remontée du piston entraîné dans un dernier demi-tour du vilebrequin.

La succession des temps reprend dans un nouveau cycle. Le vilebrequin fait donc deux tours complets dans le cycle à quatre temps. Des quatre courses de piston correspondant à chaque temps, il n'y a qu'un seul temps de "travail".

5

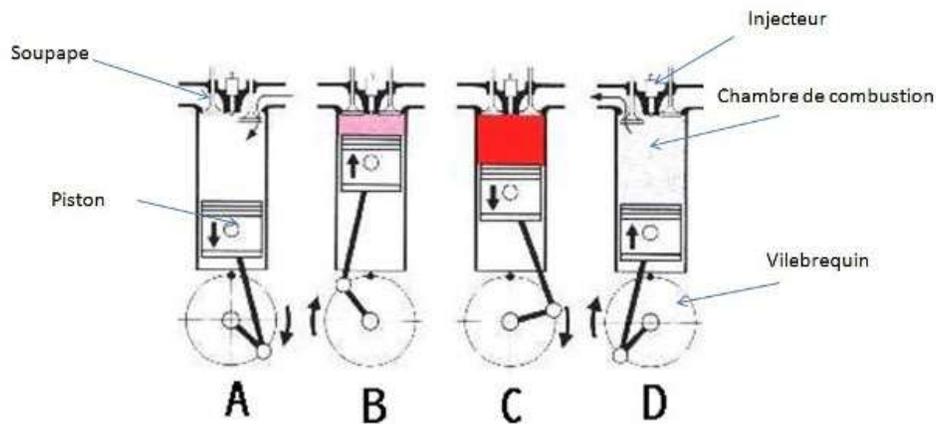


Schéma du principe de fonctionnement.

III. L'injection

L'injection fait partie du circuit d'alimentation du moteur. C'est un dispositif qui permet d'acheminer le carburant dans la chambre de combustion. Il permet d'améliorer nettement le rendement moteur. C'est pour cela qu'il est préféré au carburateur. A l'origine l'injection fut exclusivement mécanique puis améliorée en adoptant le système commun rail (rampe commune) ou l'injecteur pompe géré par ordinateur électronique. Notons qu'il existe deux types d'injection : une injection directe réalisée directement dans la chambre de combustion et une injection indirecte qui se déroule bien avant la chambre de combustion. Dans le processus d'injection deux éléments essentiels sont concernés.

a. La pompe d'injection

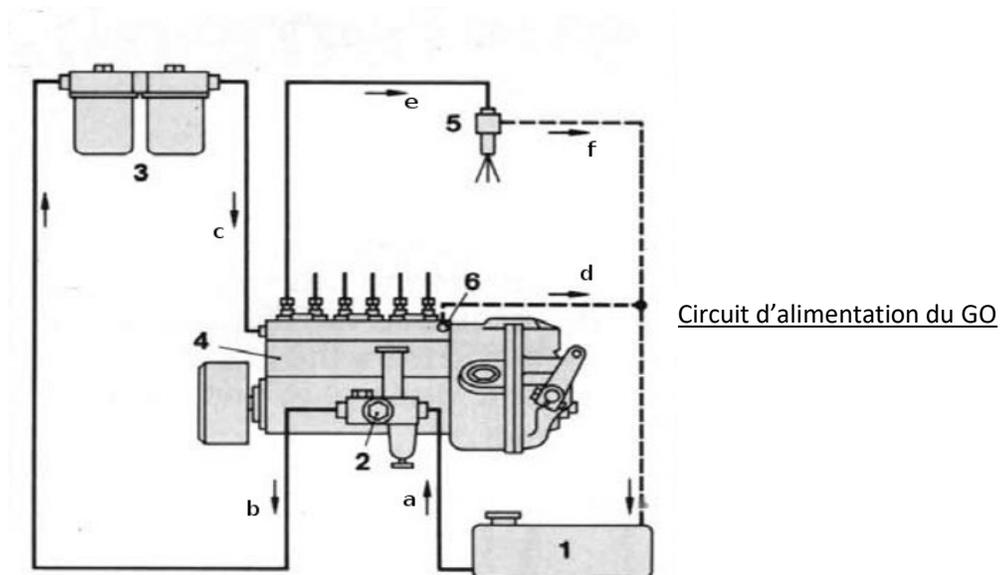
Pour le moteur Diesel la pompe injection est ce qu'est le carburateur pour les moteurs à essence. Elle permet la mise en pression, le dosage, l'équité et la distribution du gasoil dans le circuit. Les pompes en ligne

possèdent des soupapes alignées dont les ouvertures sont synchronisées suivant le fonctionnement du moteur. La pompe rotative est composée d'un seul élément de pompage qui refoule le combustible dans une tête hydraulique. Celle-ci est pourvue d'autant de sorties que de cylindres à alimenter.

b. Les injecteurs

L'injecteur permet l'apport du carburant dans la chambre de combustion. Le carburant est injecté sous forme de vapeur c'est-à-dire un nuage de minuscules gouttelettes afin d'optimiser la combustion. L'injecteur regroupe trois fonctions.

