II- LES TONDEUSES A SYSTEME HELICOÏDAL

FONCTION D'USAGE

CONTRAINTES : **Energie, Type d'Herbe, de terrain, réglages, sécurités**

GRAMINEES DES SURFACES SPORTIVES (PAR EXEMPLE)

TONDRE EN EFFECTUANT UNE COUPE PARFAITE DE "TYPE CISEAUX"

HERBE TONDUE UNFORMEMENT DE FACON TRES NETTE

SYSTEMES A CYLINDRE HELICOÏDAL

docJacobsen

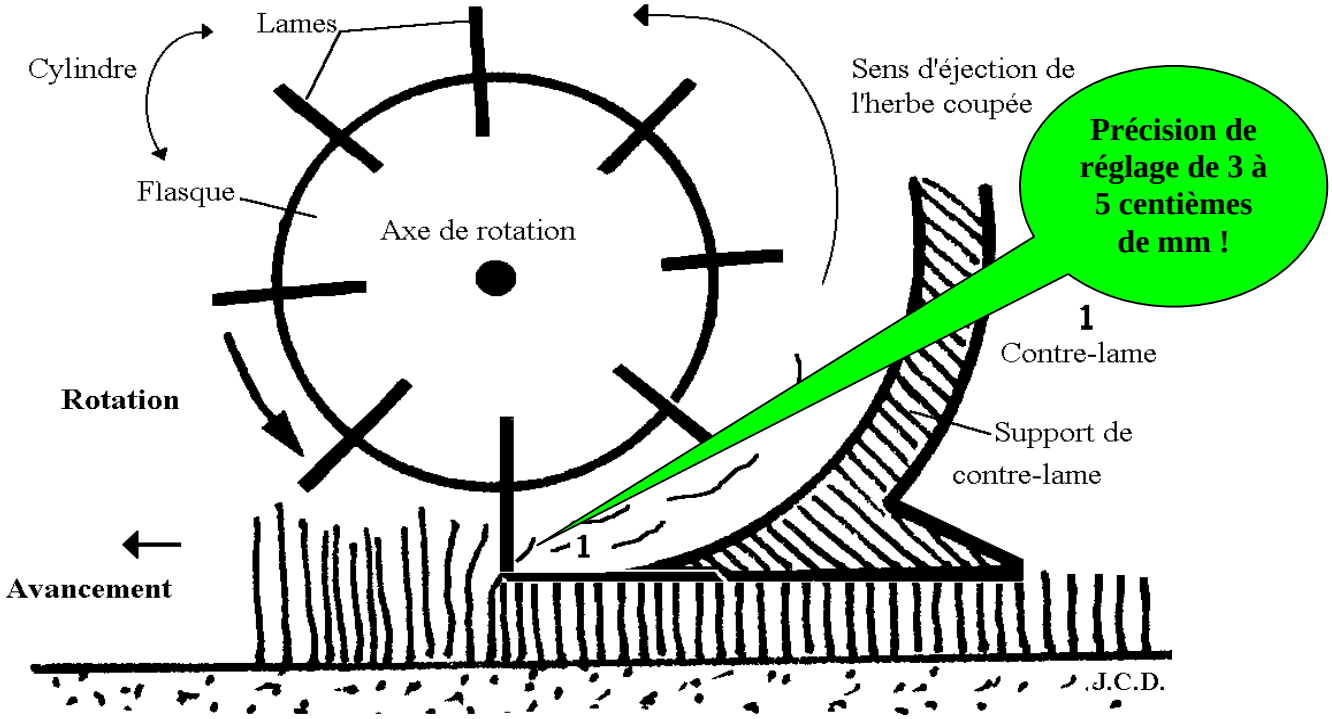
Vue d'un Green de golf entouré de ses Bunkers

docJacobsen

I - PRINCIPE :

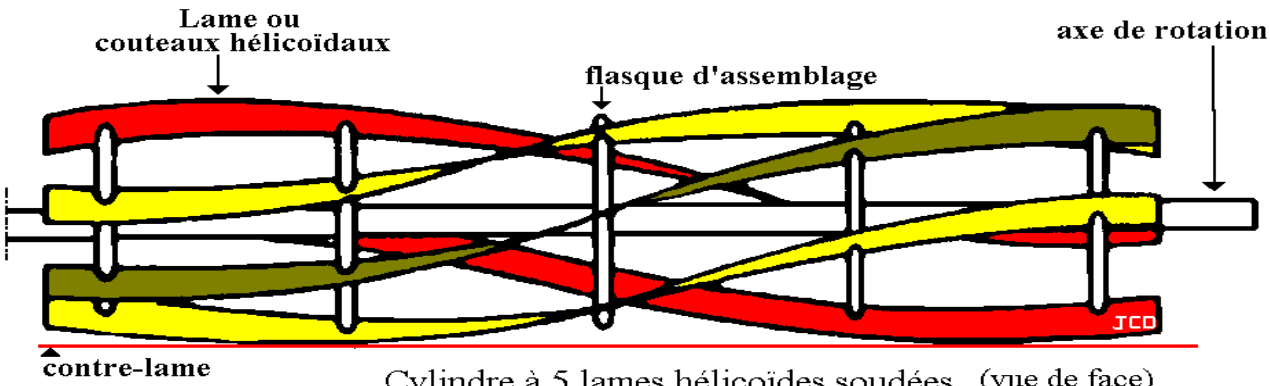
Un « tambour ou cylindre » portant des lames* en forme d'hélice**, tourne à l'horizontale tout en affleurant une contre-lame fixe. Le cylindre travaille perpendiculairement à sa rotation.
La coupe de l'herbe s'effectue donc entre deux arrêtes vives et tranchantes, suivant le principe de coupe des ciseaux.
La coupe est très nette, ce qui limite les problèmes de flétrissement en bout des feuilles du gazon.
L'aspect final de la tonte est donc bien meilleur, notamment pour tout ce qui est "surface sportive".
C'est le seul système ou l'on trouve des machines poussées sans moteur, le cylindre étant entraîné par la rotation des roues porteuses
*Les lames sont aussi appelées « couteaux »
** ou hélicoïdes

1 - Observation du principe



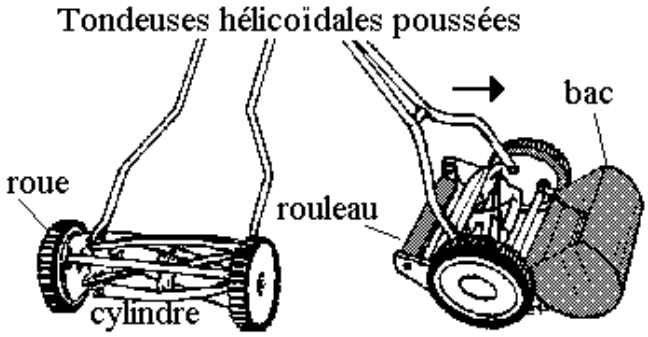
Principe de la coupe "en ciseaux" entre le cylindre et la contre-lame (vue de profil)

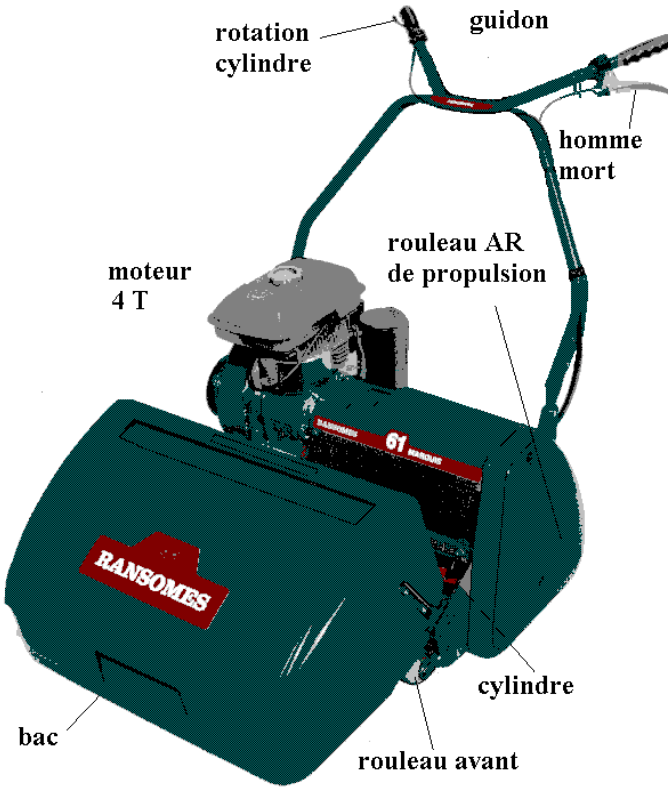
2 - Nomenclature d'un cylindre



Cylindre à 5 lames hélicoïdes soudées (vue de face)

II- LES TONDEUSES HELICOÏDALES A CONDUCTEUR MARCHANT





De nombreuses marques produisent des tondeuses hélicoïdales poussées, très recherchées par les amateurs de petites surfaces très bien entretenues ! Largeur de coupe de 25 à 40 cm.
On trouve parfois des modèles tirés par des animaux, mais en France c'est assez rare.

