HAL
open science

Les moissonneuses-batteuses et les équipements pour la récolte des graines

C. Cedra

To cite this version:

C. Cedra. Les moissonneuses-batteuses et les équipements pour la récolte des graines. Cemagref Editions, pp.278, 1993, Coll. Formagri, 2-85362-288-6. hal-02581910

HAL Id: hal-02581910

https://hal.inrae.fr/hal-02581910

Submitted on 21 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

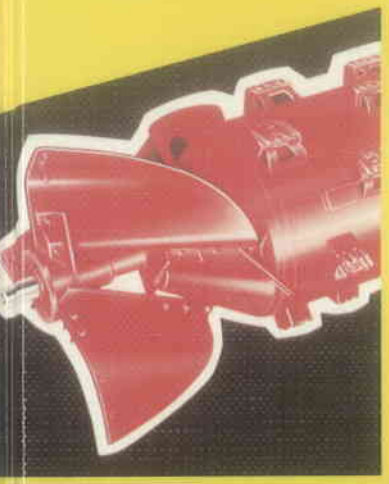
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

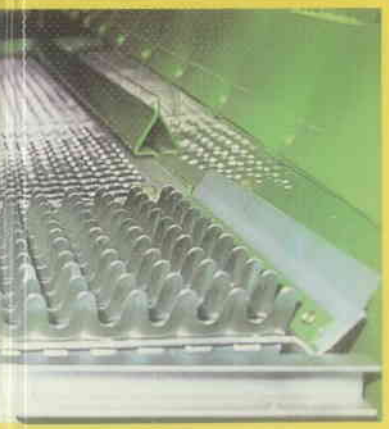
LES MOISSONNEUSES-BATTEUSES

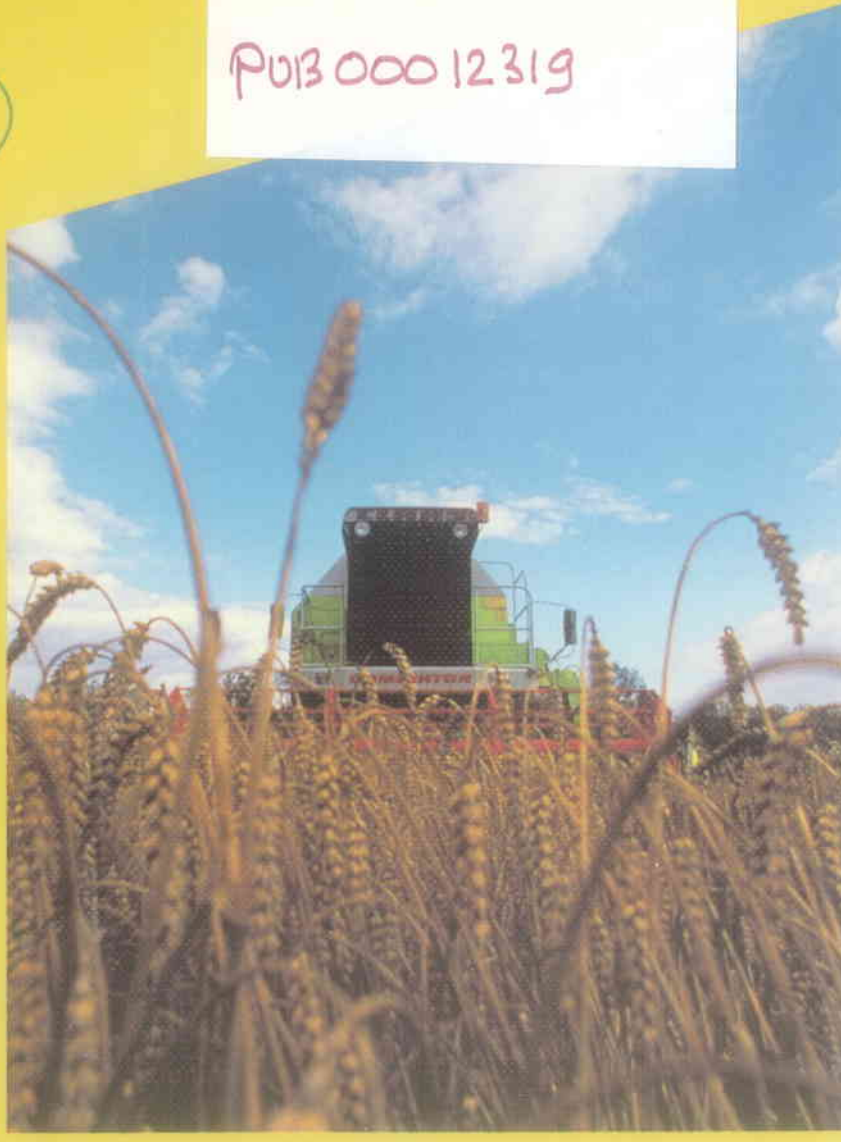
Technologies de l'agriculture

PU13 000 12319

Collection FORMAGRI
Volume 7







EEA 103

CEMAGREF
ITCF
lavoisier TEC & DOC

Collection *FORMAGRI*

Volume 7

Les moissonneuses-batteuses
et les équipements pour la récolte des graines

1re édition

Coordination générale
Camille CÉDRA

Service Formation
Direction de la Communication et de la Valorisation
du CEMAGREF

coédition

CEMAGREF-DICOVA
BP 22 Parc de Tourvoie
92162 Antony Cedex

ITCF
8, av. du Président Wilson
75116 Paris

TEC et DOC
14, rue de Provigny
94236 Cachan Cedex

Le présent volume 7 de la collection FORMAGRI : ***Les moissonneuses-batteuses,*** comprend des textes et des illustrations repris d'une précédente édition pubiée par le CEMAGREF en 1988, préparée par J.-F. WALTER et M. GANNEAU sous la Direction de R. CARILLON : Livre du Maître tome 2, sixième partie, *les matériels de récolte des céréales et oléagineux.*

© CEMAGREF-DICOVA
ISBN : 2-85362-288-6
© ITCF
ISBN : 2-86492-152-9
© LAVOISIER-TEC et DOC
ISBN : 2-85206-866-4

Tous droits de reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français du Copyright (6 bis, rue Gabriel Laumain, 75010 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 mars 1957 — art. 40 et 41 et Code Pénal art. 425).

Le CEMAGREF est un organisme de recherches dans les domaines de l'eau, de l'équipement pour l'agriculture et l'agro-alimentaire, de l'aménagement et de la mise en valeur du milieu rural et des ressources naturelles.

En contact permanent avec les agents économiques et les collectivités, il cherche à constituer des outils mieux adaptés dans différents secteurs d'activités :

- *eau, hydrologie, hydraulique agricole, qualité des eaux*
- *risques naturels et technologiques*
- *montagne et zones défavorisées*
- *forêts*
- *machinisme et équipement agricoles*
- *équipement des industries agro-alimentaires*
- *production et économie agricoles.*

Le CEMAGREF est un Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique sous la tutelle des ministères de la Recherche et de l'Espace, de l'Agriculture et du Développement Rural.

Il emploie 970 agents dont 420 scientifiques répartis en 10 groupements : Aix-en-Provence, Antony, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Grenoble, Lyon, La Martinique, Montpellier, Nogent-sur-Vernisson, Rennes.

Déjà publiés dans la collection *FORMAGRI*

Volume 1
Lexique illustré du machinisme et des équipements agricoles

ISSN 1159-0807
ISBN Lexique 2-85206-739-0
2e édition, 17 × 24, relié
350 pages, 1 500 termes, 286 dessins, 70 photos
Prix : 195 F

Volume 2
Les tracteurs agricoles

ISSN 1159-0807
ISBN Les tracteurs agricoles 2-85206-809-5
1re édition, 17 × 24, relié
392 pages, 250 dessins, 66 photos
Prix : 165 F

A paraître en 1993 dans la même collection

Volume 3
Les matériels de travail du sol et de semis

Collection *FORMAGRI*

Publiée sous la conduite de
Bernard CHÈZE,
chef du département Machinisme agricole
Direction des programmes. Direction générale du CEMAGREF

• Objectif

La collection FORMAGRI — Technologies de l'agriculture — est destinée à remplacer et à compléter les ouvrages pédagogiques du CEMAGREF, très connus sous l'appellation **« Livres du Maître »** (six éditions successives depuis 1957).

Cette nouvelle collection propose, pour chaque thème dédié au machinisme et équipements agricoles, une complète actualisation et une description technologique claire s'appuyant sur de nombreuses illustrations (dessins et photos).

• Principaux thèmes

Après le volume 1 (Lexique), le volume 2 (Tracteurs agricoles) et ce volume, la nouvelle collection proposera une série d'ouvrages dédiés aux thèmes suivants :
les matériels de travail du sol et de semis, les matériels de fertilisation et de protection des cultures, la maîtrise de l'eau dans les sols cultivés (drainage, irrigation), les matériels de récolte et de distribution des fourrages, les matériels pour la récolte des racines et des tubercules, les matériels pour la production viticole, les serres et les équipements de production horticoles et arboricoles, les matériels pour l'entretien de l'espace : espaces verts, exploitation forestière et chemins ruraux, les bâtiments et les équipements pour les différentes filières de productions animales, les équipements pour la récolte et le stockage du lait.

• Comité d'orientation

La collection FORMAGRI est réalisée par le **CEMAGREF** en étroite collaboration avec un comité d'orientation et de suivi qui comprend des enseignants, des agriculteurs, des spécialistes du machinisme agricole, de la mécanisation et des équipements pour l'agriculture et des organismes : **ministère de l'Agriculture (DGER, ENFA de Toulouse), INA-Paris-Grignon, ENSA de Montpellier et Rennes, ENITA de Dijon et de Bordeaux, Lycée Agricole de Montargis, Lycée Agricole de Savoie, FNAFPA, SYGMA, BCMA, FNCUMA, FNGEDA, Chambre de Métiers du Gers.**

L'INSTITUT TECHNIQUE DES CÉRÉALES ET DES FOURRAGES

ITCF

une compétence de recherche appliquée

Des techniques de production aux débouchés, du choix des espèces et des variétés aux systèmes d'exploitation, l'action de l'ITCF répond, en collaboration avec l'AGPM, l'UNIP et la FNAMS à l'ensemble des préoccupations technico-économiques **des producteurs de céréales à paille, de maïs, de protéagineux et de fourrages.**

Dans le cadre de ce champ d'intervention, la **mission** de l'ITCF est de mettre au point et diffuser des techniques et des informations permettant aux agriculteurs de s'adapter à l'évolution des marchés et de contribuer à les rendre compétitifs au plan international, tout en respectant l'environnement.

Les ingénieurs et techniciens de l'Institut, valorisent un réseau d'expérimentation proche de la pratique agricole, en particulier, dans 12 stations spécialisées et laboratoires décentralisés.

L'ITCF diffuse ainsi largement vers les agriculteurs, les références acquises, par des conseils et des appuis techniques, sous forme de brochures, visites d'essai et outils d'aide à la décision.