- Filtrage : il est assuré par de petit tamis cylindriques (30 à 40 μm) afin de retenir les particules solides qui auraient pu migrer jusque-là. L'objectif étant d'éviter l'introduction d'éléments abrasifs qui pourraient rayer les cylindres et donc dégrader la compression.
- Commande : le passage du carburant est assuré par une électrovanne ou une aiguille dont l'ouverture et la fermeture laissent passer le gasoil.
- Diffusion : le carburant se diffuse par les orifices situés à l'extrémité du corps de l'injecteur. Pour des conditions de densité et de quantité d'air données, l'injecteur doit pulvériser le carburant afin qu'il se mélange de manière adéquate et en phase quasi gazeuse avec l'air admis



IV. La lubrification

Le moteur thermique est constitué des pièces mobiles internes dont la lubrification s'avère indispensable. La lubrification change le coefficient de frottement entre deux éléments en contact afin de faciliter le glissement ou le roulement entre elles. Des surfaces métalliques en contact et en

mouvement provoquent une importante élévation de température qu'elle conduirait à la fusion des métaux. La lubrification isole les pièces mobiles les unes des autres en intercalant entre elles un film d'huile ou de graisse et ainsi éviter ou de minimiser l'usure et les échauffements.

L'intérieur du moteur étant dans de conditions sévères les lubrifiants sont soumis à des pressions et des températures très élevées. Les qualités requises par un bon lubrifiant sont la résistance à la température et à la pression, la protection des pièces contre l'oxydation, le refroidissement, la résistance à l'action de l'eau, la protection des pièces contre certaines substances chimiques résultant du fonctionnement des moteurs. La majorité des lubrifiants utilisés en mécanique est d'origine minérale (pétrochimie) même s'il existe des lubrifiants synthétiques ou semi-synthétiques. Pour l'ensemble de ces lubrifiants (huile ou graisse), la propriété physique fondamentale est la viscosité.

Le contrôle du niveau d'huile est l'une des actions les plus importantes avant la mise en route d'une machine. Une jauge logée dans le carter permet de se situer le niveau de l'huile et aide à réagir en conséquence. En cas de baisse du niveau un appoint est indispensable pour faire fonctionner le moteur dans des conditions optimales.

V. Le refroidissement

La température générée dans la chambre de combustion d'un moteur à combustion interne atteint des valeurs extrêmement élevées (environ 2 000 °C) qui conduiraient à faire fondre le moteur lui-même si un dispositif de refroidissement n'était pas prévu. Ce refroidissement peut être de deux types : par air ou par eau.

a. Le refroidissement par air

Pour le premier cas, la chaleur de la combustion est dissipée par des ailettes venues de fonderie avec les cylindres et les culasses du moteur. La circulation de l'air autour de ces ailettes est souvent forcée par un ventilateur pour que le moteur ne surchauffe pas lorsque la machine travaille doucement et que le vent relatif est nul. Ce type de refroidissement a surtout été utilisé pour les engins de petite cylindrée et les motos. Il est d'une extrême simplicité et présente de ce fait de nombreux avantages : fiabilité totale, pas de risque de gel, prix de revient modique. Par contre il est nécessaire d'avoir un certain vent relatif pour que le système soit efficace et que le moteur ne chauffe pas anormalement.

b. Le refroidissement par eau

Des passages d'eau sont ménagés entre les chemises et les parois du moteur ainsi que dans la culasse pour constituer le circuit de refroidissement. L'eau, à laquelle sont ajoutés différents additifs dont en priorité l'antigel,

circule du moteur vers un radiateur à l'aide de la pompe entraînée par le moteur au moyen d'une courroie. Le radiateur est fait d'une multitude de petits tubes ailetés où l'échange calorifique s'effectue entre l'air et l'eau. Les différents organes du système sont reliés entre eux par des canalisations en caoutchouc. Un thermostat est chargé de maintenir une température constante dans le circuit de refroidissement.

Le refroidissement par eau est le plus employé en automobile car il permet une température de travail plus constante pour le moteur, améliorant ainsi son rendement. Le seul inconvénient de ce type de refroidissement par rapport à celui par air réside dans sa plus grande complexité et donc dans sa moins bonne fiabilité. En effet certains de ses composants comme les tuyauteries en caoutchouc ou les courroies sont périssables.

La vérification du niveau d'eau dans le radiateur fait partie des contrôles quotidiens à effectuer avant le démarrage du moteur.

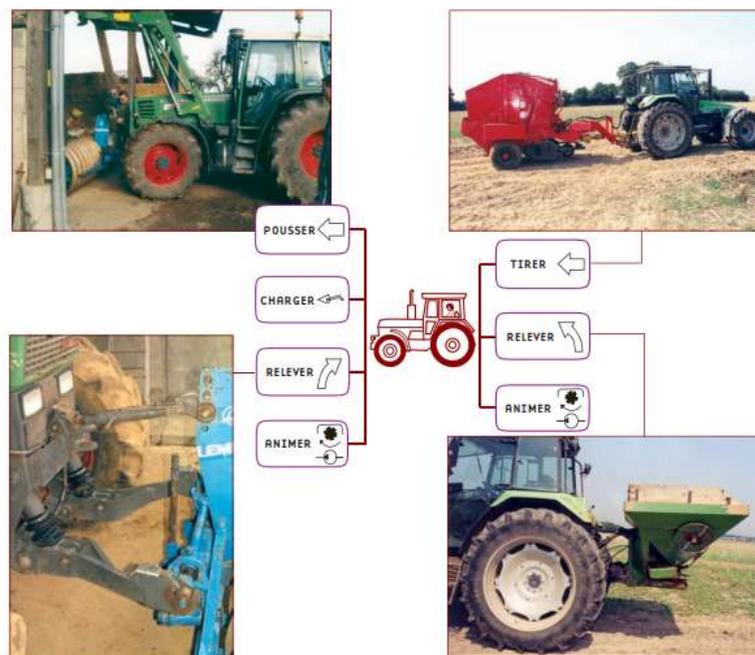
B. MATERIELS AGRICOLES

I. Généralités sur les tracteurs

Un tracteur agricole est un véhicule automoteur, équipé de roues ou de chenilles et qui remplit trois fonctions dans les travaux agricoles, ruraux ou forestiers :