Les modèles à conducteurs marchants sont en général des modèles de haute gamme : donc chers !

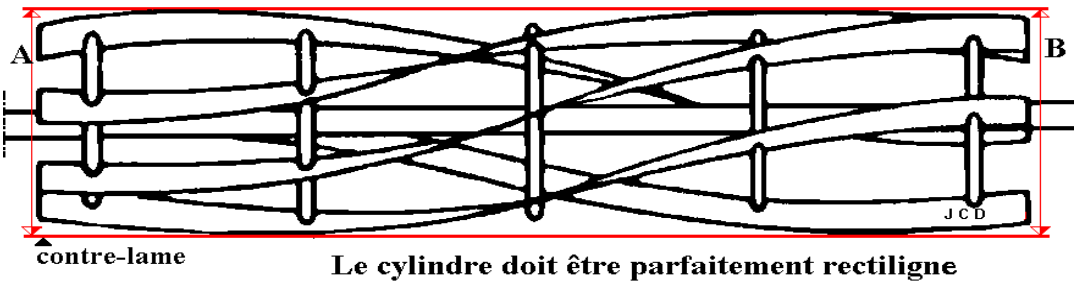
III - NORMES DE SECURITE

Les tondeuses à conducteur marchant équipées du système de coupe hélicoïdal sont soumises aux même normes de sécurités que les machines à système rotatif, notamment en ce qui concerne le « système homme- mort », l'arrêt de la rotation du cylindre après débrayage n'est pas limité. Ces machines sont soumises à l'autocertification CE

Rappel : la norme précise aussi que toutes les machines doivent être accompagnées du MANUEL DE L'UTILISATEUR, qui détaille le montage, la mise en service, la sécurité active et passive à respecter.

IV - ETUDE DE L'OUTIL DE COUPE

A = B



Le cylindre doit être parfaitement rectiligne

1 - <u>les lames du cylindre</u>

Les lames en forme d'hélice (hélicoïde) « s'enroulent » autour d'un cylindre matérialisé par des flasques circulaires. Elles sont « en acier allié de carbone » le plus souvent.
Les lames hélicoïdales sont en général soudées ou rivetées sur les flasques, donnant ainsi à l'ensemble l'allure d'un « cylindre fictif » très rigide, parfaitement rond et rectiligne.
Les lames ont une section rectangulaire variant de 5 x 30 mm .

On doit donc avoir impérativement (A = B) « pour un cylindre fictif »
(schéma page précédente).

Le diamètre des cylindres : il varie de 15 à 25 cm, ils peuvent porter de 5 à 11 lames.
La largeur de coupe d'un cylindre varie de 25 cm pour les modèles poussés à 95 cm pour les éléments des grosses machines à moteur.

<u>Le système de coupe hélicoïdale a trois paramètres variables</u> :

1- le nombre de lames par cylindre, il varie de 5 à 11
2- la vitesse de rotation du cylindre :
on obtient en fonction de l'un ou de l'autre, de 50 à 150 coupes par mètre linéaire.
3- la vitesse d'avancement de la machine

La combinaison de ces trois paramètres ajoutée au « principe de la coupe en ciseaux » aura un effet direct sur l'aspect esthétique de la tonte (bandes de différents verts) il dépend donc:

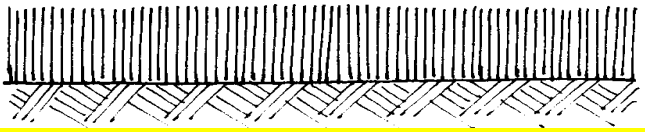
- d'une part la précision de coupe (nombre de coupe au mètre linéaire)
- d'autre part les ondulations plus ou moins perceptibles ou visibles sur le gazon
- enfin du sens de la tonte par rapport à « l'œil qui ne perçoit pas la même couleur verte »

Les constructeurs proposent toujours des cylindres différents pour une même machine de haute gamme, sachant qu'elle pourra tondre soit une pelouse de particulier, un « green » de golf, un terrain de football...

Question : **Pourquoi, les cylindres hélicoïdaux n'ont pas tous le même nombre de lames ?**

3 lames, ondulation très visibles

5 lames, ondulation peu visibles



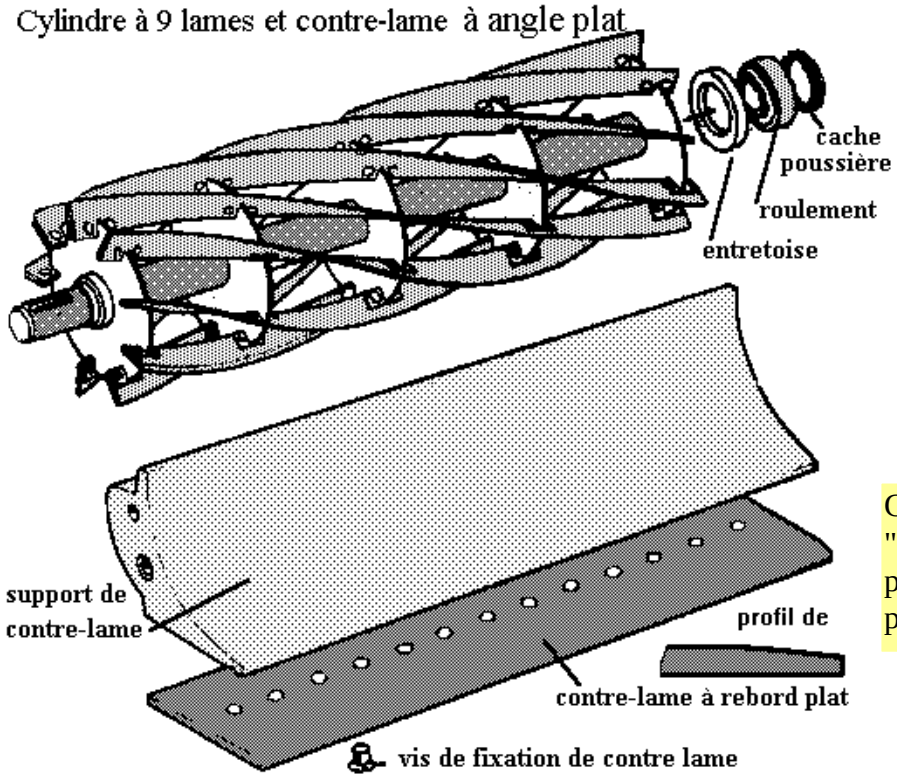
10 lames, ondulations pratiquement invisibles

La réponse que l'on peut apporter à cette question peut facilement trouver une réponse technique et économique :
1- pour que le rendement de la machine soit élevé, il faut avancer le plus vite possible, sans « casse », en effectuant un travail le plus satisfaisant possible.
2- fabriquer un cylindre avec beaucoup de lames coûte cher !
3- quand on met peu de lames, pour avoir le même travail, il faut faire tourner le cylindre plus vite, donc il s'use plus, et plus vite !
4- plus il y a de lames, plus la précision de coupe est grande.
La réponse à la question est donc un compromis entre tous ces prérequis, l'espace à tondre, l'effet recherché, le coût de l'opération !

2 - <u>la contre-lame</u>
La contre lame est en acier elle est parfois trempée par induction sur son bord externe. Elle se présente sous la forme d'une « tôle » dont l'épaisseur varie de 5 mm à 10 mm, la longueur étant égale à la largeur du cylindre approprié.
Le « tranchant » de la contre-lame se présente essentiellement sous deux formes :

1 - une arrête inclinée de quelques degré mais plate
2- une arrête inclinée de quelques degrés mais courbée à 90 °

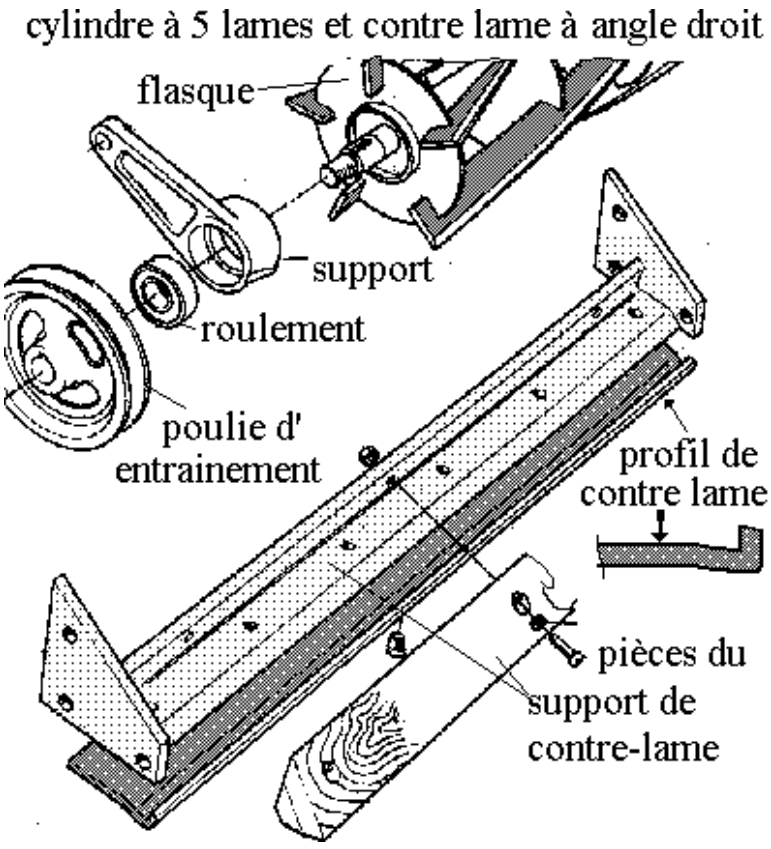
21) La contre-lame plate



Elle est de faible épaisseur, donc de faible hauteur, elle permet de tondre très prés du sol. Les modèles qui en sont équipés sont surtout utilisés pour les « green de golf » les terrains de tennis sur gazon...