Les moissonneuses-batteuses
et les équipements pour la récolte des graines

Coordination générale de l'ouvrage, rédaction,
analyses technologiques, maquettes des illustrations
Camille CÉDRA
Direction de la Communication et de la Valorisation
du CEMAGREF

Comité de rédaction et de lecture :

- Les partenaires du CEMAGREF

— Les ingénieurs de l'**ITCF** : Pierre BARTHÉLÉMY, Denis BOISGONTIER, Pierre LAJOUX, unité Agro-équipement, Station expérimentale de Boigneville
— Michel AUBINEAU, professeur à l'Institut National Agronomique de Paris-Grignon
— René AUTELLET, ingénieur agronome, direction technique Kverneland Blanchot s.a.
— Jean-Claude COQUILLE, professeur à l'ENITA de Dijon
— Jean-Michel COUADE, responsable *Formation,* Claas France
— Jean-Paul DOUZALS et Patrice BOUVET, professeurs au Lycée Agricole du Chesnoy-Montargis (Loiret)
— Jean-Sébastien GASCUEL, agriculteur, Puy-de-Dôme
— Gilbert GRENIER, chambre d'agriculture du Pas-de-Calais
— Michel GRILLOT, ingénieur au BCMA (Bureau de Coordination du Machinisme Agricole)
— André JOULIN, FDGEDA du Cher
— Jean-Paul LARRAT, ingénieur conseil au service *Prévention des accidents du travail* à la Caisse Centrale de la Mutualité Sociale Agricole
— Bernard LECLERC, chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir

— Guy ROBERT, chef du bureau *Hygiène* et *Sécurité* DEPSE, ministère de l'Agriculture et de la Forêt
— Pascal THEROUANNE, professeur au centre de formation machinisme agricole de Somme Suippes (Marne)
— Les ingénieurs de la FNCUMA (Fédération Nationale des Coopératives d'Utilisation de Matériels Agricoles)
— Les ingénieurs spécialisés du CATMA (Centre d'Appui Technique du Machinisme Agricole), Chambre de métiers du Gers
— La Société des Ingénieurs et Techniciens du Machinisme Agricole : SITMA
— Les ingénieurs des sociétés membres du Syndicat Général des constructeurs de tracteurs et machines agricoles (SYGMA), et du Syndicat des Entreprises de Commerce International de Matériel Agricole (SECIMA)

• Les ingénieurs du CEMAGREF

— La division ***Tracteurs et machines agricoles*** du groupement d'Antony : Jean-Yves MARTIN
— La division ***Génie des équipements agricoles et alimentaires*** du groupement de Montpellier : Paul BARBE et Jacques CHABER
— La division ***Électronique et intelligence artificielle*** du groupement d'Antony : Didier MECHINEAU et Marie-Odile MONOD
— La division ***Technologie du machinisme agricole*** du groupement de Clermont-Ferrand (Montoldre) : Michel BERDUCAT, Jean-Michel LE BARS et Marc ROUSSELET
— La division ***Production et économie agricoles*** du groupement de Rennes : Jean-François WALTER
— La division ***Espaces naturels et faune sauvage*** du groupement de Nogent-sur-Vernisson : Yves MICHEL
— Jean-Bernard MONTALESCOT, chargé de mission agro-équipement, ***Direction des programmes***
— Daniel GAUTHIER et Michel COLLOT, **Direction de la communication et de la valorisation**

• Secrétariat d'édition de la collection *FORMAGRI*

— Catherine HERBLOT, **Direction de la communication et de la valorisation**

Nous remercions les centres de formation, les services techniques et de communication des constructeurs pour leur importante contribution documentaire et iconographique.

Ont également participé à la préparation de cet ouvrage : Samuel BOURGOIN, Alain DUPIRE, Martial MOISAN et Lionel RAYNAL

PRÉFACE

L'agriculture mondiale produit plus de deux milliards de tonnes de céréales, d'oléagineux et de protéagineux, récoltés le plus souvent dans les pays développés grâce à des moissonneuses-batteuses.

Cette production essentielle pour l'alimentation humaine constitue aussi une matière première stratégique pour l'alimentation animale et l'industrie.

Chaque année, la moisson est pour des millions d'agriculteurs du monde entier, l'aboutissement d'un travail laborieux, certes source de revenus, mais aussi source d'inquiétude et parfois de découragement, lorsque les aléas climatiques et les contraintes économiques s'en mêlent.

On comprend, dans ces conditions, le souci des agriculteurs de disposer de machines performantes capables de récolter rapidement avec les meilleures garanties de qualité.

Au delà de leur aspect impressionnant, lorsqu'on les observe au travail, les moissonneuses-batteuses modernes sont sans nul doute l'exemple le plus édifiant d'une évolution technique qui associe d'une part l'expérience commune des agriculteurs, chercheurs et constructeurs, depuis la fin du 19e siècle, et d'autre part les technologies les plus récentes dans les domaines des automatismes, de l'électronique et de l'informatique.

En tant qu'un des acteurs de cette évolution technologique par les recherches qu'il conduit notamment en matière d'équipements de récolte, d'électronique et d'intelligence artificielle, le CEMAGREF continue à apporter sa contribution efficace à la transmission du savoir, en réalisant les ouvrages pédagogiques de la collection FORMAGRI.

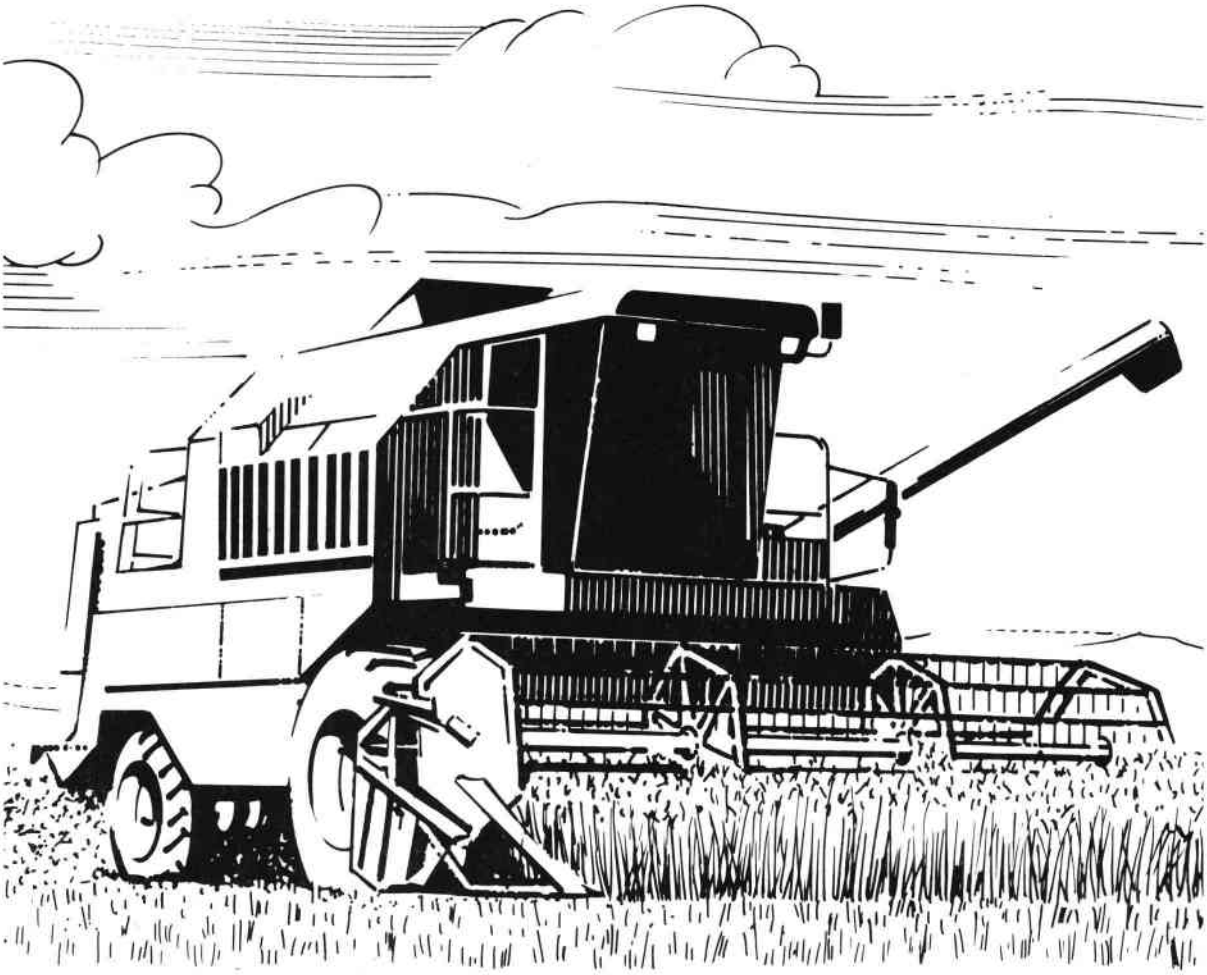
Ce nouvel ouvrage consacré aux moissonneuses-batteuses et à la récolte des graines constitue un exemple concret de cette démarche qui conduit à associer à la rédaction de nombreux partenaires spécialistes, et à prendre notamment en compte les particularités végétales des produits récoltés, les automatismes, les systèmes d'aide à la conduite, les aspects économiques et la sécurité, sans oublier la protection de la faune et du gibier.

Les enseignants, les élèves, les techniciens et les utilisateurs de moissonneuses-batteuses trouveront dans ce livre de nombreuses références inédites.

Que tous ceux qui ont collaboré à la préparation de cet ouvrage soient félicités pour l'aide indispensable qu'ils apportent à la formation en général.

Gilbert GUEZ
Président du Syndicat Général
des Constructeurs de Tracteurs et Machines Agricoles

Vice-Président du Salon
International de la Machine Agricole



SOMMAIRE

1. L'historique du moissonnage et du battage 15

2. Description et fonctionnement d'une moissonneuse-batteuse conventionnelle 31

3. L'évolution technologique des systèmes de battage et de séparation 79

4. Les équipements pour la récolte des graines oléagineuses, protéagineuses et des semences 109

5. Les équipements pour la récolte du maïs 143

6. Les particularités du groupe moteur et des transmissions 169

7. Les automatismes et les systèmes d'aide à la conduite 191

8. Le coût d'utilisation des moissonneuses-batteuses 217

9. Les règles d'entretien et de sécurité 231

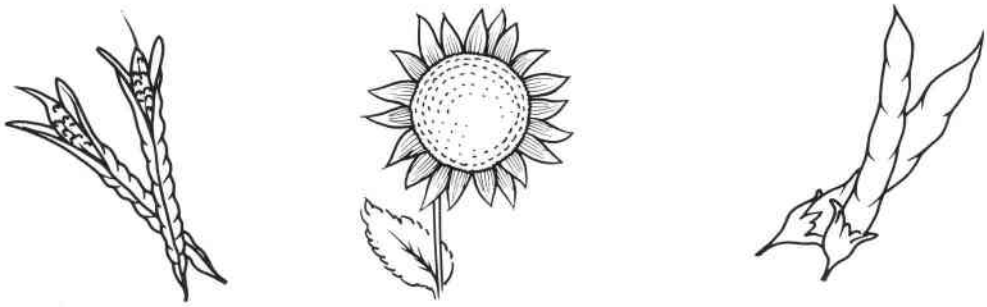
10. Normes, réglementation et repères statistiques 241

. Conseils pour la préservation de la faune sauvage 246

. Annexe documentaire 249

. Adresses utiles 255

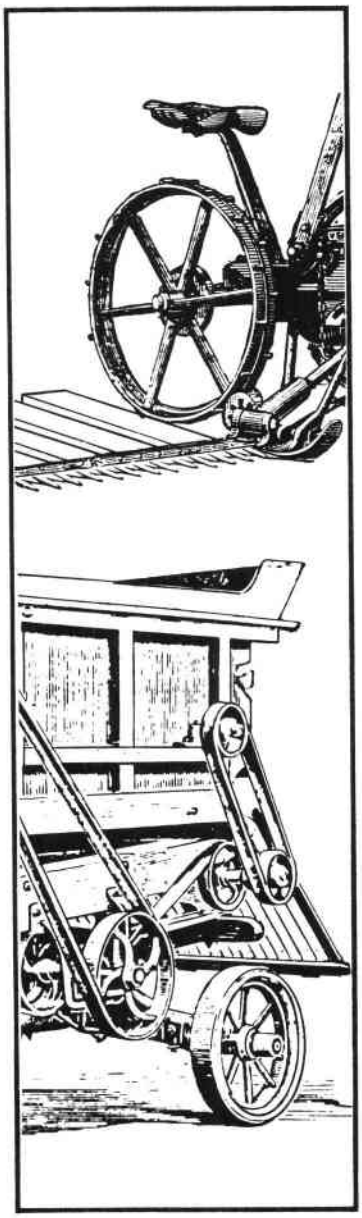
. Index alphabétique général 259



Batteuse Ruston fabriquée en 1922.
Propriété du conservatoire du machinisme agricole en Lot et Garonne.

L'HISTORIQUE DU MOISSONNAGE ET DU BATTAGE

1



- De la faucille à la moissonneuse-batteuse 17
- La moissonneuse 18
- La moissonneuse-lieuse 19
- La batteuse 21
- La moissonneuse-batteuse 24
- La séparation forcée et le battage axial 26
- L'égrenage sur pied 28

• DE LA FAUCILLE A LA MOISSONNEUSE-BATTEUSE :

Parmi l'ensemble des travaux agricoles, la moisson était autrefois incontestablement le travail le plus pénible. Le maniement de la **faucille** ou de la **faux** imposait en effet un effort musculaire notable, prolongé et s'accomplissant au moment des grosses chaleurs, dans une position pénible du corps. De plus, le travail était lent et la moisson exigeait, avec ces outils, de gros effectifs de main-d'œuvre : les flux et les reflux des moissonneurs n'étaient d'ailleurs pas, jadis, sans susciter de sérieux problèmes d'ordre économique, social et moral.