- Tracter, soit des machines agricoles grâce à des barres d'attelage ou le plus souvent un attelage trois-points, soit des remorques destinées au transport ;
- Supporter les accessoires ou les machines installés, soit à l'avant, soit le plus souvent, à l'arrière grâce à des bras de relevage ;
- Animer les machines agricoles comportant des pièces rotatives ou des vérins, grâce à une prise de force généralement située à l'arrière, ou à un système hydraulique ou pneumatique.

Les tracteurs conventionnels ont la faculté de **porter, tirer, pousser** ou **entraîner** divers outils. Cette grande polyvalence est déterminante dans leur exploitation. Le choix de la puissance est déterminé par la taille de l'exploitation et la nature des travaux à effectuer. Des exploitations de taille élevée requièrent de machines plus puissantes et les travaux effectués sont de plus en plus complexes.



Fonctions d'un tracteur

Quel que soit le modèle, le tracteur est une centrale mobile d'énergie qui peut se décomposer comme suit :

- La source d'énergie : un moteur à combustion interne de type gas-oil ;
- La traction et la mise en mouvement des outils : le système de transmission de puissance ;
- L'attelage et le maintien des outils : le système hydraulique

II. Principaux organes

1. La roue

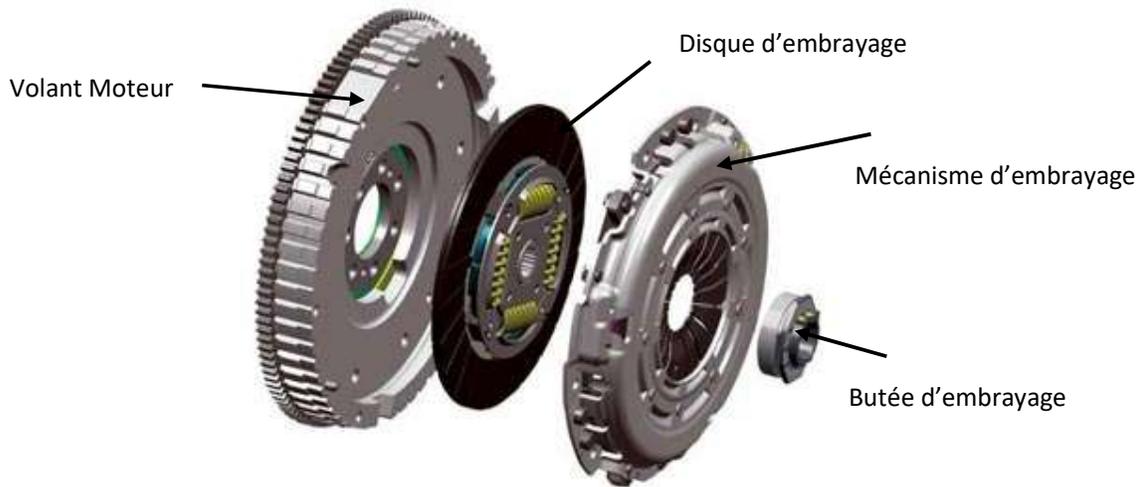
Le tracteur agricole dans sa forme la plus classique possède quatre roues, les roues arrières étant motrices et généralement de plus grand diamètre que les roues avant. Les **roues motrices** assurent la propulsion du tracteur. Les **roues avant sont directrices** sont soumises à l'action du volant et assurant ainsi le guidage de la machine. On peut rencontrer des cas particuliers être rencontrés (jumelage des roues, chenilles) afin d'améliorer l'adhérence et limiter les pertes énergétiques par glissement ou patinage. Le recours aux pneumatiques basse pression permet également de limiter l'effet tassement du sol.

2. Les transmissions

L'ensemble des organes qui relie le moteur aux roues motrices et aux mécanismes auxiliaires est dénommé par le terme général de **transmission**. La transmission est reliée ou séparée du moteur par l'embrayage. Les roues motrices doivent pouvoir être commandées à différents régimes de manière à varier au maximum la vitesse d'avancement du tracteur. Cette modification de la vitesse des roues est réalisée par la **boîte de vitesses** et le **différentiel de pont arrière**.