Cylindre à 9 lames et contre lame "à angle plat", c'est le système privilégié pour les surfaces de prestiges.

22) La contre-lame coudée



DEUX EXEMPLES DE CYLINDRES AVEC DES CONTRE-LAMES DIFFERENTES

Cylindre à 5 lames et contre lame coudée à environ 90°, ce système permet entre autre de tondre de surface moins bien nivelées

Elle fait généralement plus de 1 Cm de haut, elle sera plus utilisable sur tous types de gazon, là où la précision de coupe est moins grande, le terrain parfois moins bien nivelé. Par contre cette forme lui donne une meilleure rectitude.

3 - fixation et réglages des cylindres

31) Montage et fixations

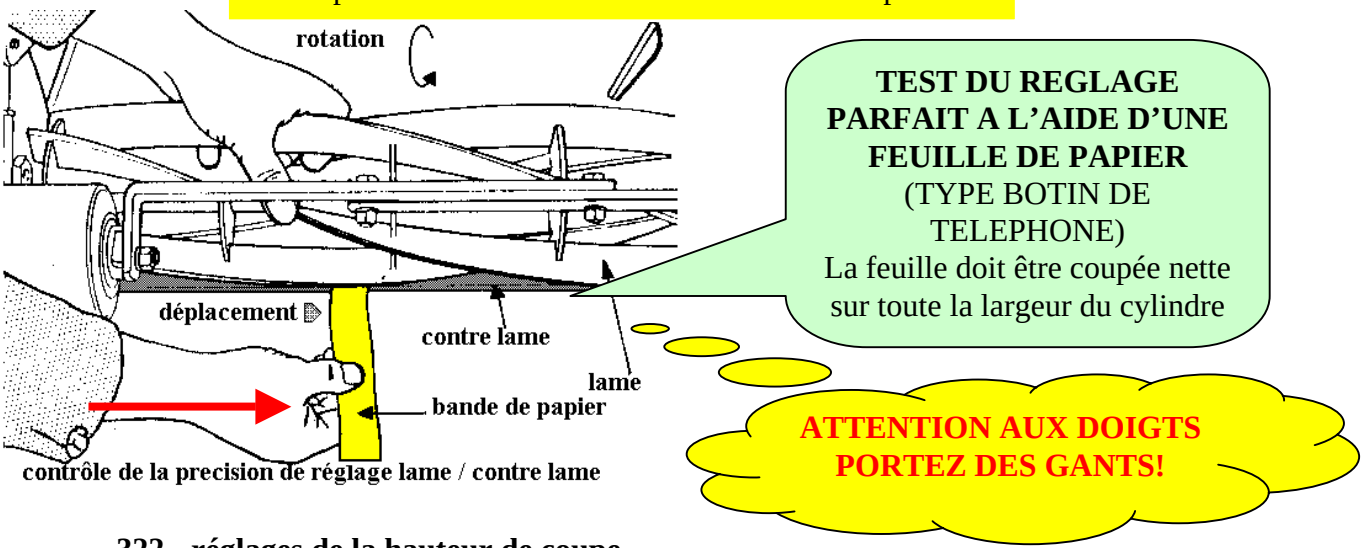
L'axe de cylindre repose à ses deux extrémités sur des roulements (étanches le plus souvent). Ces roulements sont fixés par des paliers ou des étriers au berceau de « l'unité de coupe ».
Sur les machines à conducteur marchant, les unités de coupe sont dites « fixes », par opposition à certaines
"dite flottantes" ou "semi flottantes" sur les autoportées (voir à partir de la page 10).
NOTE : Au moment de l'arrêt de l'avancement, dans la plupart des machines, le cylindre continu de tourner, ceci lui permet de se « nettoyer », il n'y a donc pas de frein de cylindre, mais **Attention danger.**

32) les réglages, sont à deux niveaux:

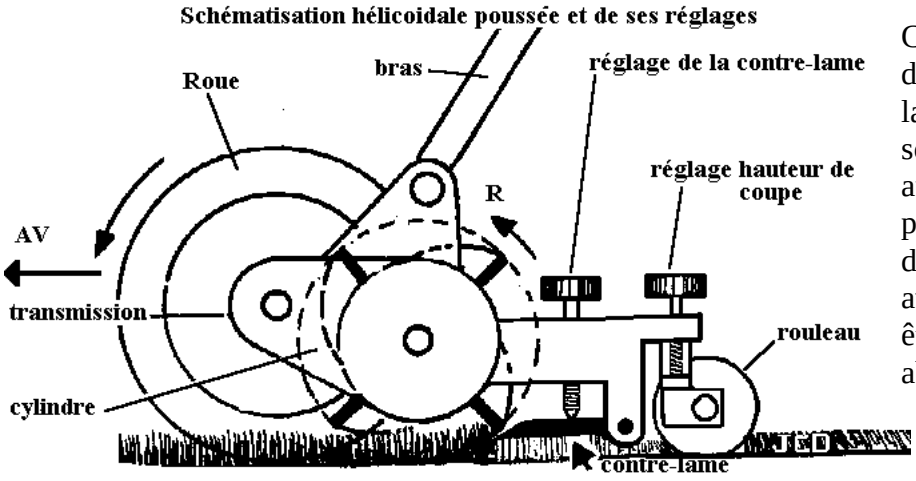
321- réglages du jeu entre les lames du cylindre et la contre-lame

Le jeu doit être minimum, la tolérance est de l'ordre de 3 à 6 centièmes de millimètres entre les lames et la contre-lame !
Ce réglage doit être fait après un affûtage ou une rectification du cylindre et contre lame. Il doit être vérifié tout au long de l'utilisation de la machine.
Sur les machines professionnelles, lorsqu'on fait passer deux feuilles de papier (type Bottin) entre Les lames et la contre lame, **une des deux feuilles doit être franchement coupée**. Certains utilisateurs font ce test avec une seule feuille, d'où un réglage très serré !
Afin d'avoir une contre-lame parfaitement rectiligne, on est parfois obligé de la « caler » avec des feuilles et de serrer différemment les vis de fixation.

Exemple de contrôle d'une tondeuse hélicoïdale poussée



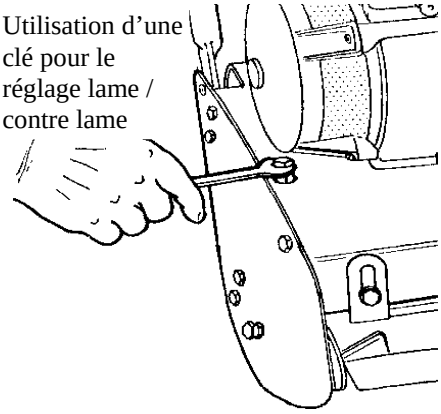
322 - réglages de la hauteur de coupe

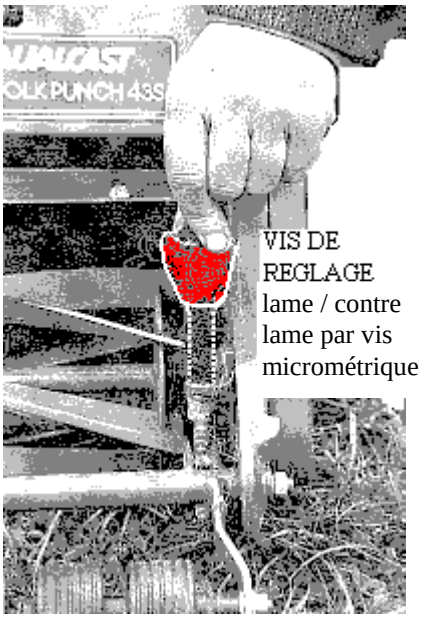


Cette hauteur de coupe est déterminée par la hauteur de la contre-lame par rapport au sol. On peut
aussi faire varier cette cote par le réglage de la hauteur des rouleaux
avant / arrière. Il peut aussi être effectué par relevage ou abaissement des roues.