C'est pourquoi, par nécessité, les recherches mécaniques qui furent à la base de tous les outils agricoles modernes se sont surtout appliquées au début du 19ème siècle à la récolte des céréales. L'évolution a d'ailleurs été très rapide à partir des premières découvertes.

Si l'on songe, cependant, qu'il a fallu attendre le 10ème siècle pour que le cheval commence à être utilisé rationnellement avec un collier, comme animal de trait ; la fin du 18ème siècle et le début du 19ème pour voir apparaître les premières machines de récolte à traction animale, on est en droit de s'étonner à la vue des puissantes moissonneuses-batteuses qui évoluent aujourd'hui dans les campagnes. On ne peut s'empêcher d'évoquer à ce propos la prodigieuse accélération du progrès technique qui caractérise le 19ème et surtout le 20ème siècle.

Pour mieux comprendre les techniques actuelles, il convient de rappeler les principes du moissonnage et du battage et les matériels correspondants qui furent employés pendant plus d'un demi-siècle et qui préfigurent, à beaucoup d'égards, les moissonneuses-batteuses d'aujourd'hui.

La récolte des céréales a pour but de recueillir un grain propre à la consommation, destiné à l'alimentation humaine, à la préparation des aliments du bétail ou à la transformation industrielle. Ce but est atteint au moyen d'une part du **moissonnage,** action consistant à récolter les céréales et, par extension, le maïs et les oléagineux, et d'autre part, du **dépiquage** ou du **battage,** action consistant à séparer le grain du reste de la plante.

Pendant très longtemps, ces travaux ont été réalisés en deux phases distinctes : le produit était d'abord moissonné et mis en gerbes, puis transporté en l'état sur **l'aire ou le chantier de battage,** où le grain était finalement séparé de la paille et des balles au cours de l'hiver.

Mais une autre méthode a vu le jour, réalisant **simultanément** le moissonnage et le battage. C'est le **moissonnage-battage,** mettant en œuvre la **moissonneuse-batteuse** et permettant de mécaniser complètement les manutentions conduisant immédiatement de la récolte sur pied au grain prêt à stocker ou à livrer. Cette technique s'est considérablement développée en France au cours des quarante dernières années et a maintenant supplanté toutes les autres.

• **LA MOISSONNEUSE** :

Dans le cas le plus simple, la moissonneuse était constituée d'une faucheuse à traction animale. Le produit coupé était alors le plus souvent mis en **javelles** (brassée de céréales coupées, couchées sur le sol en attendant qu'on les lie en gerbes) au moyen d'un râteau manuel ou d'un autre instrument adéquat, puis lié à la main.

La faucheuse-andaineuse, première véritable moissonneuse comprenait une **barre de coupe** classique et des rabatteurs qui couchaient la récolte sur un **transporteur horizontal,** ou **tablier,** qui la déversait sur le sol en un andain continu. Selon les machines, le déversement se faisait, soit par le côté, soit au centre ; dans ce dernier cas, le transporteur était composé de deux demi-tapis tournant en sens inverse. Les **diviseurs,** au nombre de un ou deux selon le mode de déversement étaient soit analogues à ceux des faucheuses, mais plus largement dimensionnés, soit rotatifs à spirale ou bien encore consistaient en une barre de coupe disposée verticalement.

Bien que des brevets de moissonneuses aient été pris avant 1831, il semble qu'aucune des machines projetées n'ait été achevée. Il fallut attendre 1833, date de la mise au point de la première machine à moissonner par O. HUSSEY, pour que s'ouvre véritablement l'ère de la machine à moissonner. PLINE mentionne dans ses écrits, l'existence d'une machine à moissonner dans le sud de la Gaule, mais il ne semble pas que l'usage de cette machine ait eu un grand développement et c'est en 1844 que la moissonneuse, conçue dès 1831 par Cyrus H. Mc CORMICK, rencontra un certain succès aux Etats-Unis.

En fait, les premières moissonneuses n'étaient que des faucheuses-andaineuses à déversement latéral. Patrick BELL (1826) et HUSSEY (1833) furent parmi les premiers fabricants de faucheuses-andaineuses.

Puis apparurent les premières **moissonneuses-javeleuses.** Sur les premières machines de cette catégorie, la récolte tombait sur un plateau ou **tablier** situé derrière la barre de coupe où elle était assemblée en **javelles,** puis déversée à terre par un aide au moyen d'une sorte de grand râteau (fig. **1**).

Par la suite, les moissonneuses-javeleuses furent munies d'un appareil de javelage automatique constitué par quatre grands **râteaux** décrivant une trajectoire appropriée leur permettant de balayer par intermittence un tablier en forme de quart de cercle disposé en arrière de l'organe de coupe (fig. **2**). Le mécanisme était réglé de telle sorte qu'entre chaque passage d'un râteau javeleur, il s'accumulait suffisamment de récolte sur le tablier pour constituer une javelle.

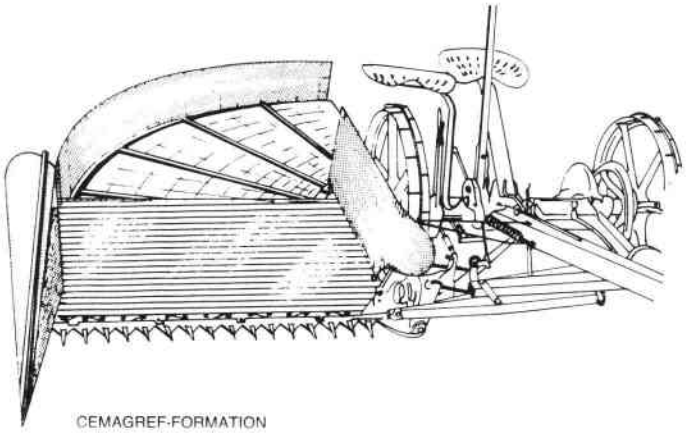


Fig. 1 — **Moissonneuse à javelage manuel, vers 1860.**

A l'exposition de BIRMINGHAM, en 1876, fut présentée une **"lieuse de javelles".** Cette machine ramassait et **liait** les javelles préalablement disposées à terre par une moissonneuse-javeleuse. Cette apparition préfigurait une machine combinée qui ne tarda pas à apparaître en fabrication à partir de 1881 : **"la moissonneuse-lieuse".**

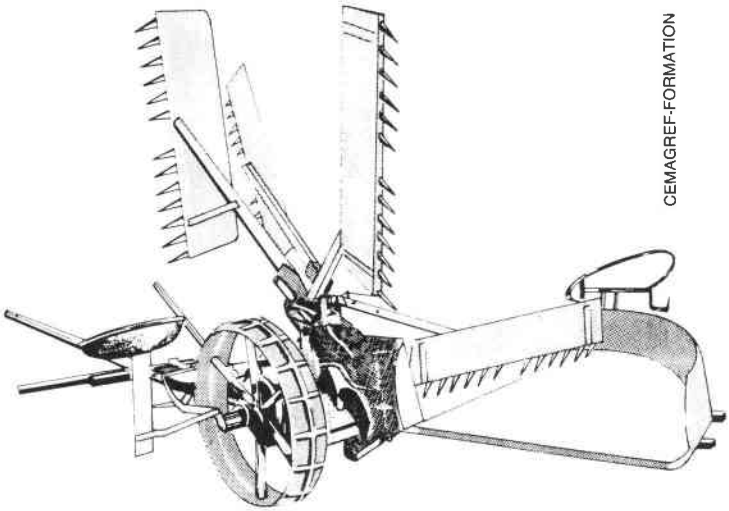


Fig. 2 — **Moissonneuse à râteaux-javeleurs automatiques, vers 1860.**

- **LA MOISSONNEUSE-LIEUSE** :

La première **moissonneuse-lieuse** pratiquement mise au point semble avoir été présentée aux Etats-Unis en 1875 par la firme DEERING. Elle n'était pas fondamentalement différente des machines définitives dont elle possédait déjà la silhouette générale.

Très rapidement, ce matériel connut aux Etats-Unis un franc succès et il ne tarda pas à pénétrer en Europe. La figure **3** montre une machine de fabrication française utilisée en 1930.

Une moissonneuse-lieuse comportait principalement cinq groupes d'organes (fig. **4**) :

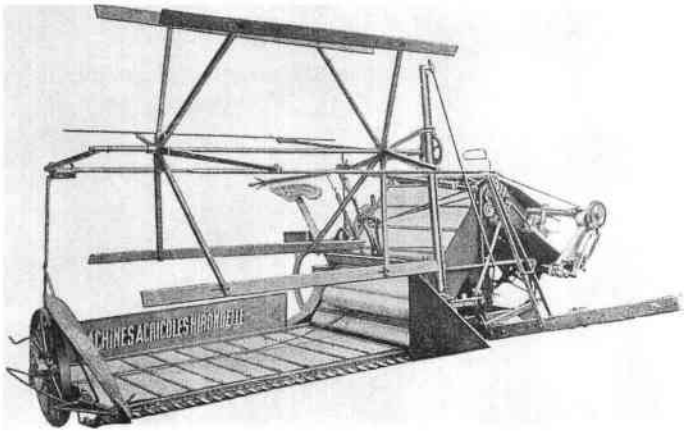


Fig. 3 — **Moissonneuse-lieuse Amouroux-Hirondelle, vers 1930.**

- une **barre de coupe** et des **diviseurs,** très voisins de l'organe de coupe d'une faucheuse classique. Toutefois, au lieu de travailler en porte-à-faux comme sur les faucheuses, le porte-lame était solidaire du bâti du tablier et se trouvait soutenu à l'extérieur par une roue inclinée dite **roue de grain,**

- un **rabatteur,** constitué par cinq à six **lattes** légères, en bois, parallèles à la barre de coupe et disposées radialement autour d'un arbre qui tournait dans le même sens que les roues de la machine. Les lattes servant à attaquer les tiges un peu au-dessous de l'épi et légèrement en avant de la barre de coupe pour faire basculer la récolte vers le transporteur,

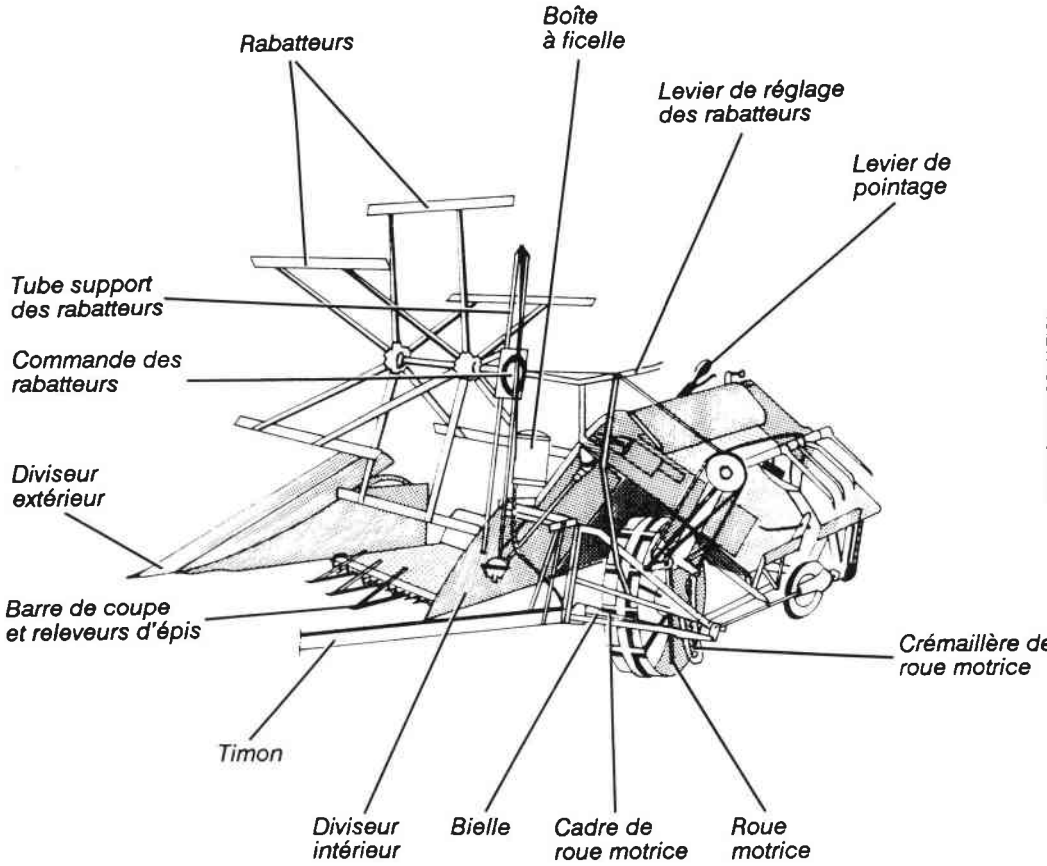


Fig. 4 — **Vue d'ensemble d'une moissonneuse-lieuse.**

- un **transporteur,** constitué par des toiles, chacune tendue entre deux rouleaux, dont l'un était commandé et l'autre fou. Ce transporteur à toiles ou tapis assurait l'alimentation de la table de liage,