a. L'embrayage : description et fonctionnement

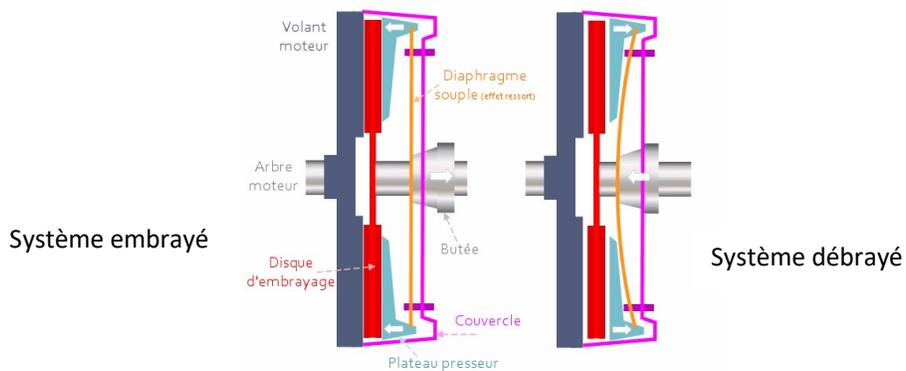
Il est situé entre le moteur et les transmissions et sert d'organe de liaison entre ces 2 ensembles et est manœuvré par le conducteur à travers la pédale. Lorsque la pédale est libre, l'embrayage est dit "**embrayé**" ou "**en prise**". Un engin ne peut démarrer "**à vide**" que s'il est non relié à la transmission. De même pour pouvoir effectuer le changement de vitesse, il est impératif de rendre la boîte de vitesses "libre". Ces opérations ont pour objectif de dissocier la transmission du moteur.



Système d'embrayage

Dans le système d'embrayage il y'a le volant moteur dont la surface sert d'appui au disque d'embrayage. Le mécanisme d'embrayage pousse le disque sur le volant moteur à travers un plateau de pression et un diaphragme. La pression effectuée par la butée au centre du diaphragme libère le disque d'embrayage.

En position repos, le diaphragme pousse le plateau de pression contre le disque d'embrayage. Le disque coulisse axialement sur le primaire de la boîte de vitesse et est poussé par le plateau de pression contre la surface de friction du volant moteur. Celui-ci étant solidaire du mécanisme, le disque est entraîné aussi bien par le volant que par le plateau de pression. Le système est dit "**embrayé**". Lorsque le conducteur actionne la pédale, la butée est mise en appui sur le diaphragme par l'intermédiaire de la fourchette et d'une liaison mécanique ou hydraulique. Le diaphragme, en se déformant, desserre la contrainte exercée par le plateau de pression sur le disque. Une fois libérée, ce dernier ne transmet plus le mouvement du moteur au reste de la transmission. Le système est "**débrayé**".



b. La boîte de vitesse

Le rôle de la boîte de vitesses est d'obtenir la puissance désirée pour la traction de la machine. En d'autres termes, il s'agit de multiplier le "couple" moteur pour obtenir l'effort nécessaire. La variation du couple est inversement proportionnelle à la diminution de la vitesse de la transmission. La boîte de vitesses de base est mécanique et à trois ou quatre rapports et une marche arrière.

A l'intérieur d'une boîte se trouve un arbre primaire commandé par le moteur et l'embrayage sur lequel sont fixés trois ou quatre pignons de dimensions décroissantes. Parallèlement à cet arbre, se trouve l'arbre intermédiaire (arbre secondaire ou arbre de sortie) sur lequel peuvent coulisser des pignons de dimensions inverses par rapport aux pignons de l'arbre primaire. La manœuvre exécutée par le conducteur consiste à engrener un pignon de l'arbre primaire avec celui de l'arbre secondaire. Aucun mouvement n'est transmis si aucune paire de pignons n'est engrenée : c'est la position "roue libre" ou "point mort".

Signalons que les machines agricoles sont de plus en plus pourvues de boîtes automatiques Powershift à double embrayage.

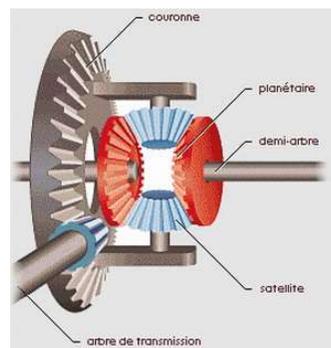


Boîte de vitesse manuelle

c. Le différentiel normal

Sur les tracteurs le mouvement longitudinal de l'arbre de sortie de boîte est transformé en mouvement transversal pour être transmis aux roues motrices. La transformation d'orientation du mouvement est assurée par le "couple conique" logé dans le carter de pont arrière. Le couple conique sert également de réducteur de vitesse.

Le différentiel transmet le mouvement d'une couronne aux arbres de roues. En ligne droite les roues gauches et droites tournent à la même vitesse. Lors des virages les roues internes décrivent un cercle de diamètre plus petit que celui des roues externes. Et comme les roues décrivent les deux circonférences pendant la même durée, les roues internes doivent donc tourner plus vite que les roues extérieures au virage.



Différentiel normal

d. Les demi-arbres de roues

Ils transmettent le mouvement du pont arrière aux roues. Sur certains modèles, le mouvement est transmis à un réducteur disposé soit à la sortie du pont soit au niveau des moyeux de roues. Les freins sont habituellement montés sur ces demi-arbres. Les arbres doivent être à la fois souples et résistants. On distingue les montages avec arbre porteur (moyeu de roue directement monté), **arbre semi-porteur** (montage à l'extrémité de la trompette ; réactions latérales) et **arbre non porteur (moyeu supporté par la trompette, aucune réaction)**.

Le montage le plus fréquent sur tracteur est celui de l'arbre porteur. Les demi-arbres traversent des carters en fonte malléable ou grise appelés "trompette". Ces carters servent de support à divers accessoires et commandes (ailes, marche-pied, commande de frein).