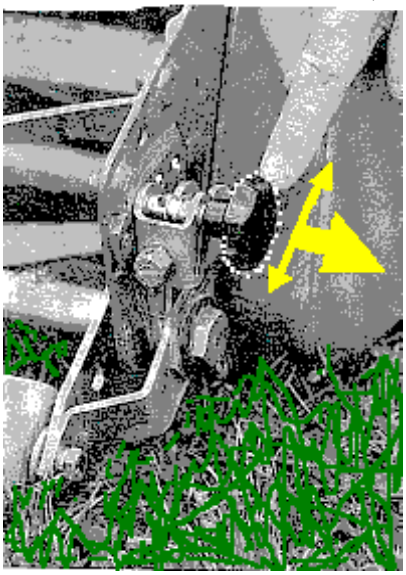
EXEMPLES DE REGLAGES SUR DES HELICOIDALES AUTOTRACTEES

Utilisation d'une clé pour le réglage lame / contre lame





réglage hauteur de coupe par basculement du rouleau AV



Secteur cranté de réglage de hauteur de coupe

V -L'AFFUTAGE D'UN CYLINDRE

Dans bien des cas « affûter » un outil, c'est lui « redonner un angle de dépouille aigu, tranchant et rectiligne ».

En ce qui concerne le cylindre se sera autrement compliqué.

En effet les lames hélicoïdales et contre-lames ont le plus souvent un angle plat suivi d'un angle de dépouille dont la valeur est de 30 à 40°, ce n'est donc pas tout à fait un affûtage classique, dans le sens ou on le pratique sur une lame de tondeuse rotative par exemple.

On peut par contre parler de « Rectification du cylindre » dans son entier, à la fois pour rendre aux lames des arrêtes vives et donc tranchantes, mais aussi pour reformer **« le cylindre fictif parfait»** (matérialisé par les lames soudées ou rivetées sur les flasques).

On peut également parler de «Rodage des lames» sur la contre-lame après la rectification, mais aussi très périodiquement entre deux utilisations, pour raviver les arrêtes tranchantes des lames.

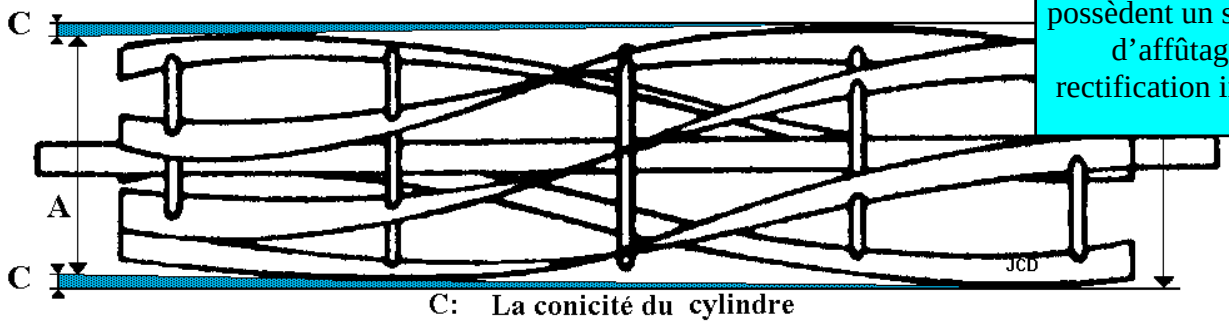
Ce rodage se fait avec une sorte de pâte à roder le plus souvent, en faisant tourner le cylindre à contre sens, sur la contre-lame.

VOIR DOSSIER ANNEXE "entretien outil de coupe des tondeuses à cylindres" d'après document TORO et suite dossier sur les autoportées hélicoïdales.

Les réglages trop serrés et fréquents entre les lames et la contre-lame, finissent souvent par donner des "anomalies géométriques" entre ces pièces, parfois par mauvais réglage de quelques centièmes de millimètres :

on obtient un cylindre conique, en « tonneau » etc...

Très peu de machines possèdent un système d'affûtage / rectification intégré.

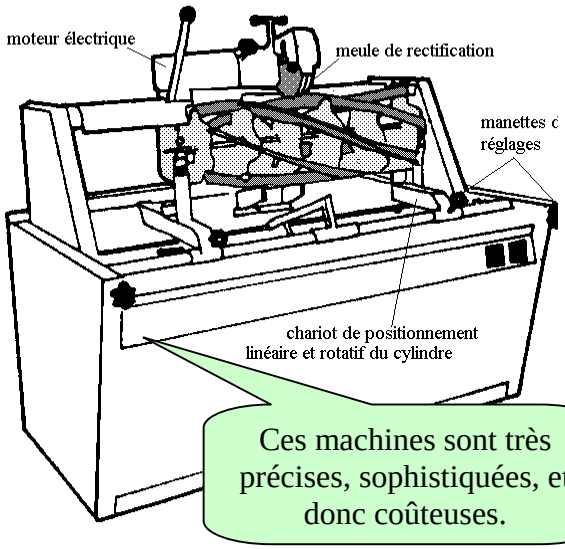


C: La conicité du cylindre

VI - LES AFFUTEUSES

Il existe donc des machines complexes capables d'effectuer des opérations d'affûtage et de rectification . Certaines affûteuses permettent une rectification avec le cylindre en place ou partiellement déposé.
Il sera donc souvent nécessaire de déposer le cylindre pour l'affûter sur une rectifieuse munie de meules spéciales. Les meules peuvent à la fois tourner et se déplacer dans le sens de la longueur du cylindre, ce dernier étant en rotation sur lui-même.
Il existe des machines où on déplace manuellement les meules, ces machines demandent une grande expérience de l'opération.

Exemple de rectifieuse à cylindres

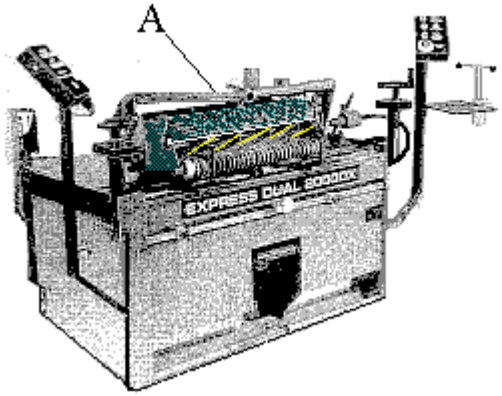


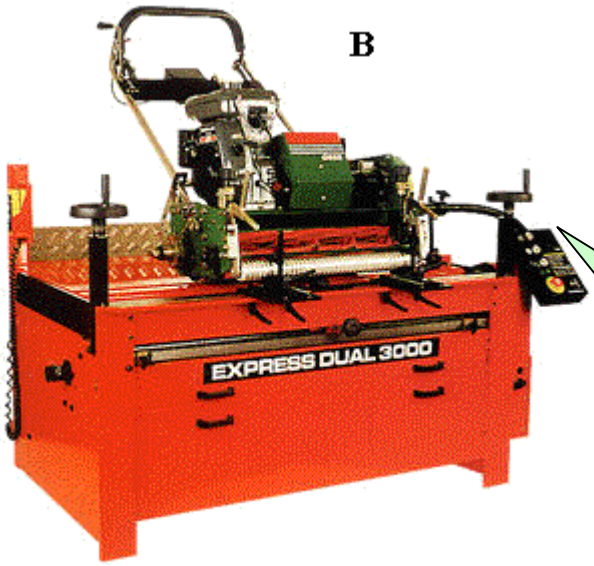
Ces machines sont très précises, sophistiquées, et donc coûteuses.

<u>Ci-contre</u> :
Rectification d'un cylindre seul, déposé de son « berceau »
Ce sont des meules (calibrées par la machine elle-même) qui effectuent la rectification.
Les opérations sont ou semi-manuelles ou automatiques sur les machines de haute gamme.

<u>Ci-dessous</u> :
A -Rectification du cylindre toujours en place sur son berceau

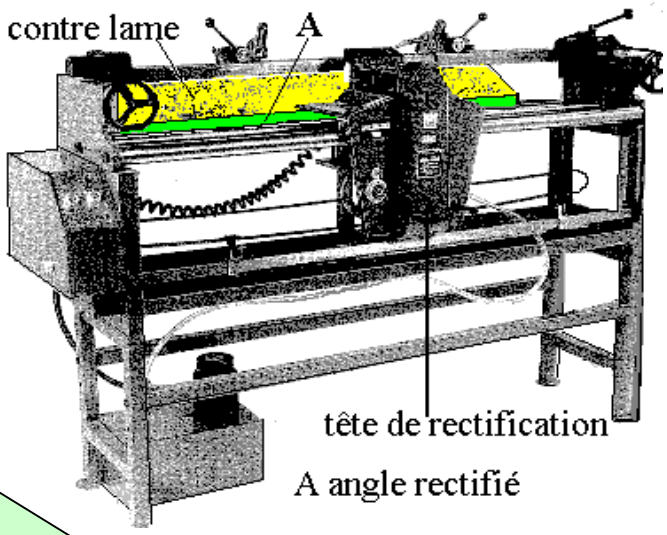
B -Rectifications du cylindre en place sur une tondeuse à conducteur marchant





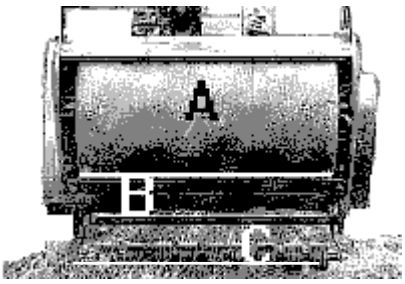
Cette machine possède « un plan élévateur » pour approcher la machine ou le cylindre en place

Rectifieuse de contre-lame



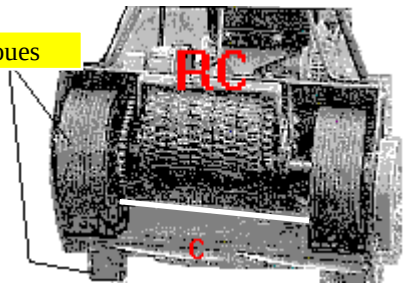
VII - AVANCEMENT DES MACHINES ET ENTRAINEMENT DES CYLINDRES DE COUPE

D'une façon générale l'entraînement se fait sur le rouleau lisse arrière. Ce rouleau peut être remplacé par un rouleau cranté encadré de deux roues, ce qui permet à la machine de rouler dans des terrains moins bien nivelés. Le rouleau peut être en deux morceaux, ce qui permet plus facilement de tourner sur place sans arracher l'herbe.
L'entraînement se fait toujours par chaîne, elle fait la liaison entre la sortie moteur / Variateur (ou embrayage centrifuge) ou la boite de vitesses qui entraîne le rouleau ou les roues.