- un **système de liage** (fig. **5**), composé de deux groupes d'organes distincts : les **organes de liage** proprement dits (**noueur** et **aiguille mobile**), dont le fonctionnement est identique à celui des ramasseuses-presses à balles parallélépipédiques et des **organes annexes (égalisateurs, tasseurs, éjecteurs** et le **verrou** de déclenchement de l'arbre des noueurs). Ces organes étaient à la moissonneuse-lieuse ce que l'ensemble canal-piston est à la ramasseuse-presse : leur rôle est de former la botte et de la maintenir serrée pendant le liage,

- un **bâti et des transmissions :** le bâti reposait sur la roue porteuse et sur la roue de grain par l'intermédiaire du tablier qui constituait son prolongement direct. Les transmissions étaient différentes selon que le mouvement des mécanismes était entraîné par la roue motrice, un moteur auxiliaire ou la prise de force d'un tracteur.

• **LA BATTEUSE** :

Depuis la plus haute antiquité et jusqu'à la fin du 19ème siècle, le **fléau** a été l'outil le plus employé pour séparer le grain de la paille. Pour dépiquer, on utilisait également le piétinement des animaux, un traîneau ou un rouleau conique en pierre, le grain était ensuite séparé de la paille et des balles **(vannage),** en soumettant le mélange à l'action du vent par projection manuelle au-dessus d'un récipient plat tenu à bout de bras. Une des premières machines à battre a existé dès la moitié du 18ème siècle, mais cette machine, qui fonctionnait selon le principe du fléau, ne fut utilisée que sur quelques rares domaines et ne connut jamais un développement intéressant.

La première batteuse à batteur rotatif fut inventée semble-t-il par l'Ecossais MEIKLE vers 1750. C'était une machine extrêmement rudimentaire constituée simplement par un **batteur** et un **contre-batteur,** et dépourvue d'organes de nettoyage ; son fonctionnement se faisait à bras. C'est seulement vers 1880 qu'apparurent les premières machines voisines des batteuses classiques. Pour leur entraînement, toutes sortes de moyens ont été utilisés : **trépigneuses, manèges à chevaux (ou à bovins), moteurs à vapeur, moteurs à explosion, moteurs électriques, poulies des tracteurs...**

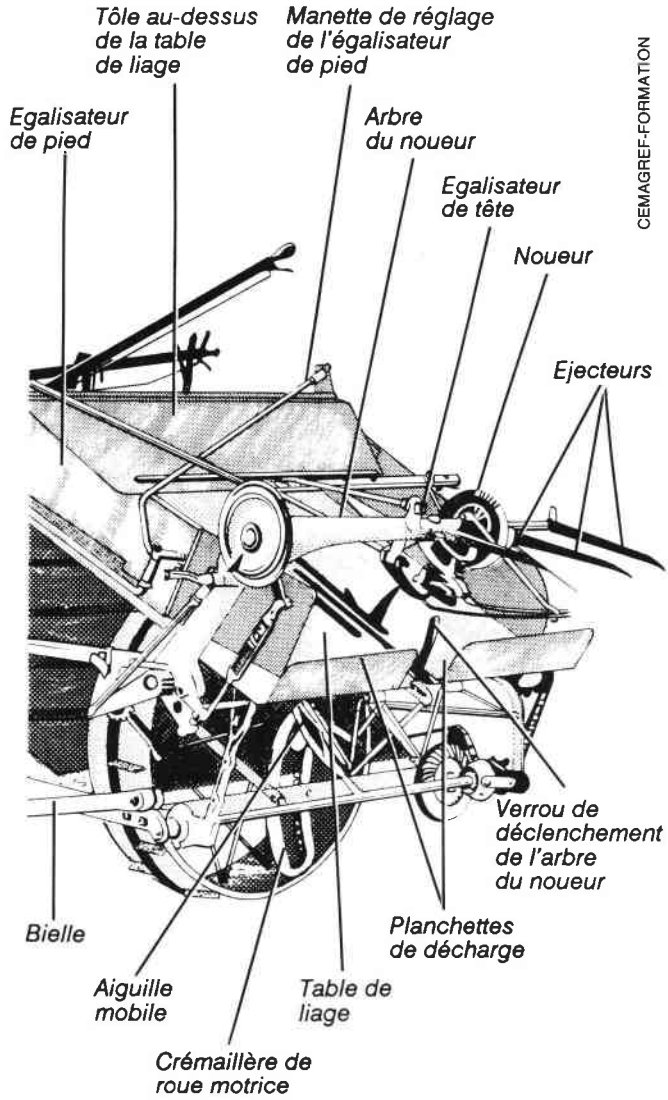


Fig. 5 — **Table de liage d'une moissonneuse-lieuse.**

Les premières batteuses n'effectuaient que le battage ; le nettoyage du grain était réalisé séparément à l'aide d'une **vanneuse** ou **tarare** qui comprenait les mêmes éléments que le caisson de nettoyage intégré : ventilateur, grilles alternatives...

Dès 1886, en Allemagne, GREGOR et GREGOR avaient fait breveter un dispositif de battage axial, mais le principe fut oublié avant même d'avoir été mis en œuvre et d'avoir débou-

ché sur un prototype viable. Plus tard, d'autres recherches furent menées, SCHLAYER-HELIAKS au début des années 20, CURTIS au début des années 30.
Le système à flux axial réalise un battage par friction (frottements accompagnés de chocs) auquel succède une séparation de type centrifuge. Ce procédé est donc connu depuis longtemps et les solutions que l'on propose maintenant découlent des différentes recherches entreprises depuis un siècle.

Une batteuse à poste fixe comportait essentiellement (fig. **6**) un batteur, **un contre-batteur, des organes de séparation et de nettoyage.**

. Le **batteur** et le **contre-batteur** : le principe de l'égrenage mécanique est d'engager progressivement la récolte entre deux organes cylindriques concentriques, l'un tournant à grande vitesse, le **batteur**, l'autre fixe et entourant partiellement le premier, le **contre-batteur**.

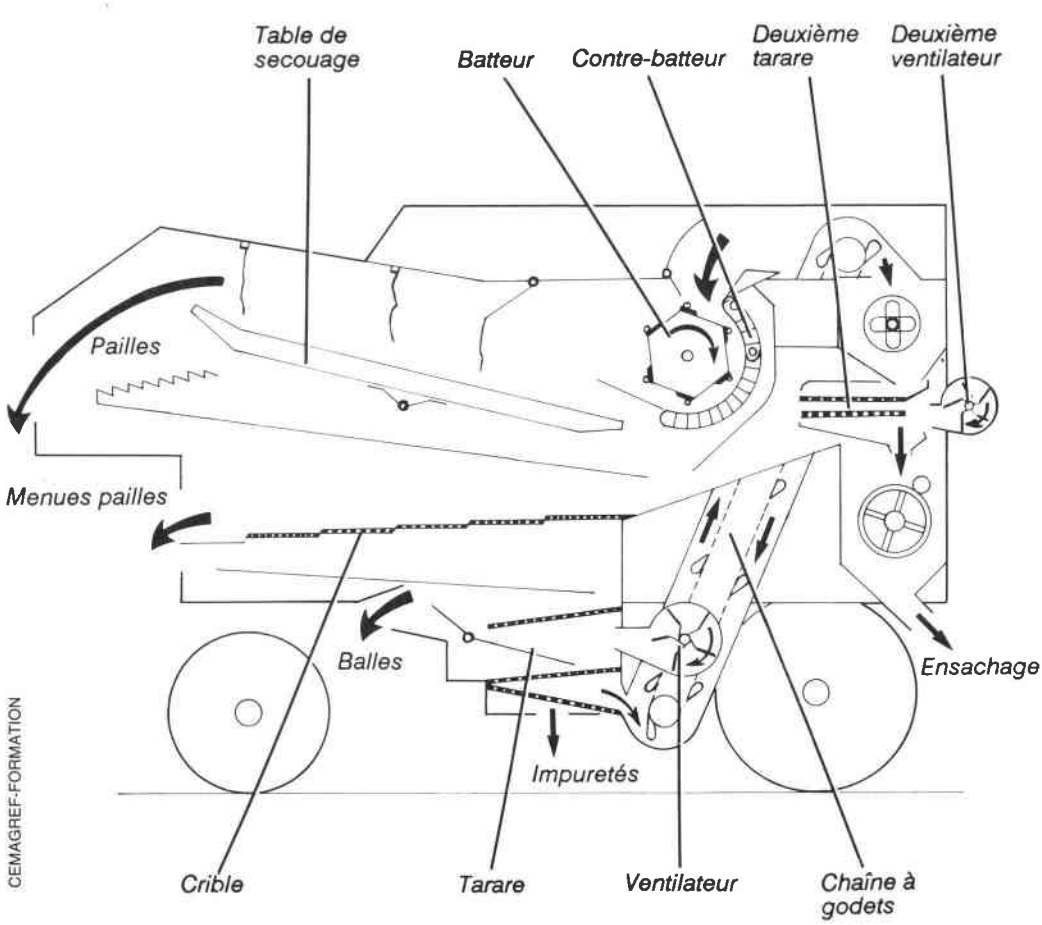


Fig. 6 — **Vue en coupe d'une batteuse à poste fixe.**

Les pièces travaillantes du batteur pouvaient être des **battes** ou des **pointes** ; le batteur est dit "écossais" dans le premier cas ou "américain" dans le second (fig. **7** et **8**).

En outre, selon le sens dans lequel la récolte est engagée dans le batteur, on distinguait :

- les **batteuses en bout** ou **en long,** dans lesquelles les tiges de la récolte étaient engagées perpendiculairement à l'axe du batteur,

- les **batteuses en travers,** dans lesquelles les tiges de la récolte étaient engagées parallèlement à l'axe du batteur.

Les batteuses en bout étaient indifféremment équipées d'un batteur de type écossais ou américain ; les batteuses en travers étaient généralement équipées de batteurs écossais à battes longues et serrées.