III. Les liaisons tracteur-outils

Les liaisons tracteur-outils consistent en une combinaison d'une multitude de sous-ensembles de nature multi-physiques : mécanique, hydraulique, électrique, électronique et pneumatique.

1. Mode d'attelage

Les modes d'attelage des outils agricoles au tracteur sont au nombre de trois, auxquels sont associés trois familles d'outils. Les **outils portés** ont la possibilité d'être soulevés totalement du sol, le poids total de l'outil étant reporté sur le tracteur. Les **semi-portés** ne peuvent pas être soulevés du sol et ne tiennent pas en équilibre tous seuls. Une partie de leur poids repose au sol, l'autre est reporté au tracteur. Les **outils traînés** sont ceux désolidarisés du tracteur pouvant tenir seuls en équilibre.

Suivant le mode d'attelage, les utilisations et les besoins de l'outil, on distingue différents dispositifs d'attelage. Chacun de ces derniers a des caractéristiques techniques et un comportement qui lui sont propres.

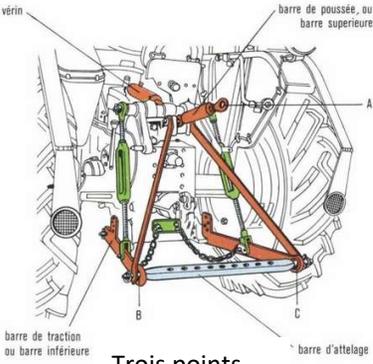


Outil porté, semi-porté et traîné

Pratiquement, les tracteurs agricoles actuels sont munis de deux dispositifs d'attelage :

- Un dispositif appelé chape ou crochet, utilisé surtout avec des outils traînés et généralement réglable en hauteur. Il constitue un attelage articulé avec un point de pivot entre le tracteur et l'outil.
- Un ensemble appelé attelage trois points destiné principalement aux outils portés.

Parmi les différentes liaisons d'accrochage mécanique, nous citons les plus rencontrés: la chape, le piton, la barre d'attelage, le crochet ramasseur et l'attelage 3 points.

Liaison d'attelage	Mode d'attelage		
	Porté	Semi-porté	Trainé
 Piton  Boule		Attelage bas Pas de réglages en hauteur Charge verticale A-coups importants provoquant l'usure du piton	
 Chape		Attelage haut Réglages en hauteur Charges verticale Report de charges faibles	
 Barre d'attelage		Réglages en profondeur Attelage bas Barre oscillante pour déporter le point d'attelage	
 Trois points	Attelage rigide et compact des machines portées Positionnement de la machine en hauteur Maintien des bras inférieurs Réglage d'aplomb Bras inférieurs peuvent être utilisés pour l'attelage des outils semi portés		

2. Transmission de puissance

L'énergie transmise du tracteur à la machine est de nature : mécanique, hydraulique, pneumatique, électrique et électronique.

- Transmission mécanique : cette fonction est remplie par l'arbre de transmission à cardan, qui est animé du côté tracteur par la prise de force. Un important effort de rotation est assuré depuis le moteur du porte-outil vers l'outil. On y distingue deux vitesses de rotation normalisée 540 tr/min (outils nécessitant peu de vitesse) et 1000 tr/min (outils acceptant ou nécessitant plus de puissance).

- Transmission hydraulique et pneumatique : les machines peuvent recevoir du tracteur l'énergie hydraulique (environ 200 bars) servant à alimenter des moteurs et des vérins hydrauliques. Les flexibles provenant de la machine sont branchés sur des raccords rapides. Il y'a des raccords à visser et à pousser-tirer. La puissance pneumatique est de moins en moins utilisée dans le cadre des liaisons tracteur-outils parce qu'elle nécessite une mise en place particulière, là où l'hydraulique s'impose facilement puisqu'il est présent sur le tracteur.

- Transmission électrique et électronique : sous forme de câble(s), pour le raccordement des feux ou pour l'alimentation de petits moteurs électriques. L'électronique de plus en plus utilisée (contrôle de position, aide à la conduite, mesure et contrôle des quantités de produits...) nécessite aussi une alimentation électrique.

IV. Les types de tracteurs

a. Le tracteur conventionnel

Est considéré comme tracteur conventionnel toute machine agricole disposant des caractéristiques générales qui incombent à un tracteur (fonctions, polyvalence, puissance, constitution, ...)

b. Le tracteur porte-outil

Ce type de tracteur est produit de moins en moins de nos jours. Sa particularité réside dans **l'emplacement du bloc moteur** qui forme un ensemble bien compact avec les transmissions et le système hydraulique. Il s'insère **sous la cabine de conduite** contrairement au tracteur actuel. On y bénéficie d'une visibilité accrue, d'une bonne maniabilité et très grande polyvalence. Par contre dans les lourds travaux de traction il y perd en performance.

c. Le tracteur à chenilles

Doté de chenilles caoutchoutées en guise d'organes de propulsion, ce tracteur a été conçu pour **diminuer le tassement du sol** et **parcourir les terrains vallonnés**. Les chenilles augmentent la surface de contact avec le sol et génèrent une meilleure répartition du poids du tracteur. Il présente donc une très bonne adhérence ; ce qui limite les problèmes de glissement sur les terrains de faible portance. La chenille comprend :

- Tuiles : ce sont des pièces métalliques munies de barrettes et articulées entre elles pour former la bande de roulement. Les chenilles pour usages agricoles sont généralement disponibles en 3 largeurs (699, 762 ou 914 mm).
- Barbotin-moteur : il est relié aux tuiles par l'intermédiaire d'une chaîne. Cette roue à dents ou pignons est responsable de l'entraînement de la chenille.
- Roue de tension : elle positionnée à l'opposé du barbotin-moteur. Cette roue tourne librement et maintient la tension de la chenille.
- Roues centrales : développées sur les machines récentes, ces roues semi-suspendues indépendantes permettent aux chenilles d'épouser parfaitement la géométrie du terrain et de limiter l'impact des dénivellations.