A - rouleau lisse (parfois en deux morceaux)
B - lame et contre lame
C - rouleau ou roulettes avant

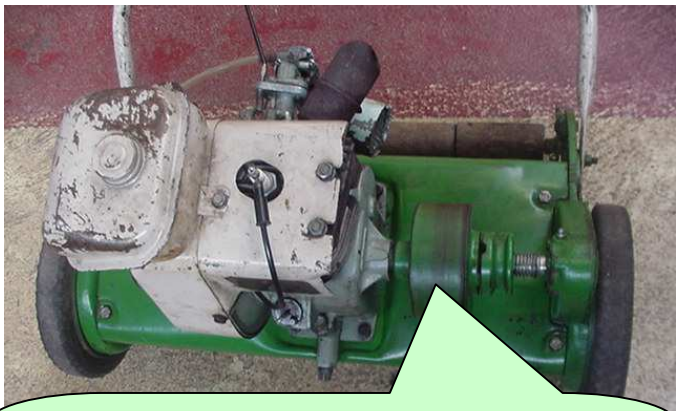
4 Roues



Les roues permettent une vitesse supérieure
RC- rouleau cranté pour petite vitesse
C - lame et contre lame

Le modèle ci-dessus est appliqué à la machine que l'on voit ci-contre. Un arbre avec embrayage centrifuge est muni de pignons qui vont entraîner le rouleau d'avancement et le cylindre.
C'est un des modèles les plus utilisé par les "amateurs" exigeants. Le bac est situé à l'avant car le cylindre tournant dans le sens inverse horaire sous une tôle de carénage, il projete l'herbe vers l'avant.

Photos num. jcd03



Embrayage centrifuge et désaccouplement manuel de la transmission. La machine tient en équilibre grâce au rouleau arrière de « réglage de hauteur de coupe »

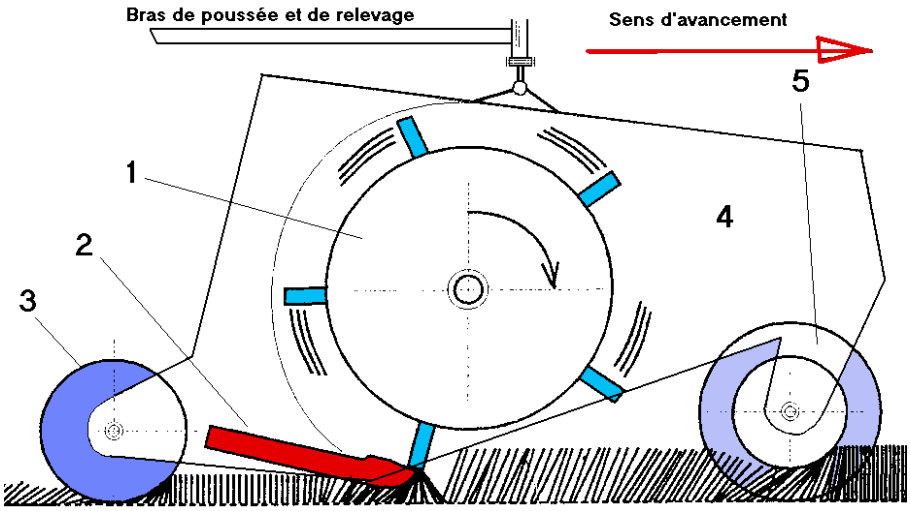
Sur les anciennes machines à roues (souvent d'origine anglaise), la cinématique de transmission aux roues et au cylindre était identique à celle ci-dessous. Il n'y a pas de bac. L'embrayage est centrifuge. Les roues sont munies de cliquets à "effet différentiel".

II- LES TONDEUSES AUTOPORTEES A LAMES HELICOIDALES

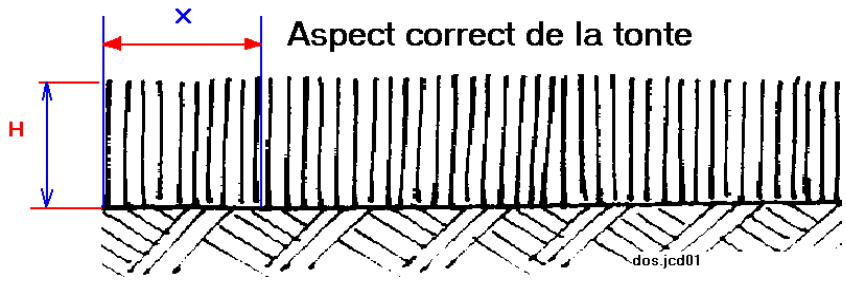
La fonction globale est identique à celle de toute tondeuse autoportée, mais la fonction d'usage est plus spécialement orientée vers la tonte de précision des gazons à caractères sportifs.
C'est à dire, là où l'exigence de qualité et d'aspect sont parfois très impressionnant (exemple, un green de golf est tondu tous les jours à une hauteur de 2 à 3 mm !)
Le système de coupe est assez simple, mais le prix d'achat et le coût d'entretien de ces machines sont élevés. Ceci est du à la fois à la sophistication de fabrication des cylindres et contre lame, mais aussi à la technologie globale pour développer des machines à grand rendement et d'une grande fiabilité.
La sécurité obligatoire est globalement identique à celle des autoportées rotatives. Très peu de machines sont "homologuées route".

I - RAPPEL DU SYSTEME DE COUPE

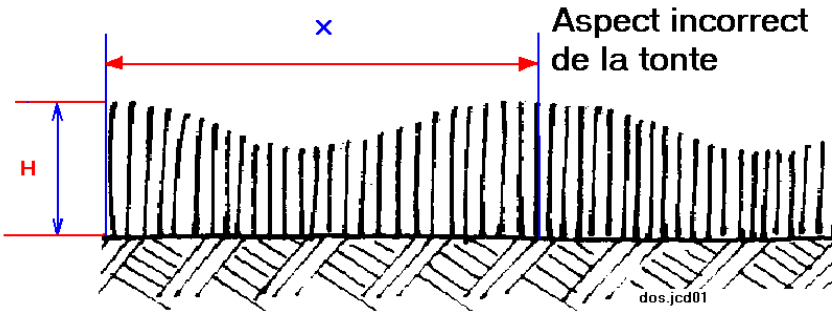
Il est formé d'unités ou modules de coupe (on dit aussi tête de coupe) contenant un cylindre muni de lames (ou couteaux) hélicoïdales qui tournent sur une contre lame droite.
La qualité de coupe est liée d'une part à l'état des lames et contre lame et aussi au jeu de réglage entre ces deux éléments.
L'aspect du gazon après la coupe est lié d'une part la vitesse de rotation du cylindre (ou au nombre de lames) et d'autre part à la vitesse d'avancement.



1- cylindre avec lames hélicoïdales
2- contre lame droite
3- rouleau arrière porteur
4- châssis de l'unité
5- rouleau avant porteur, qui peut être complété par un "conditionneur" relevant les brins d'herbe



L'aspect est correct si **X = H**.
X représente la distance parcourue par la tondeuse entre le passage de deux lames consécutives devant la contre lame.