. Les organes de séparation et de nettoyage (fig. **6**) :

La **séparation de la paille** qui était poussée vers l'arrière de la batteuse était réalisée grâce à des **secoueurs,** constitués chacun par deux flasques aux profils en dent de scie et un fond formant un crible pour ne laisser passer que le grain, les balles, les menus déchets et les otons. Sur certaines machines, plus simples, les secoueurs étaient remplacés par une **table de secouage,**

- la **séparation des menues pailles** était assurée par un crible à mouvement alternatif formant un plan incliné et ne laissant passer que le grain, les otons, les balles et les petites impuretés ; les grosses impuretés étaient rejetées à l'avant ou à l'arrière, selon les cas,

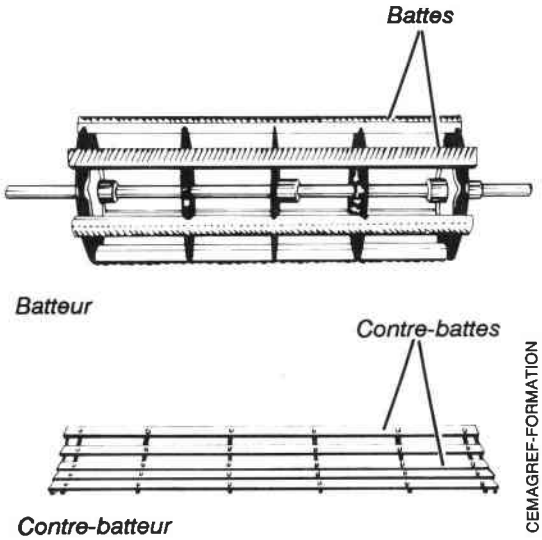


Fig. 7 — **Batteur écossais et contre-batteur.**

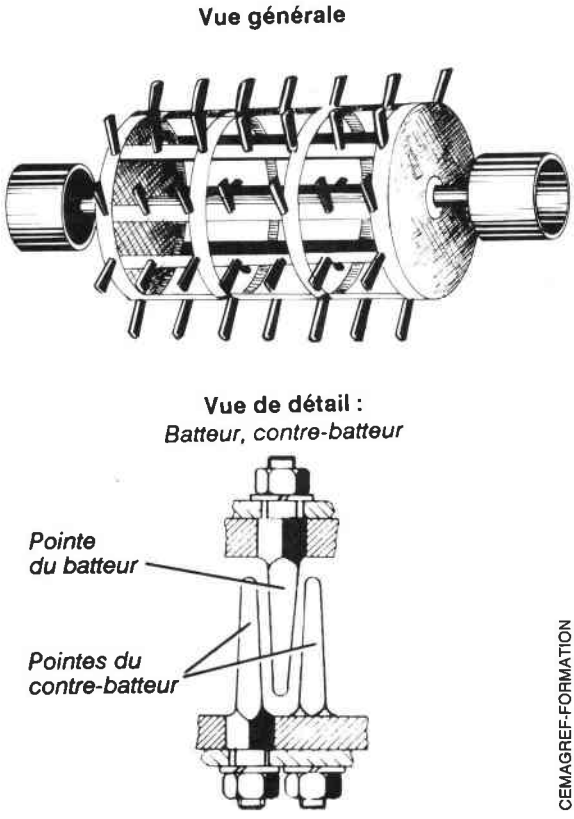


Fig. 8 — **Batteur américain à pointes ou à doigts.**

- la **séparation et la reprise des otons :** les otons, c'est-à-dire les épis cassés non battus, doivent repasser entre le batteur et le contre-batteur, afin que le grain en soit extrait. Sur certaines machines, les otons étaient repris pneumatiquement grâce à la dépression produite par le batteur ; sur d'autres machines, ce résultat était obtenu au moyen d'un élévateur à godets ou à vis, les otons étant regroupés au bas de cet élévateur par une vis appropriée,
- la **séparation du grain** et des impuretés restantes (balles, poussières, petits débris divers) s'effectuait au moyen d'une sorte de **tarare,** le **nettoyeur,** qui comportait une série de deux ou trois grilles traversées par un courant d'air d'intensité réglable qui enlevait les éléments les plus légers. La dernière grille ayant des orifices plus petits que le grain à traiter, laissait passer les impuretés de dimensions inférieures au grain. Certaines machines, dites à **double nettoyage** ou **double effet** comportaient un deuxième nettoyeur, sur lequel le grain était dirigé avant de sortir de la machine et d'être ensaché.

• LA MOISSONNEUSE-BATTEUSE :

Une fois la moissonneuse-lieuse et la machine à battre inventées et entrées dans la pratique courante, il devenait logique de chercher à les réunir en une machine combinée permettant de récolter et de battre simultanément la récolte sur le champ même, le liage devenant alors inutile.

C'est vers 1910 que les premières moissonneuses-batteuses rudimentaires, ancêtres de nos machines modernes, apparurent. Ces machines, **dont le mouvement était commandé par les roues,** effectuaient de ce fait un travail assez grossier, car les constructeurs ne disposaient pas de la puissance nécessaire pour animer des mécanismes nombreux et complexes : le tracteur faisait ses premières armes et la traction des machines, très lourdes, était encore fournie par des chevaux ou des mulets. Aux Etats-Unis, des machines étaient tirées par des mules ; on attelait alors 40 à 80 bêtes à la fois !

Ce sont le perfectionnement et le développement des moteurs à explosion, intervenus à la suite de la première guerre mondiale, en particulier la diminution du poids des moteurs, qui permirent le développement de tracteurs puissants et de moteurs auxiliaires relativement légers. **Ainsi, c'est la motorisation qui a permis le développement réel des machines modernes, grandes consommatrices de puissance.**

A partir de 1921, les premières moissonneuses-batteuses dignes de ce nom purent être présentées aux utilisateurs. Mais il s'agissait encore de machines rustiques (fig. **9**) animées par des moteurs auxiliaires de 50 à 70 ch et tirées, en outre, par trac-

Fig. 9 — **Vue arrière d'une moissonneuse-batteuse française Douilhet en 1932 ; machine tractée à moteur auxiliaire.**

teur. La barre de coupe mesurait entre 5 et 7 m de large, en raison des faibles rendements en blé des cultures américaines, et les batteurs, le plus souvent du type à pointe, étaient très courts.

La troisième grande étape de l'histoire de la moissonneuse- batteuse se situe au cours des années 1936 à 1938. Cette étape est marquée par l'apparition de petites machines tractées, destinées aux exploitations de moindre importance, et de matériels **automoteurs,** ces deux catégories de machines étant, par ailleurs, conçues pour absorber les récoltes européennes à plus fort rendement. CLAAS, en Allemagne (Harsewinkel), s'est intéressé en 1936 à ce problème ; il sortit alors une machine tractée de 2,40 m de largeur de coupe seulement (fig. **10**). MASSEY-HARRIS présenta aux Etats-Unis en 1938 une des premières **automotrices** (fig. **11**).

Bien qu'introduite en France à partir de 1929, la moissonneuse-batteuse n'y prit cependant pas un grand essor avant 1939 (200 machines en service à la fin de la moisson 1939). La moissonneuse-batteuse ne connut en effet un plein succès dans notre pays qu'à partir de 1945 et plus précisément après 1956 (23.000 machines acquises).

Parmi les machines commercialisées jusqu'à la fin des années soixante, beaucoup étaient pourvues d'une plate-forme d'ensachage et d'une presse à paille. Ces deux équipements ont été peu à peu abandonnés. La plate-forme d'ensachage à cédé la place à la trémie (moins de main d'œuvre) et la presse à paille intégrée a été abandonnée en raison des difficultés d'écoulement de la paille (bourrage).

Depuis cette époque, et jusqu'à la fin des années 70, où le battage axial et la séparation forcée firent leur apparition, la conception générale de la moissonneuse-batteuse n'a pas vraiment évolué, des améliorations ayant été simplement apportées aux différents organes constitutifs.

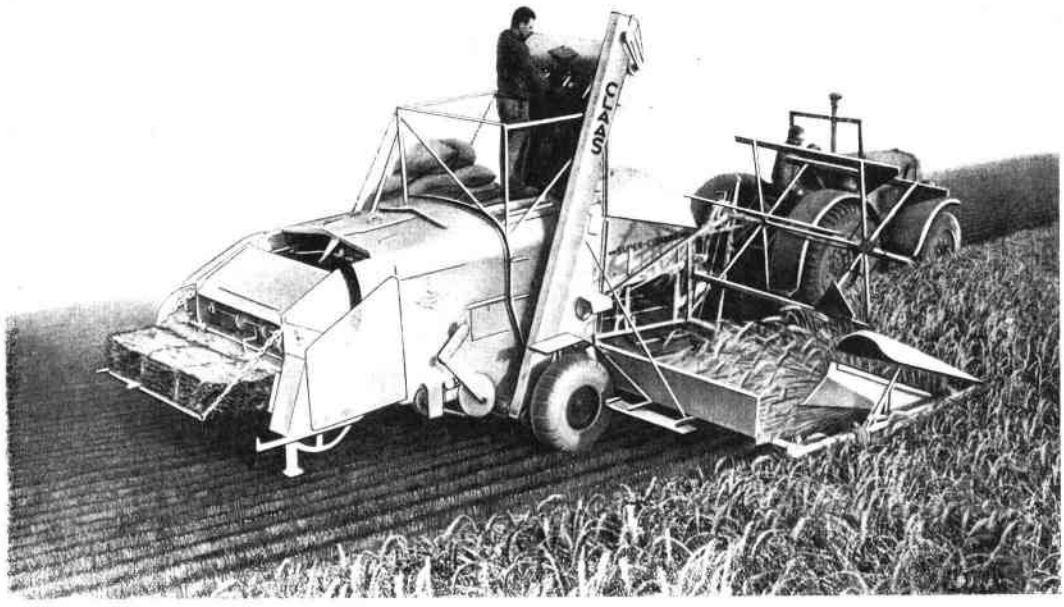


Fig. 10 — **Moissonneuse-batteuse tractée Claas "Super", vers 1949.**

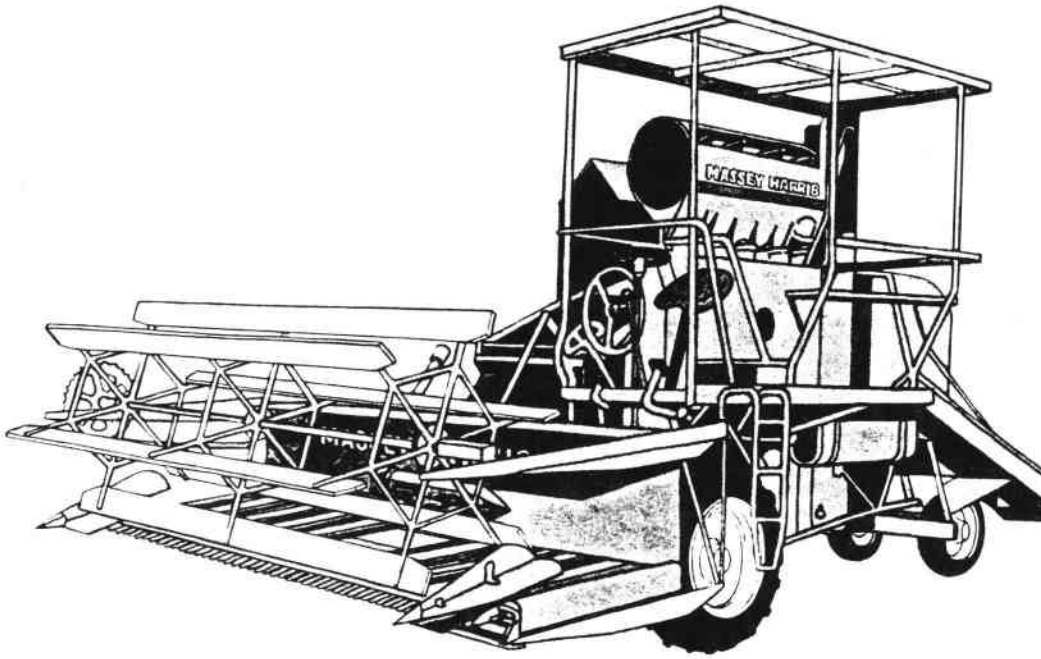


Fig. 11 — **Moissonneuse-batteuse automotrice Massey-Harris 21, de 1939.**

• LA SÉPARATION FORCÉE ET LE BATTAGE AXIAL :

. La séparation forcée :

Il s'agit de faire passer la récolte entre un élément fixe, mais réglable (le plus souvent une grille), et un élément mobile cylindrique (un rotor simple ou plusieurs rotors). Le grain est alors expulsé de la paille sous l'effet combiné, ou non, de la friction et de la force centrifuge. Mais, contrairement à ce qui se passe avec le système classique à secoueurs, ce n'est pas l'effet de la gravité qui s'avère dominant. L'objectif essentiel de la séparation forcée est d'augmenter le débit horaire de la machine tout en accroissant le rendement de la séparation et ceci avec des surfaces de séparation moindre.

L'idée même de séparation forcée n'est pas nouvelle puisqu'en 1790, l'Ecossais MEIKLE (déja à l'origine du batteur "Ecossais" vers 1750) proposait une batteuse sans secoueurs. Le système de battage qu'il fit alors breveter se composait de trois cylindres : le premier jouait le rôle de batteur à proprement parler et les deux suivants étaient déjà de véritables séparateurs rotatifs (fig. **12**). C'était donc le système à batteurs-séparateurs multiples qui, depuis, n'a jamais été complètement abandonné. On retrouve plus tard des systèmes de séparation forcée dans des brevets déposés en 1886. La première batteuse française à séparation forcée a été construite en 1920, sur des plans dus à Mathieu de DOMBASLE. Elle ne possédait que deux rotors cylindriques, dont le premier assurait une fonction de batteur et le second jouait le rôle de séparateur.