16



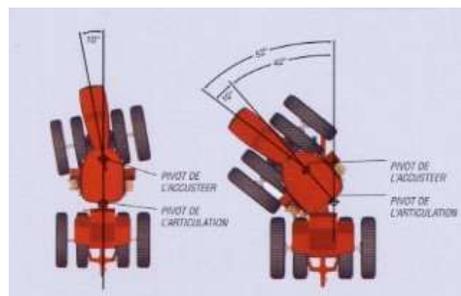
Chenilles d'un tracteur

d. Le tracteur articulé

Le tracteur articulé possède un châssis constitué de deux éléments mobiles autour d'une articulation centrale. La direction de l'engin est assurée non par les roues mais par l'angle de rotation des 2 parties mobiles articulées. Ce système offre une bonne manœuvrabilité: grâce au court rayon de braquage, le conducteur peut exploiter au mieux la superficie du champ en effectuant des virages très près des bordures.

Ces tracteurs ultra-puissants (de 300 à 500Ch) sont destinés à de lourdes charges pour maintenir l'outil à la juste profondeur de travail. Ce genre de tracteurs articulés n'est fabriqué que par très peu de tractoristes.

Tracteur articulé



e. Le tracteur étroit

Ce sont de tracteurs de petite puissance conçus pour travailler dans les cultures à inter rang étroit. Selon le type de cultures concernées, on parlera de "tracteur fruitier", "vigneron" ou encore de "tracteur arboricole". Compte tenu de l'espace réduit dans lequel le tracteur est amené à évoluer, la maniabilité est accrue pour permettre un braquage très court.

f. Le tracteur enjambeur

Les tracteurs enjambeurs sont utilisés des cultures qui exigent une garde au sol (distance entre le point le plus bas du châssis et le sol). En enjambant un ou deux rangs de cultures, il réalise des traitements en concentrant la pulvérisation sur le feuillage, le rognage, le binage... Ces cultures spécialisées ne nécessitent pas l'intervention de tracteurs de grande puissance.

C. OUTILS DE CULTURE

I. OUTILS DE TRAVAIL DU SOL

Les outils de travail du sol sont très variés. Ils se différencient les uns des autres par:

- la nature des pièces travaillantes (outils à disques, outils à dents,...)
- l'animation ou non des pièces travaillantes par la prise de force du tracteur (outils animés, outils auto-animés, outils non-animés)
- le type de travail réalisé (outils de travail profond, outils de travail superficiel)

18

Les opérations de travail du sol sont réparties en fonction du calendrier cultural et de leurs objectifs en un certain nombre de phases. Dans notre cas de figure il s'agit du labour principal ou premier labour de saison qui détermine la profondeur de la couche cultivable et vise à préparer le sol pour la culture à venir.

Par ailleurs, les noms utilisés pour désigner un même outil peuvent être nombreux : ils rappellent selon le cas l'effet obtenu (scarificateur, extirpateur), la marque ou le constructeur.

a. La sous-soleuse

Une sous-soleuse est un instrument de sous-solage et d'essouchement. Elle est constituée d'un assemblage de dents très robustes porté à l'avant ou à l'arrière d'un tracteur puissant. Elle soulève les sols compacts à grande profondeur sans remonter les mauvaises terres afin de redonner de la perméabilité au sol. Son utilisation améliore ainsi la croissance en profondeur des racines et favorise le drainage de l'eau en excès. À utiliser absolument en saison sèche pour éviter le lissage.



Sous-soleuse

b. Le décompacteur

Le décompacteur réalise un travail du sol profond sans retournement grâce à des dents très robustes fixées sur un bâti semi-porté ou trainé. On réalise ce type de travail lorsqu'il y a nécessité de fragmenter un sol compacté (en général par une récolte en conditions humides) sur une profondeur qui est de l'ordre de celle du labour.



Décompacteur

Le décompacteur rotatif est animé par la prise de force du tracteur. Il enfouit une quantité importante de matières organiques (résidus, amendements). La lenteur de la vitesse d'avancement en limite l'emploi en grandes cultures; il est surtout utilisé en culture pérenne pour préparer le sol en profondeur avant plantation ou en culture maraîchère.

c. La machine à bêcher

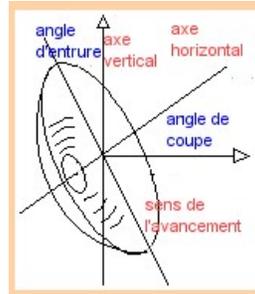
La machine à bêcher ou roto-bêche est un outil trainé l'utilité réside dans l'importance de la fragmentation et la qualité d'enfouissement des débris végétaux. La puissance nécessaire est entièrement transmise par la prise de force du tracteur ou la boîte de vitesse pour certains modèles. Très prisée en maraîchage, elle l'est moins en grandes cultures

d. La charrue à disques

La charrue à disques est utilisée dans les sols superficiels et caillouteux principalement pour le défrichage et dans les régions aux climats tropicaux, arides et semi-arides. Elle pénètre bien dans le sol, même sec, mais enfouit mal les débris végétaux. Il existe des charrues à disques portées ou semi-portées. Les réglages portent sur la profondeur de travail et au réglage de l'attelage trois points et sur les angles caractéristiques des disques. La position des disques est en effet définie par deux angles caractéristiques :