H est la hauteur du gazon après la coupe (H est aussi égale à la longueur de coupe si le gazon est coupé tous les jours comme sur les "greens de golf" (voir dossier matériel des sols sportifs)

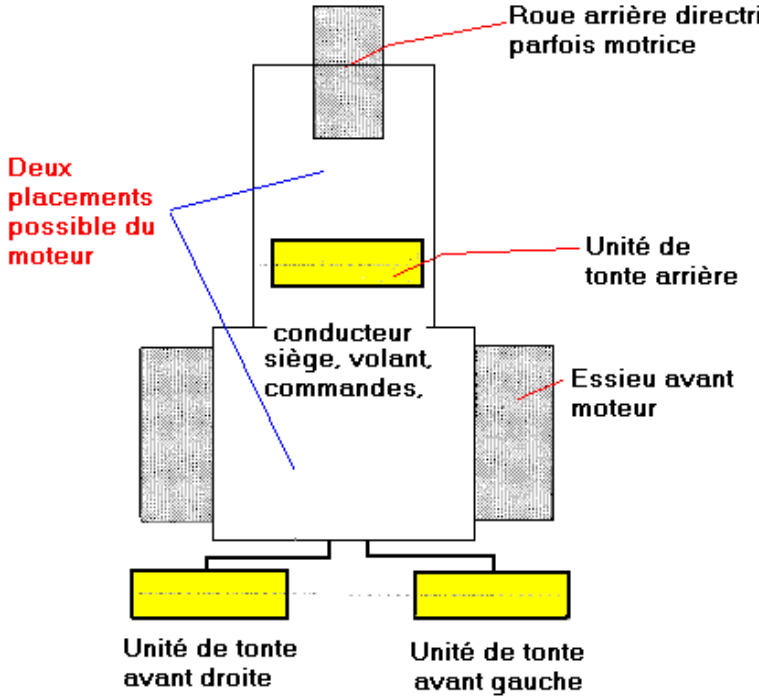
L'électronique embarquée sur les machines professionnelles permet de réguler entre eux les différents paramètres comme vitesse d'avancement, vitesse ou fréquences de coupe, pression au sol.			
Sur pratiquement l'ensemble des grosses machines, on peut réguler mécaniquement ou électroniquement la vitesse de rotation des cylindres et l'avancement. Exemple pour la 400-3D SABO Roberine	**Vitesse en km/H**	**Fréquence de coupe**	
		7 lames	**10 lames**
	6	70	100
	8	53	75
	10	40	60

II - IL EXISTE DEUX GRANDES CONFIGURATIONS D'AUTOPORTEES HELICOÏDALES

1- technologie type tricycle

Conception d'une autoportée hélicoïdale de type tricyle

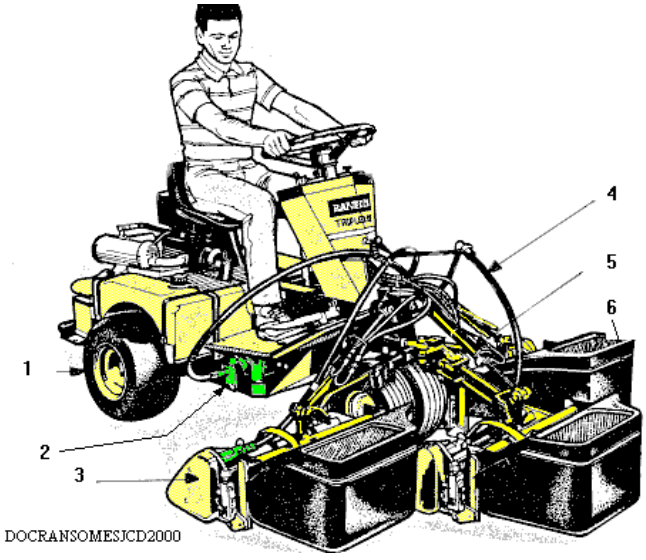
doc.jcd01



Ci-contre le système dit aussi "triplex" comporte, sur un châssis de technologie tricycle, trois cylindres de coupe. Le troisième est situé à l'arrière. Il n'y a généralement qu'une roue directrice située à l'arrière. Le moteur peut être placé à l'avant ou à l'arrière (ce qui dégage une excellente visibilité).
Ces machines plutôt légères permettent de tondre sur 1,80 à 2 m de largeur en exerçant seulement une pression au sol de 0,50 à 0,60 kg/cm2. Elles sont souvent équipées de pneus lisses à basse pression.

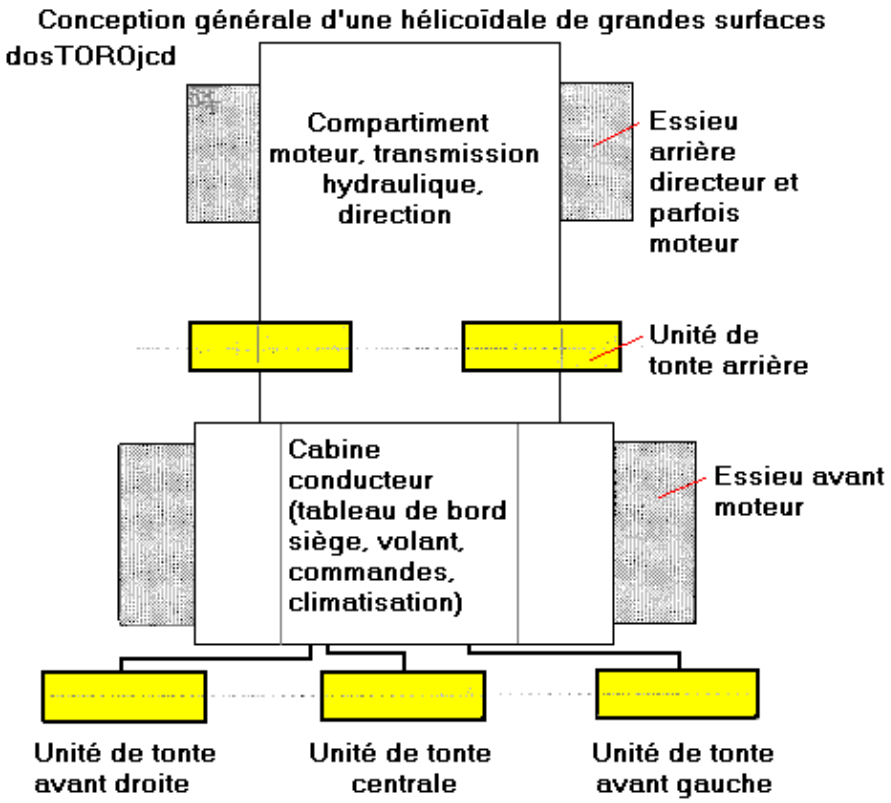
doc.RANSOMESjcd02

Ci-dessus une machine à transmission hydrostatique, extrêmement maniable pouvant tourner sur place. Le troisième cylindre se trouve à l'arrière, sous le conducteur, elle peut être équipée de bac ramassage



Ci-dessus cette triplex (le système tricycle était inversé) a ses trois têtes de coupe à l'avant, (entraînement mécanique des cylindres), roue directrice à l'avant, avancement hydrostatique.

2- technologie quadricycle

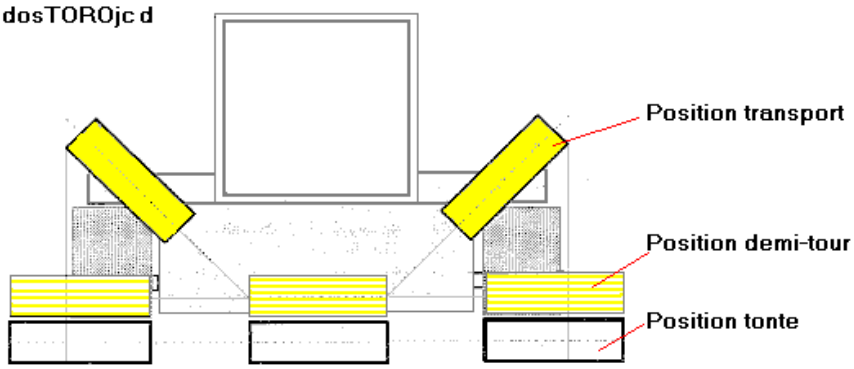


Principales particularités de ces machines :

- très grandes largeurs de coupe (3 à 5 m),
- éléments de coupe à l'avant sur les cotés et aussi en dessous.
- technologies développées très nombreuses:

. hydraulique.
. Hydrostatique.
. Load-sensing ou électronique de gestion d'avancement / vitesse de rotation des cylindres / relevage des cylindres…
. climatisation des cabines,
. 4 roues motrices et parfois directrices.
. système de dépannage avec appareil de diagnostic.

Ci-contre une machine de grande surface sportive: moteur diesel de type automobile de 60 CV avec 5 cylindres de coupe, relevage des unités de coupe par hydraulique et hydrostatique pour l'avancement, la cabine peut être climatisée,
système de régulation électronique de la rotation des cylindres en fonction de l'avancement.
Largeur de coupe 4,05 m, la pression au sol est de 0,8 à 0,9 kg/cm2.
Avec une telle machine on tond jusqu'à 2,6 hectares à l'heure.