Premier tambour séparateur jouant le rôle de tire-paille

Bouche pour l'ensachage

Contre-séparateur muni d'orifices

Deuxième tambour séparateur

Rouleaux d'amenée

Contre-séparateur partiellement muni d'orifices

Bavette placée sur l'extrémité par où sort la paille

Batteur en rotor

Contre-batteur dans lequel n'est ménagé aucun orifice

Elévateur à grains

Sortie des grains

CEMAGREF-FORMATION

Fig. 12 — **Batteuse de Meikle à batteurs multiples** *(Brevet déposé en 1790).*

Plus récemment, aux Pays-Bas, un prototype à séparation forcée à sept cylindres séparateurs, était mis au point et testé dans les champs. C'était un système très proche de celui adopté actuellement par CLAAS. D'autres constructeurs ont poursuivi des recherches dans ce sens. C'est le cas notamment de AROS, LANZ ou EPPLE-BUXBAUM (fig. **13**). Les Russes, de leur côté, ont poursuivi des recherches analogues, comme on peut le constater avec le modèle Sibiryak (fig. **14**). Avec ce modèle, comme sur d'autres d'un type analogue, les secoueurs conventionnels sont cependant toujours maintenus.

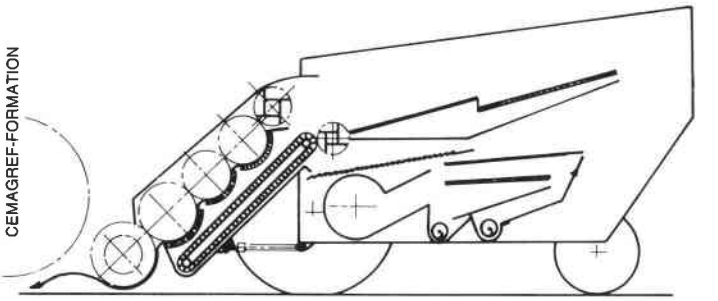


Fig. 13 — **Schéma d'un prototype de moissonneuse-batteuse à batteurs multiples (Epple-Buxbaum).**

En 1981, le constructeur allemand CLAAS présente une machine où les secoueurs sont remplacés par huit cylin-

dres de séparation et des grilles ; en 1983, New-Holland présentait la séparation rotative "Twin-Flow rotor" ; tandis qu'à partir de 1987 plusieurs constructeurs allaient proposer des séparateurs rotatifs entre batteur et secoueurs : New-Holland, Deutz-Fahr, Massey-Ferguson,... (se reporter au chapitre 3 : l'évolution technologique des systèmes de battage et de séparation).

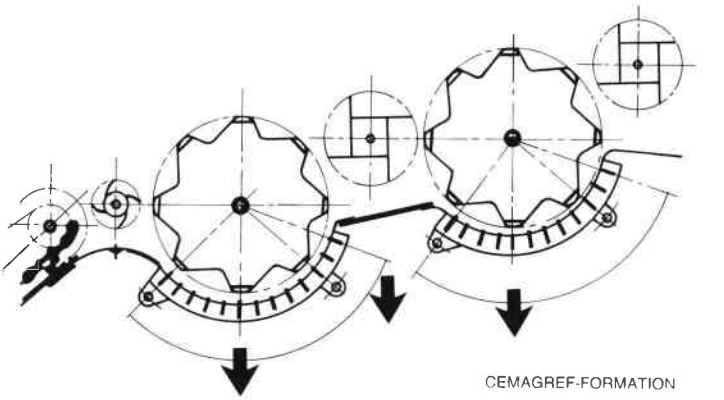


Fig. 14 — **Système de battage à batteurs multiples de la machine russe "Sibiryak".**

. Le battage axial :

Les premiers systèmes de battage axial semblent avoir été expérimentés à la fin du 19ème siècle. Ce procédé consiste à amener la récolte à l'extrémité d'un ou deux rotors, dont la conception permet de combiner l'action de battage et de séparation. En suivant un déplacement axial par rapport à l'axe du rotor, la récolte décrit un mouvement sensiblement hélicoïdal. Cette technique a été développée tout d'abord pour le battage du maïs.

C'est aux Etats-Unis, vers 1977, que l'on observe les débuts du développement du battage axial : International Harvester, New-Holland, White,... En 1978-79, certains de ces matériels sont importés en Europe et présentés à l'occasion du salon international de la machine agricole de 1979. Dans le cadre de ce salon, une médaille d'or était décernée par le Comité pour l'Encouragement à la Recherche Technique, au système "Axial Flow" de la firme International Harvester (CASE IH), et à New-Holland pour le système axial "twin-rotor". Les premiers essais effectués à l'époque indiquaient que, dans les conditions spécifiques aux pays européens, une récolte efficace de certaines espèces et variétés de céréales pouvait s'avérer difficile. En 1986, Fiatagri sortait le système MX (se reporter au chapitre 3 : l'évolution technologique des systèmes de battage et de séparation).

• L'ÉGRENAGE SUR PIED :

L'analyse historique des techniques de récolte des grains montre que les premières tentatives allaient dans le sens d'une récolte directe, sans moissonnage.

Pline mentionne ces toutes premières machines utilisées par les paysans gaulois au début de notre ère (fig. **15**), sorte de trémies sur roues poussées par des bœufs et munies à l'avant d'un peigne transversal permettant l'arrachage des épis ; peut-être s'agissait-il de l'ancêtre du concept de moissonneuse-égreneuse et autres "strippers", étudiés depuis 1980 et en cours de développement. La machine combinée que l'Australien Mc KAY mit au point en 1884 était en effet constituée par une sorte de peigne qui recueillait les épis et les dirigeait vers un système de battage simplifié. En fait, cette idée fut d'abord exploitée par son compatriote KIDLEY qui s'inspira directement d'une reconstitution de la machine à moissonner gauloise qui avait été publiée dans un magazine britannique de l'époque.

Par la suite, cette technique fut perfectionnée surtout par la compagnie canadienne MASSEY-HARRIS de Toronto, qui diffusa un nombre assez important de machines conçues selon le même principe que la machine de Mc KAY.

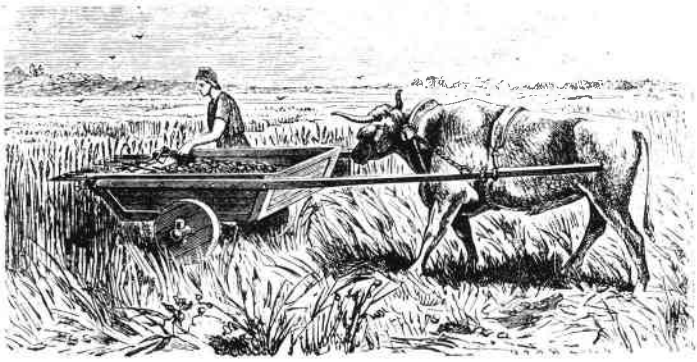
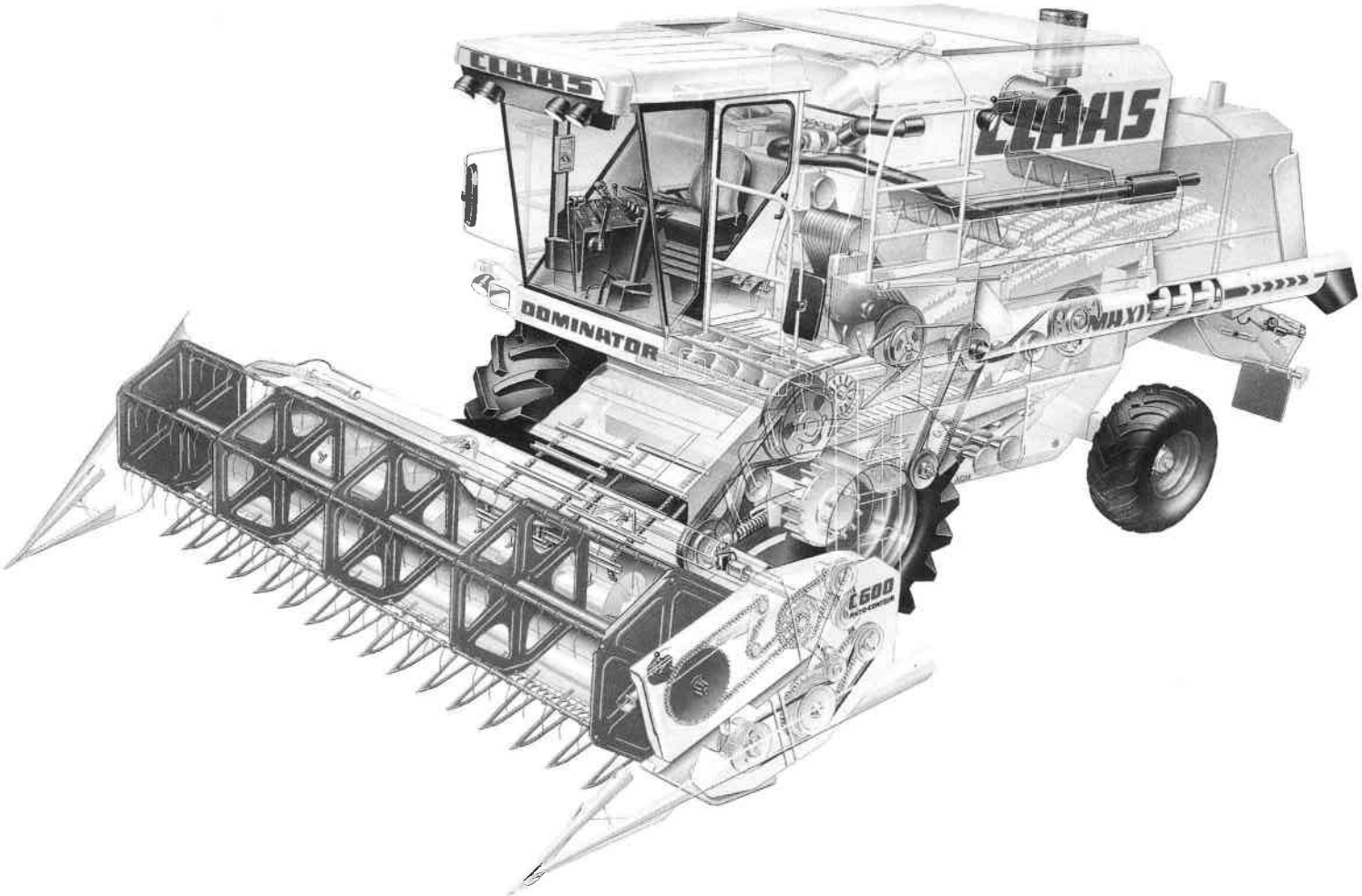
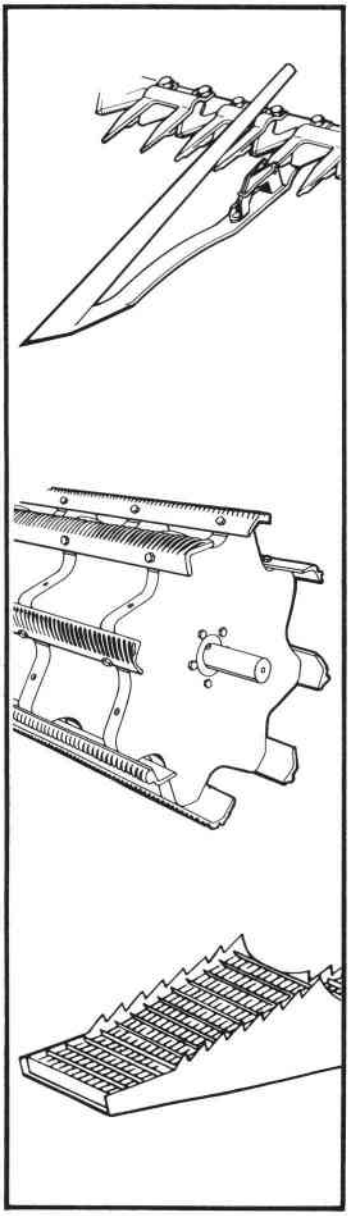


Fig. 15 — **Machine Gauloise à moissonner sur pied**
(gravure reconstituée d'après Pline l'Ancien).