- **angle d'attaque** ou **angle de coupe**, entre le plan horizontal du disque et le sens d'avancement. Pour une charrue, il est souvent fixe et proche de 45° . La capacité de pénétration et l'effort de traction augmente avec cet angle

- **angle d'entrure**, compris entre le plan du tranchant du disque et le plan vertical. Il varie entre 20 et 25°. Plus grand est cet angle, meilleur est le retournement et le mélange de la terre et des débris végétaux ou du fumier.

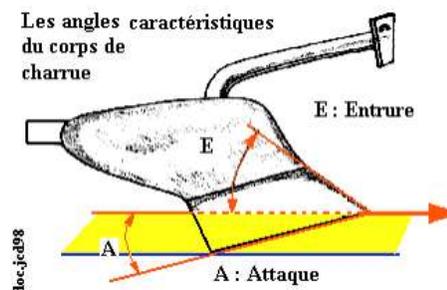


Angles caractéristiques de charrue à disques

e. La charrue à versoirs

Improprement appelée charrue à socs, c'est un instrument de préparation du sol qui permet de réaliser un labour c'est-à-dire découper et retourner une bande de terre. La bande de terre est découpée verticalement par le coutre et horizontalement par le soc. Les charrues sont classées selon le type de labour et selon le mode d'attelage. En fonction du labour on a :

- Les **charrues simples** servent à réaliser un labour qui tourne autour de la parcelle. Les bandes de terre sont rejetées alternativement d'un côté ou de l'autre de l'axe d'avancement. On parle de **labour en planches ou en billons**. La terre est versée vers l'extérieur (dérayure au centre de la planche) ou vers l'axe de la planche (ados au centre).
- Les **charrues réversibles** rejettent toujours les bandes de terre du même côté. Leur usage permet d'inverser le sens du déversement lors d'un aller et retour. On appelle cela un **labour à plat**.



Angles caractéristiques de charrue à versoirs

f. Les cultivateurs

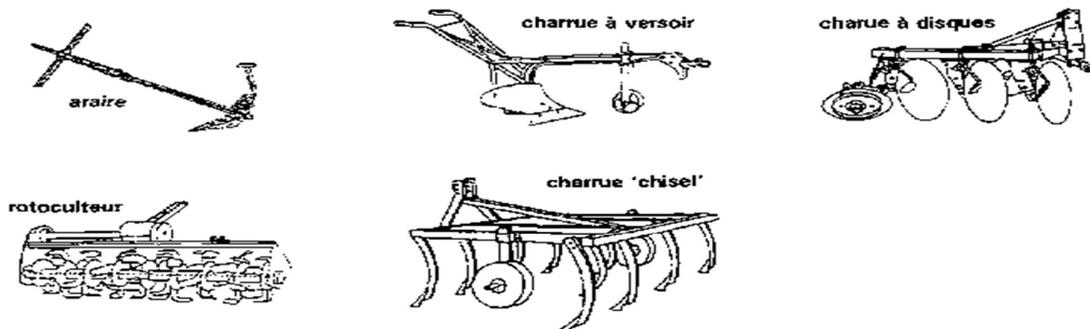
Les cultivateurs lourds ou chisels (4 à 5 dents au m) sont adaptés à des opérations de déchaumage et de reprise profonds parfois de décompactage. Tandis que les cultivateurs légers ou vibroculteurs (4 à 7 dents au m) sont appropriés en préparation de lit de semences. On y trouve aussi des **cultivateurs rotatifs** animés par la prise de force et particulièrement appréciés dans les travaux maraichers.

Les outils de travail secondaires agissent superficiellement sur la surface du sol. Ils servent à l'entretien du sol et des cultures.

- **Outils à disques:** Ils sont utilisés pour ameublir le sol et détruire les mauvaises herbes. Suivant leur usage, les outils à disques sont appelés **déchaumeuses à disques** ou **pulvérisateurs à disques**.

- **Bineuse** : destinée à un travail très superficiel d'entretien du sol. Son utilisation sert à détruire les adventices et aérer la terre en la retournant superficiellement. Elle sert également à préserver l'eau du sol.

- **Herse** : Les herse sont destinées aux opérations de préparation du lit de semences. Elles ameublissent superficiellement le sol, la nettoient en ramenant à la surface les mauvaises herbes et servent à l'enfouissement des semences. Il existe des herse classiques, rotatives et alternatives.



effet	instrument de travail du sol				
	araire	charrue à versoir	charrue à disques	charrue chisel	roto-culteur
pulvériser					
ameublir					
mélanger					
retourner					

 : important
 : moyen
 : faible

Utilisation des instruments de travail du sol

II. MATERIELS DE SEMIS, PLANTATION ET REPIQUAGE

a. Matériels de semis

Ils sont appelés en général des semoirs. On y trouve des **semoirs en ligne** (multi graines ou semoirs à céréales) effectuant le semis régulier en lignes équidistantes et à profondeur uniforme. L'acheminement des graines entre les organes de distribution et les socs d'enterrage peut se faire soit par gravité, soit par flux d'air dans des tuyaux d'alimentation flexibles.