Cinématique de possibilités de positionnement des unités de coupe

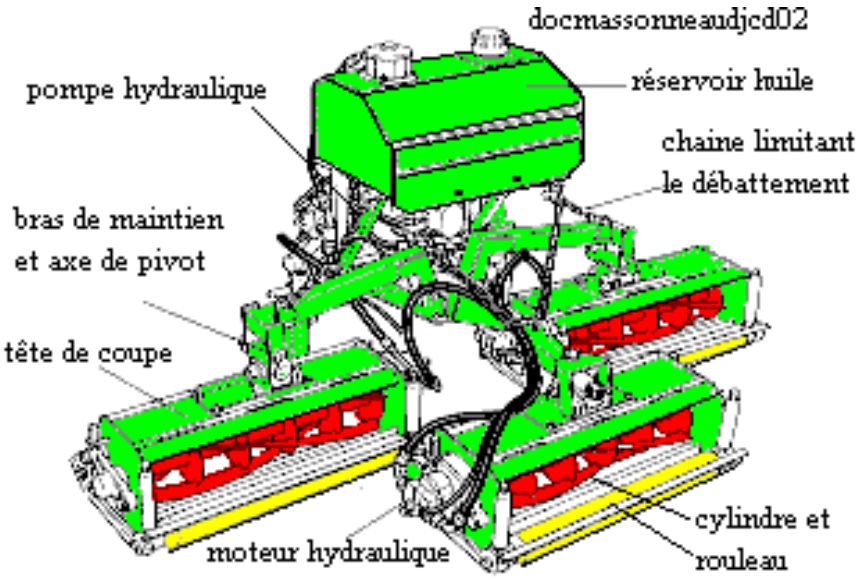
Le déplacement hors tonte est un des problèmes d'utilisation de ces machines. Comme on le voit sur le schéma, il y a en général plusieurs positions possibles des cylindres en fonction des besoins. De même les cylindres peuvent être relevés et travailler indépendamment les uns des autres. **Le relevage** des unités de coupe permet de réduire un peu la largeur de la machine. Ce relevage est effectué par un système hydraulique.

Les éléments sont généralement "plaqués" au sol par un système de ressorts, certaines machines ont un système de relevage séquentiel permettant de faire des coupes croisées, ce qui accentue les effets de "bandes alternées" très décoratives dans les stades.

3 - Autres systèmes de tondeuses hélicoïdales portées

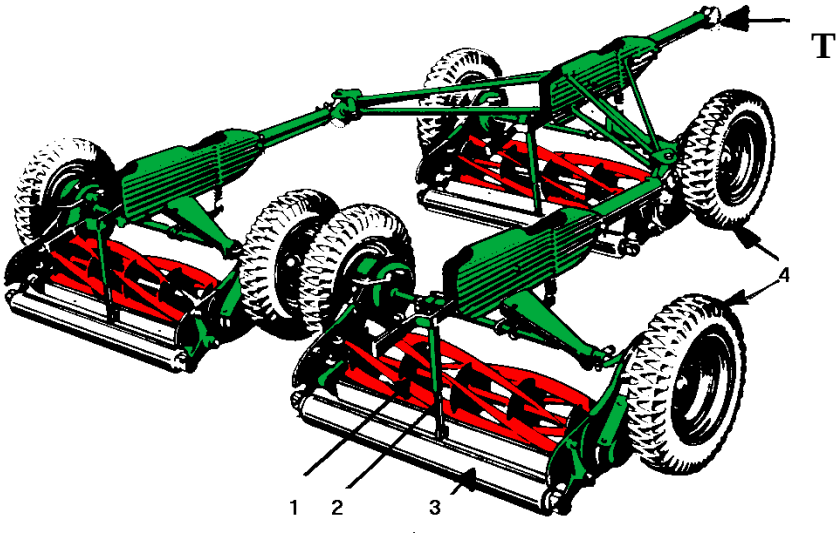
31 -les portées derrière tracteur

Pour rentabiliser un tracteur, il existe des unités en "système porté trois points". La prise de force entraîne une pompe hydraulique qui commande l'ensemble de la machine.
Chaque unité peut fonctionner et être relevée indépendamment des autres.



32 - les unités traînées

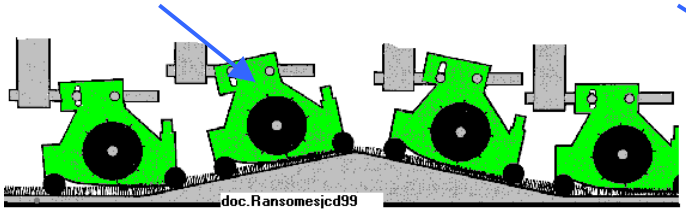
Ce sont des unités de coupe traînées "par train" de trois unités ou plus grâce au timon (T). L'entraînement est assuré par les roues porteuses (4). Ces ensembles permettent de tondre de très grandes largeurs sur des surfaces pas toujours bien nivelées. Le cylindre (1) et la contre lame (2) sont généralement soutenus par un rouleau arrière (3).



4- Montage des unités sur les machines

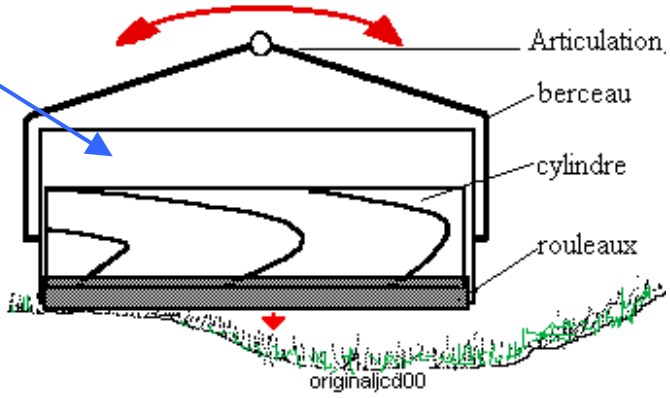
Sur toutes ces machines les unités de coupes sont indépendantes les unes des autres.
Elles peuvent donc suivre dans tous les sens les dénivelés du sol.
Il y a des systèmes avec têtes flottantes ou semi-flottantes. (Doc ci-dessous). Elles sont poussées, parfois tirées par un bras relié à la machine, ce bras permet aussi de les relever mécaniquement ou avec un vérin hydraulique. Il permet souvent de guider les flexibles hydrauliques et les connexions électriques sur les machines pourvues d'assistance électronique.

Vue latérale

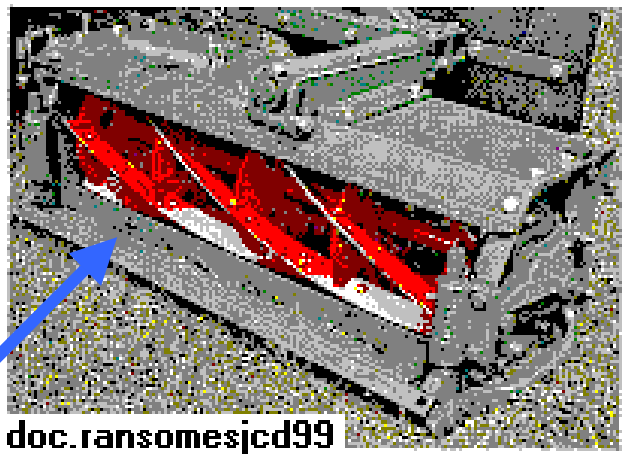


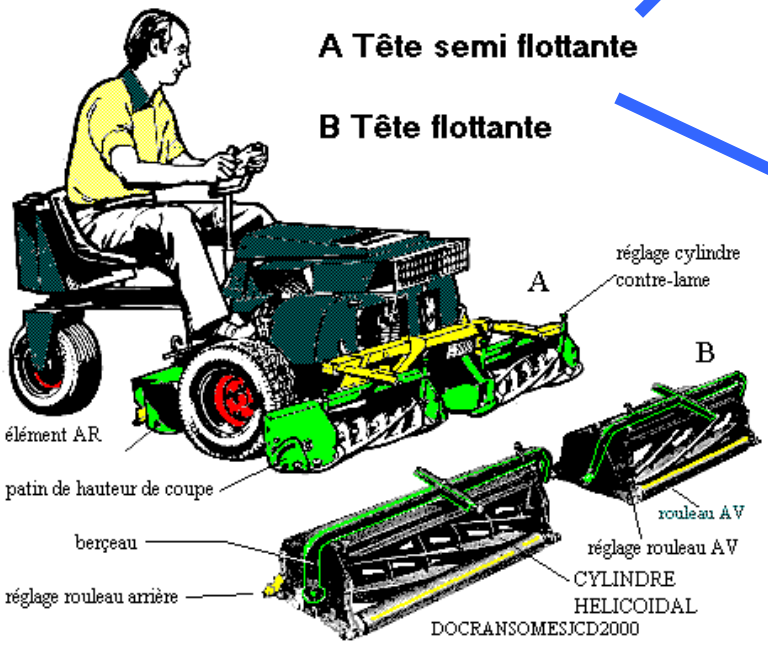
L'unité de coupe flottante suit le terrain d'avant en arrière et de droite à gauche en effectuant une coupe parfaite.

vue de face

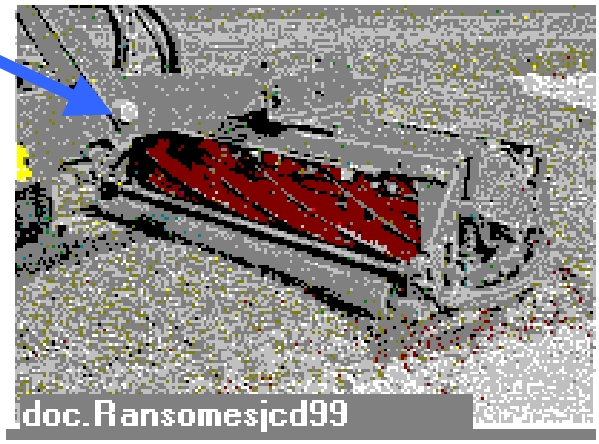


Une machine peut souvent être équipée des deux types d'unité de coupe.
Les têtes fixes ont en général moins de lames par cylindres et sont réservées pour tondre des surfaces moins prestigieuses.
L'unité semi-flottante s'appuie sur des patins qui risquent de marquer la pelouse et ne pas très bien suivre le sol.
L'unité flottante, est portée par deux rouleaux. Ces rouleaux qui ont entre autre l'avantage de niveler le sol et favoriser le "tallage des graminées" (voir dossier milieux associés).