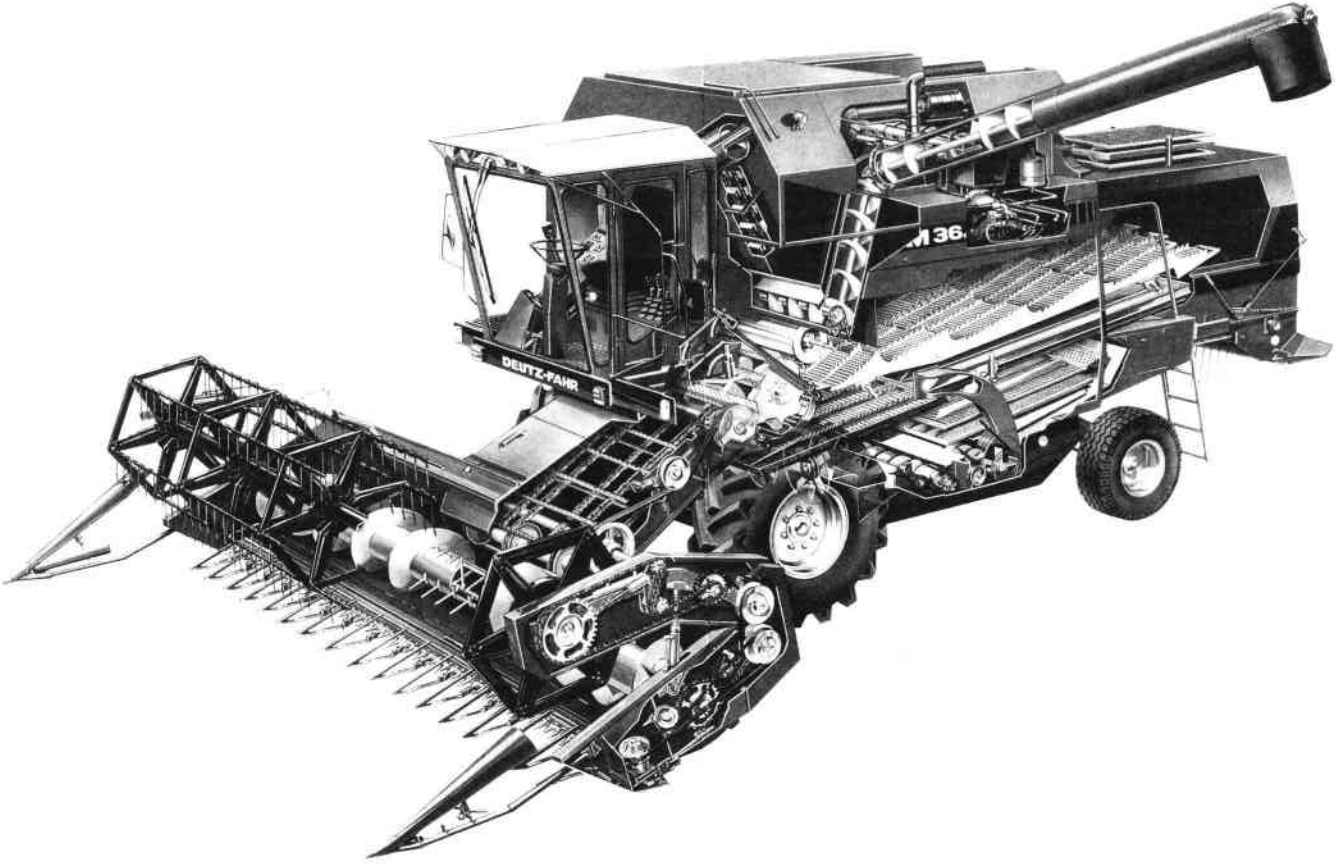


Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Claas ''Dominator''.

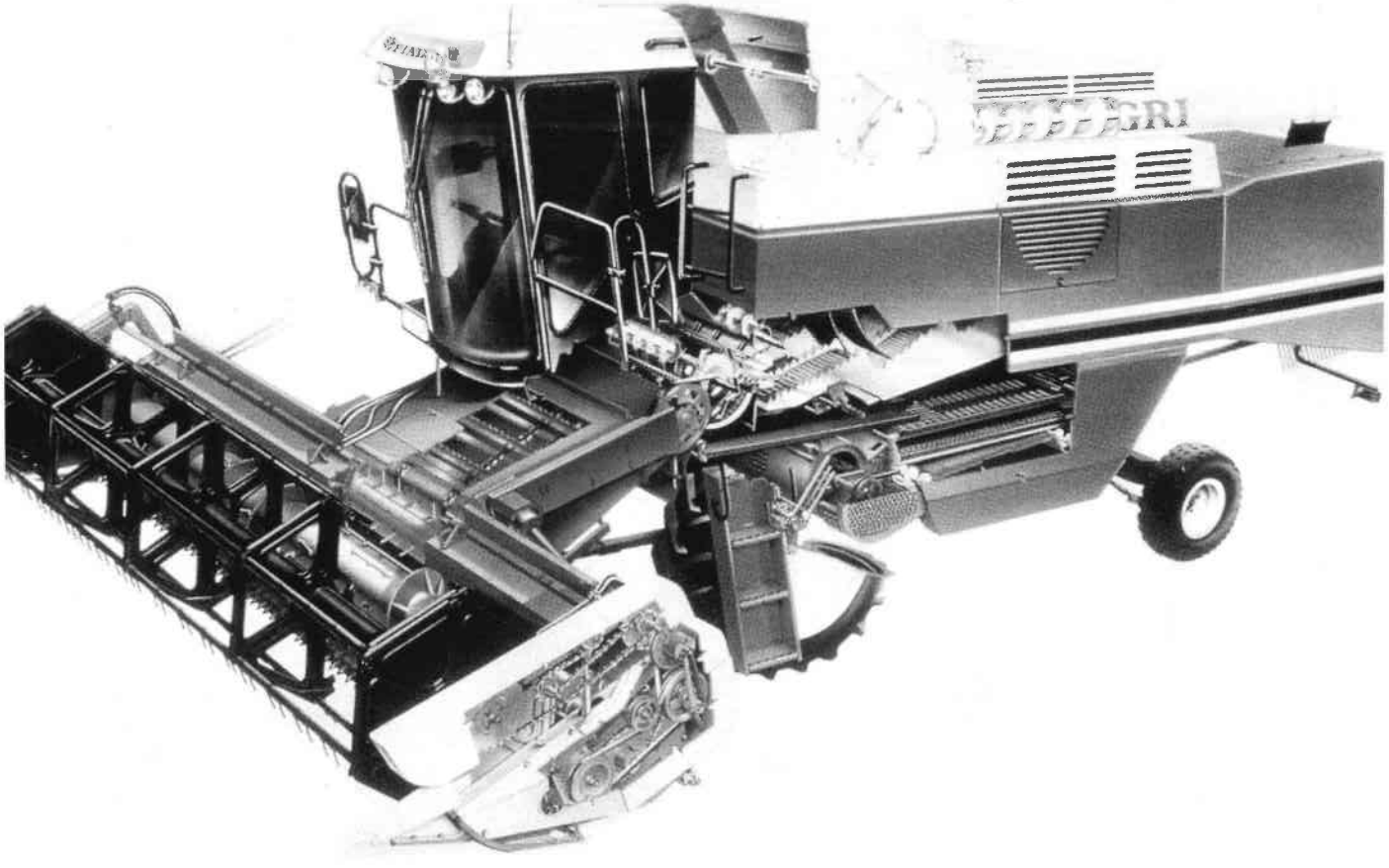
DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT D'UNE MOISSONNEUSE-BATTEUSE CONVENTIONNELLE 2



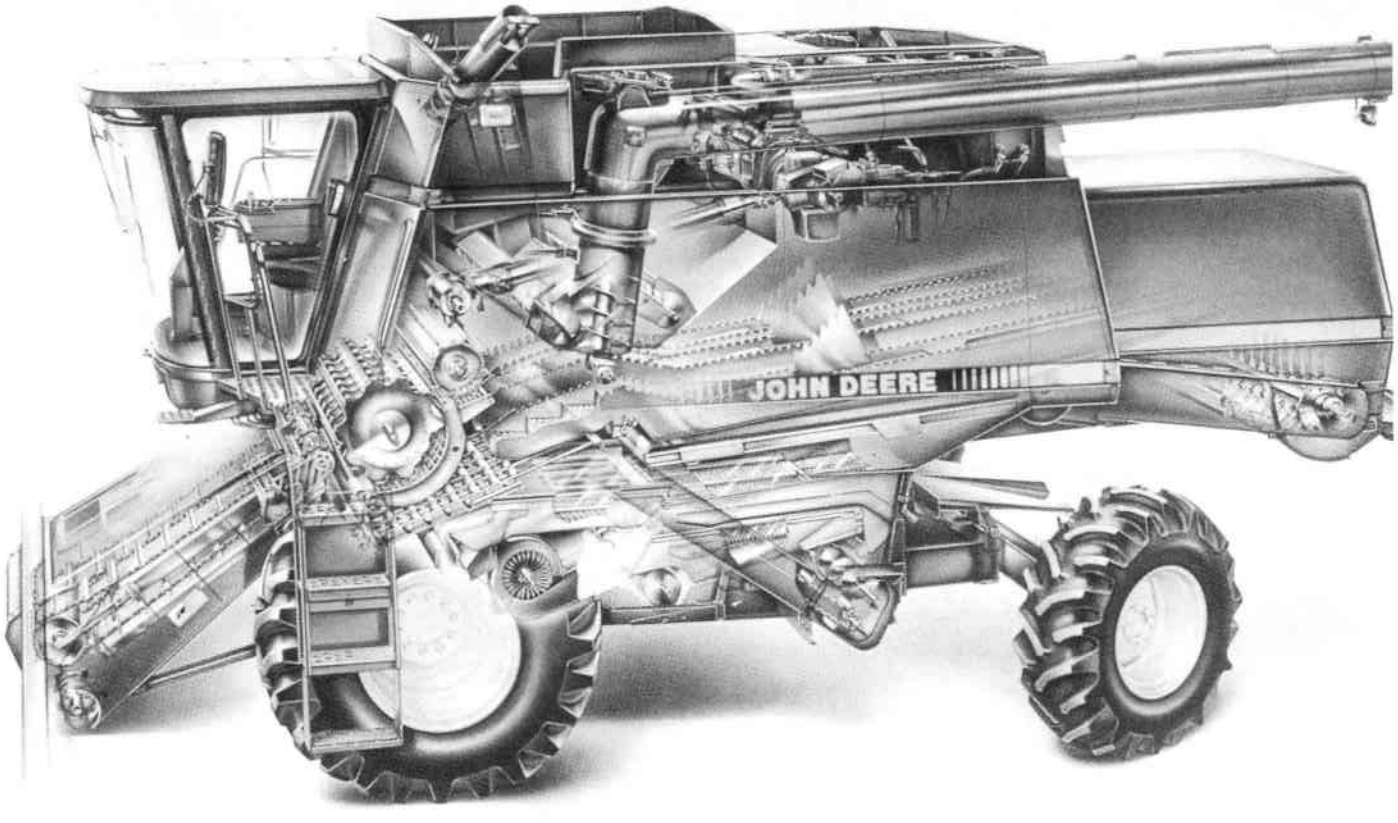
- La récolte des céréales à paille ... 35
- Les organes de coupe et d'alimentation 37
  - . La barre de coupe 40
  - . Les rabatteurs 41
  - . La vis d'alimentation 45
  - . Le convoyeur 48
- Les organes de battage 50
  - . Le batteur 50
  - . Le contre-batteur 54
  - . Le tire-paille 57
- Les organes de séparation du grain de la paille 57
  - . Les secoueurs 59
  - . Les organes complémentaires de séparation 60
- Les organes de nettoyage 62
  - . La table à grain 63
  - . Le caisson de nettoyage 65
  - . Le ventilateur 69
- Les organes de récupération du grain 72
- L'évaluation des pertes de grain .. 75
- Les broyeurs de paille 76



Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Deutz-Fahr "M36".



Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Fiatagri 3890.



Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse John Deere 9600.