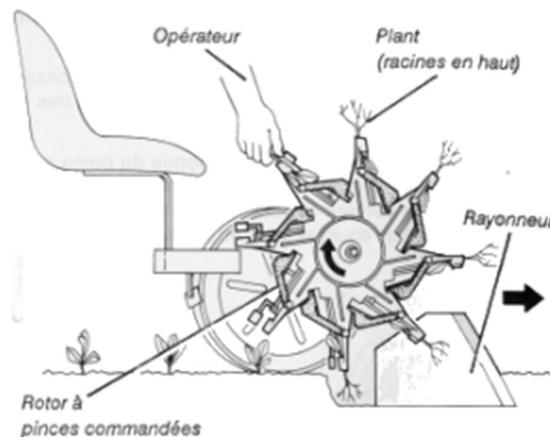
Les **semoirs mono graines** ou semoirs de précision permettent de disposer les graines une à une en ligne à un espacement régulier préalablement défini. Ils sont utilisés pour des cultures de précision avec d'inter-rang supérieur à 25 cm mais aussi dans les cultures maraîchères et florales. La distribution des graines est mécanique ou pneumatique. Les semoirs pneumatiques sont les plus répandus en raison de leur bonne adaptation à toute taille de graines.

22

b. Matériels de plantation et de repiquage

Les planteuses sont des outils permettant la mise en terre de plants de différents calibres, à distance et profondeur régulière, sans abîmer les germes. Ils sont constitués d'un ou plusieurs éléments de plantation sur un bâti semi-porté (jusqu'à 3 rangs) ou traîné (4 à 6 rangs).

Les repiqueuses de plants sont des machines d'assistance à la plantation servies manuellement et capables de placer correctement les plants dans le sol en respectant le plus possible les parties fragiles de la jeune plante (racines, tiges, feuilles).



Les pinces du rotor se referment sur le plant présenté par l'opérateur et le déposent dans le sillon

Utilisation d'une repiqueuse

c. Matériels de traitement, fertilisation et entretien

L'application de produits phytosanitaires et d'engrais liquide s'effectue à l'aide de **pulvérisateurs** alors que les formes solides sont appliquées à l'aide de **distributeurs d'engrais**. Enfin les **épandeurs à lisier** et **à fumier** ont été conçus pour l'épandage des divers engrais de ferme.

Le **pulvérisateur** doit répandre en un brouillard constitué de très fines gouttelettes la solution d'eau et de substance chimique. Les produits sont soit poudreux ou liquides et parfaitement solubles dans l'eau. La difficulté réside dans le degré de pulvérisation c'est-à-dire la dimension des gouttelettes. Plus elles sont fines plus grande sera l'efficacité de l'appareil.

Les **épandeurs à fumier** sont des remorques semi-portées dotées d'un dispositif d'épandage du fumier sur une parcelle. Ces apports de fumier sont raisonnés en fonction des besoins de la culture et de la composition du fumier. Les **épandeurs à lisier**, aussi appelés "tonnes à lisier" assurent le brassage du lisier dans la fosse, le soutirage et l'épandage. Certains appareils sont même dotés d'un système d'enfouissement adaptable à l'arrière de l'épandeur.

Les **distributeurs d'engrais** permettent d'épandre une quantité déterminée d'engrais solides sur une partie (épandage localisé) ou plus souvent sur la totalité (épandage généralisé) de la parcelle.

III. MATÉRIELS D'IRRIGATION

L'irrigation consiste à apporter artificiellement de l'eau aux cultures pour compenser l'insuffisance des précipitations naturelles et éviter des déficits en eau à des phases critiques du cycle de croissance. Elle peut aussi être utilisée pour lutter contre le gel, ou encore pour apporter simultanément eau et éléments fertilisants. On parle dans ce cas d'irrigation fertilisante. Plusieurs techniques d'irrigation ont été développées :

- **Irrigation gravitaire**: les racines sont directement alimentées par un ruissellement d'eau à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissèlement, infiltration, et capillarité). S'il peut être fait appel à des ouvrages de type siphon, aucune force extérieure n'est utilisée pour amener l'eau aux endroits désirés. C'est le mode le plus ancien d'irrigation

- **Irrigation sous pression par aspersion** : l'eau est apportée sous forme de gouttelettes simulant la pluie. On retrouve dans ces différents outillages, les rampes oscillantes et les arroseurs rotatifs ou les canons d'arrosage. Ces appareils doivent être déplacés manuellement ou être installés en plusieurs exemplaires pour assurer un arrosage régulier sur toute une parcelle. Afin de minimiser les manutentions, ou la multiplication des arroseurs, on peut investir dans des machines à déplacement automatique (rampes articulées ou enrouleurs automatiques). Suivant la disposition sur la parcelle, la couverture d'irrigation est dite partielle, totale ou intégrale.

- **Irrigation localisée ou micro-irrigation** : cette irrigation sous-pression apporte l'eau nécessaire directement au pied des végétaux. Ce sont des systèmes très utilisés en maraîchage, en arboriculture et en horticulture. Le plus connu de ces principes est le « goutte à goutte ». Elle est utilisée pour réduire au minimum l'utilisation de l'eau et de l'engrais. D'autres systèmes existent également : tubes poreux alignés sur le sol ou mini-asperseurs.



Irrigation sous pivot