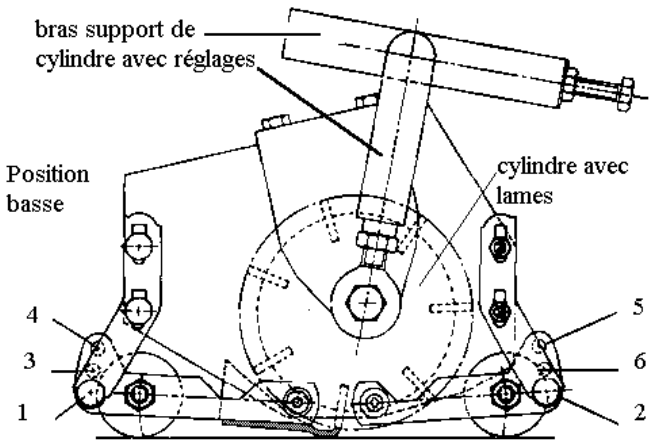


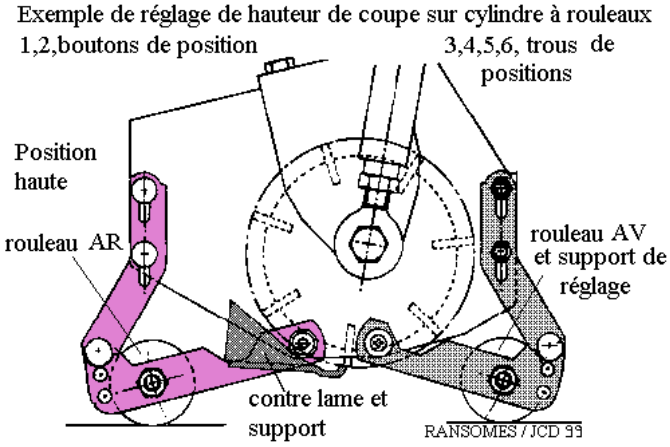


Cette unité suit parfaitement toutes les aspérités et reliefs du sol

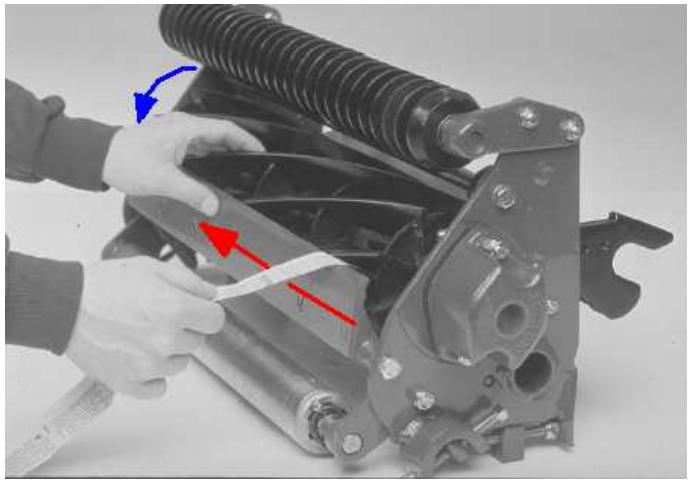


5 -Le réglage de la hauteur de coupe
Il est fait par les patins ou par les rouleaux. Ce réglage peut être fait par déplacement et encliquetage des supports de rouleaux, ce peut être un réglage par vis micrométrique. Les patins se réglent généralement par vis et écrous. Sur l'exemple de réglage de la hauteur de coupe d'une tête flottante, on voit que le cylindre est porté par ses deux rouleaux.
Les réglages doivent être faits sur un sol parfaitement plan, on voit que les bras support ont parfois eux-mêmes des réglages de "dévers".

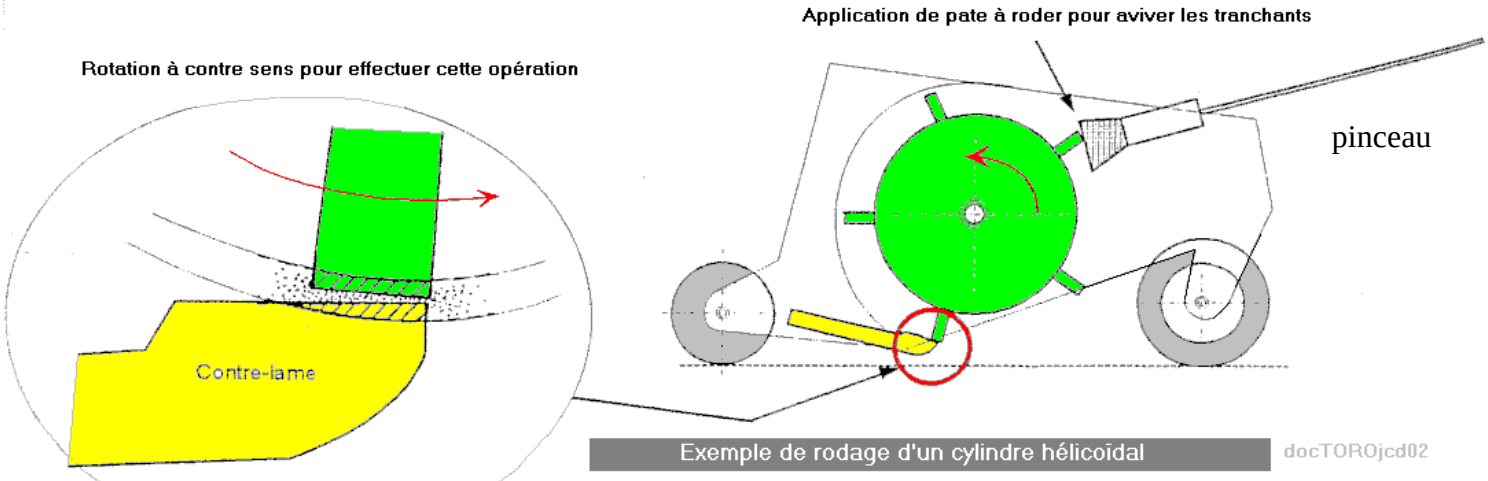
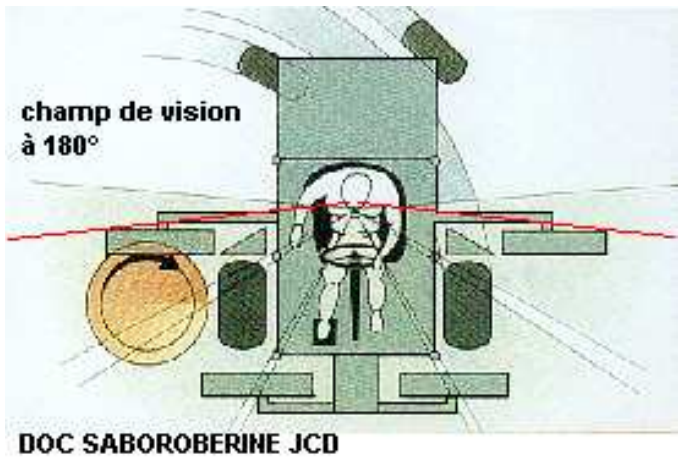




6 - L'entretien des unités de coupe
L'affûtage et le réglage sont identique aux machines à conducteurs marchants.
1 - réglage du jeu cylindre / contre lame avec une précision de 3 à 5 centièmes de millimètre.
2 - rectification du cylindre et de la contre lame avec ou sans dépose du cylindre du châssis, sur des bancs d'affûtage spécifiques.
3 - rodage périodique du cylindre sur la contre lame grâce à l'adjonction de pâte à roder et en inversant la rotation du cylindre sur la contre lame



7 -Le rodage, il se pratique par rotation inversée du cylindre sur la contre lame. Cette rotation peut être intégrée au système par une simple commande sur le moteur hydraulique, elle peut être obtenue par inversion mécanique ou encore grâce à un appareil à moteur électrique.
A l'aide d'un grand pinceau, on dépose sur les lames de la pâte à roder qui va favoriser l'abrasion des pièces.



8 - L'utilisation de ces machines est favorisée par l'excellente visibilité donnée par la position centrale du chauffeur. La grande largeur au sol leur donne un centre de gravité bas qui permet de tondre dans des pentes importantes de l'ordre de 40%. La gestion électronique de la vitesse de rotation des cylindres en fonction du nombre de lames et de la vitesse d'avancement a fait encore progresser ces machines.
La sécurité bénéficie de cette technologie, ainsi au démarrage et en utilisation, il n'y a pas de risque majeur d'accident.