• LA RÉCOLTE DES CÉRÉALES À PAILLE :

. L'élaboration du rendement :

En matière de production céréalière, le terme "rendement" exprime la quantité de produit récoltée par hectare (en quintaux/hectare par exemple). Le rendement est finalement le résultat des étapes successives de la végétation ; il se caractérise par **le nombre d'épis, le nombre de grains par épi** et **le poids de chaque grain.**

Le **nombre d'épis** d'une parcelle dépend tout d'abord du peuplement à la levée, qui influe sur **le tallage**. Un blé clair aura un tallage herbacé beaucoup plus abondant qu'un blé dense. En plus du nombre de pieds à la levée, le nombre d'épis dépend de la température pendant le tallage et au début de la montaison. Quelques interventions culturales peuvent également modifier le "tallage épis". Ainsi, la fumure azotée peut agir en assurant une bonne alimentation minérale de la plante, et en favorisant la montée d'un plus grand nombre d'épis. Le désherbage intervient également sur cette composante du rendement en éliminant la compétition exercée par les mauvaises herbes.

Pour assurer un peuplement d'épis optimal (450 à 600 épis par mètre carré, selon les variétés et les zones de culture), l'agriculteur doit observer attentivement son blé dès le début du tallage, noter sa vigueur, et repérer avec précision les **stades de début de tallage, de plein tallage** et de **début de montaison :**

- le début de tallage est caractérisé par l'apparition de la première talle à l'aisselle de la première feuille. A ce stade, les plantes possèdent généralement quatre feuilles,

- le plein tallage est un stade beaucoup plus difficile à définir, car l'importance du tallage varie beaucoup avec les conditions agro-climatiques (densité de semis, température). On considère généralement que le blé est en plein tallage lorsqu'il présente deux ou trois talles par pied. A ce stade, il possède encore un port très rampant,

- le début de montaison se caractérise par le changement de port des plantes, dont les tiges commencent à se dresser. A cette époque, les entrenœuds s'allongent, et l'épi déjà formé s'éloigne du plateau de tallage. L'observation de ce stade nécessite la réalisation de coupes longitudinales des maîtres brins. On considère que le début de montaison est atteint lorsque le sommet de l'épi est distant de 8 à 10 mm du plateau de tallage.

Les stades ultérieurs de **la montaison** sont repérés par le nombre de nœuds que comporte la tige principale : "stade 1 nœud", "stade 2 nœuds". Un autre repère de la montaison est couramment utilisé, il s'agit de la position de l'épi dans le maître-brin. Ainsi, lorsque le stade deux nœuds est atteint, l'épi est généralement situé à 10 cm de hauteur.

Le nombre de grains par épi est la composante du rendement qui traduit la fertilité du blé. Le nombre de grains par épi commence à s'élaborer dès le tallage, lorsque se détermine le nombre d'épillets, puis il est fixé, à la fin de la montaison, lors de la fécondation des fleurs. Une bonne alimentation en eau et en éléments minéraux pendant cette période, jointe

à des conditions favorables pendant la période suivante, doit permettre alors le développement de tous les grains.

Le poids du grain est étroitement lié aux conditions climatiques observées au cours de la période de formation du grain et de sa maturation. L'agriculteur doit veiller au bon état sanitaire de la culture, et il doit être prêt à intervenir en cas d'invasion d'insectes ou de maladies. Les clefs du succès des interventions se situent au stade de la montaison, définie par l'épi à 10 cm dans la tige et au stade de l'épiaison, lorsque 50 % des épis sont apparus.

. Le stade de récolte :

Après la floraison, le grain passe de l'état "laiteux" à l'état "pâteux". Au stade "laiteux", les enveloppes du grain sont formées ; au stade "pâteux", il contient de 45 à 50% d'eau, il remplit ses enveloppes et acquiert son poids maximum (défini par le poids de 1000 grains).

Entre les stades laiteux et pâteux, la quantité d'eau contenue dans le grain est stable : c'est **le palier hydrique,** phase critique de remplissage du grain. Une rupture d'alimentation en eau pendant cette période (par exemple brusque élévation de température) perturbe le palier hydrique et ralentit la migration des réserves vers le grain : c'est l'**échaudage.**

Au terme du stade pâteux, la maturation du grain est ensuite rapide : le taux d'humidité descend à 30 % en 4 ou 5 jours, puis à 20 % au bout de 8 à 10 jours, à condition que des pluies ne retardent pas la perte d'eau. Par beau temps, le taux d'humidité du grain peut passer de 20 % à 15 % en 2 ou 3 jours ; à ce stade, le grain est dur, cassant sous la dent, ne peut être rayé par l'ongle et les épis s'égrenent facilement à la main. En prélevant un échantillon toujours au même endroit du champ et à la même heure de la journée, on peut suivre l'évolution du dessèchement du grain. Il faut aussi surveiller l'état des pailles ; des pailles encore vertes indiquent un manque de maturité des grains et risquent de perturber le fonctionnement de la moissonneuse-batteuse (bourrages).

A partir de 15 %, la récolte peut commencer, mais le mieux est de battre si possible le grain, à 13 ou 14 % d'humidité, taux idéal pour assurer une bonne conservation.

La récolte des céréales a pour but de recueillir un grain propre à la consommation, destiné à l'alimentation humaine, à la préparation des aliments du bétail ou à la transformation industrielle. La moissonneuse-batteuse est la véritable interface entre le champ et les circuits de stockage et de conditionnement. Son utilisation doit permettre à l'agriculteur de récolter du grain ayant une bonne valeur marchande, propre et avec un minimum de casse. Bien que cet objectif puisse paraître évident, la réalité montre que l'agriculteur est en fait soumis à différentes contraintes :
- récolter vite avec un minimum de main d'œuvre,
- choisir un matériel capable de réaliser la récolte dans le temps disponible,
- récolter tous les types de graines en adaptant la machine, à un prix raisonnable, avec des équipements spécifiques (céréales, colza, soja, tournesol, maïs,...),
- tenir compte de la destination de la paille (broyage ou pressage ultérieur).

Les aléas climatiques mis à part, la maîtrise de ces contraintes demande à l'agriculteur une solide expérience et une parfaite connaissance technologique des équipements. Ce chapitre décrit fonction par fonction, les organes des moissonneuses-batteuses conventionnelles utilisées pour la récolte des céréales à paille. Les évolutions technologiques et les équipements pour la récolte des autres produits sont examinés dans les chapitres suivants.

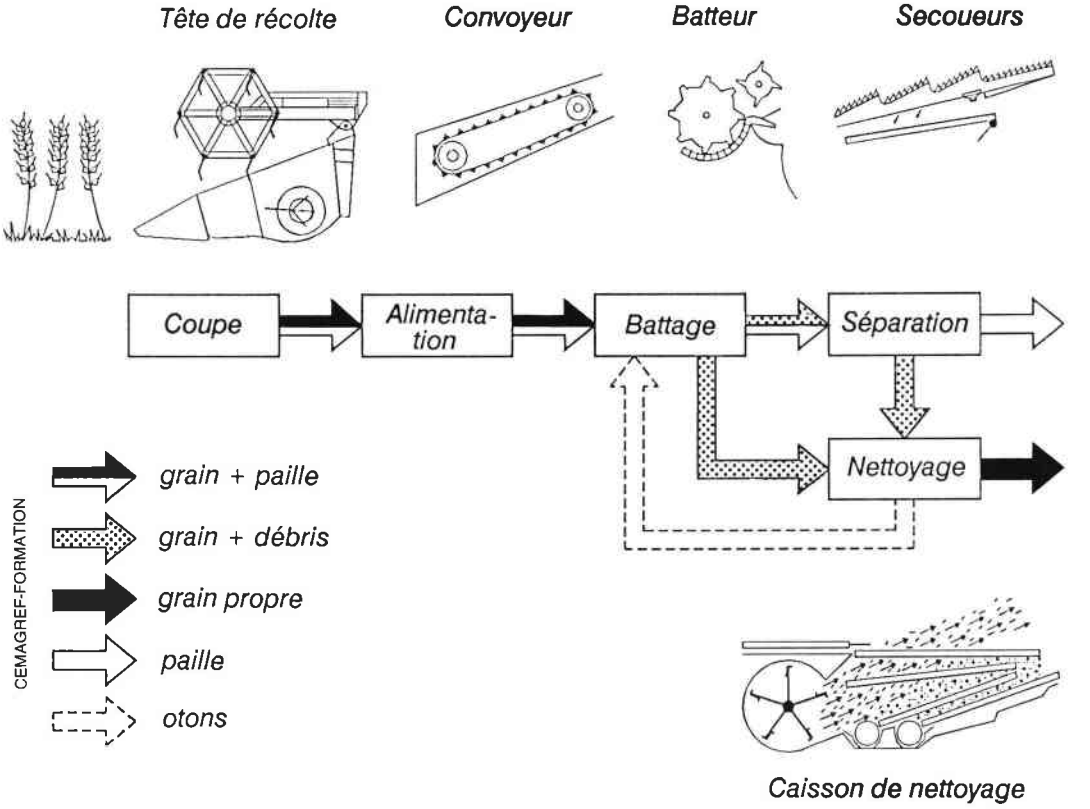


Fig. 16 — **Organigramme des circuits empruntés par la récolte dans une moissonneuse-batteuse conventionnelle.**

La figure 16 montre les principaux circuits suivis par la récolte. Le fonctionnement d'une moissonneuse-batteuse conventionnelle est assuré par six groupes d'organes (fig. **17**) :

- **les organes de coupe et d'alimentation,**
- **les organes de battage,**
- **les organes de séparation du grain et de la paille,**
- **les organes de nettoyage des grains,**
- **les organes de récupération des grains,**
- **les équipements complémentaires.**

• LES ORGANES DE COUPE ET D'ALIMENTATION (fig. 17 et 18) :

L'ensemble, appelé souvent **table de coupe** ou **plate-forme de coupe,** a pour rôle de faucher la récolte et de l'amener dans un couloir alimentant les organes de battage. Sa largeur peut varier de 2,10 m à plus de 7 m, de sorte que dans la plupart des cas il est indispensable, pour le transport sur route, de la démonter et de la placer en long sur une remorque tirée par la moissonneuse-batteuse ; d'une façon générale, l'accrochage ou le décrochage de la plate-forme s'effectue grâce à des verrous mécaniques et des raccords hydrauliques rapides.

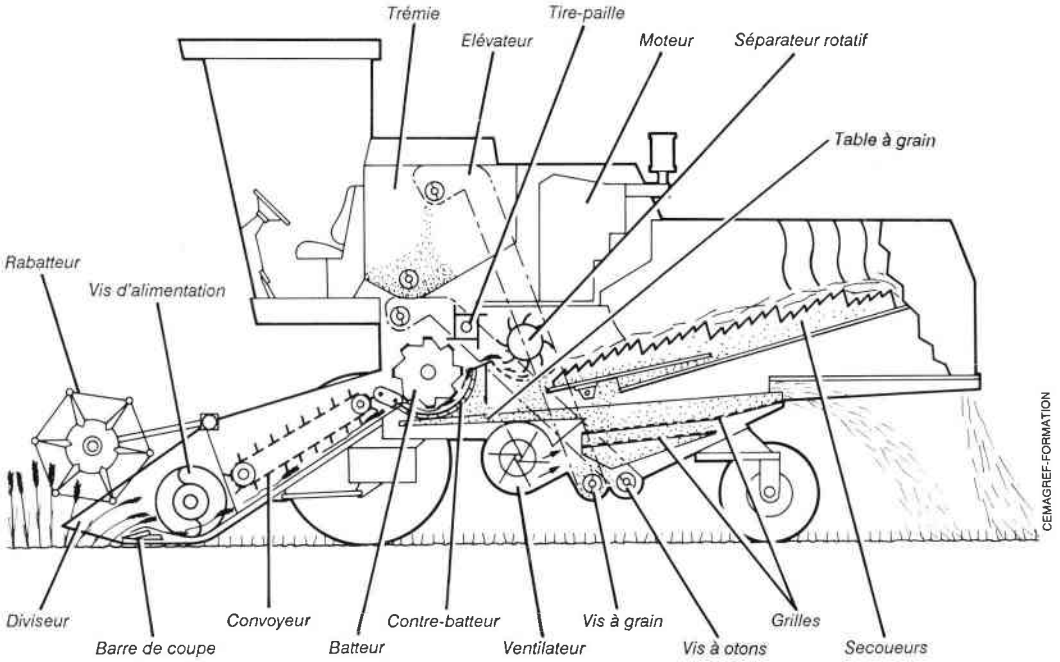


Fig. 17 — **Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse conventionnelle.**

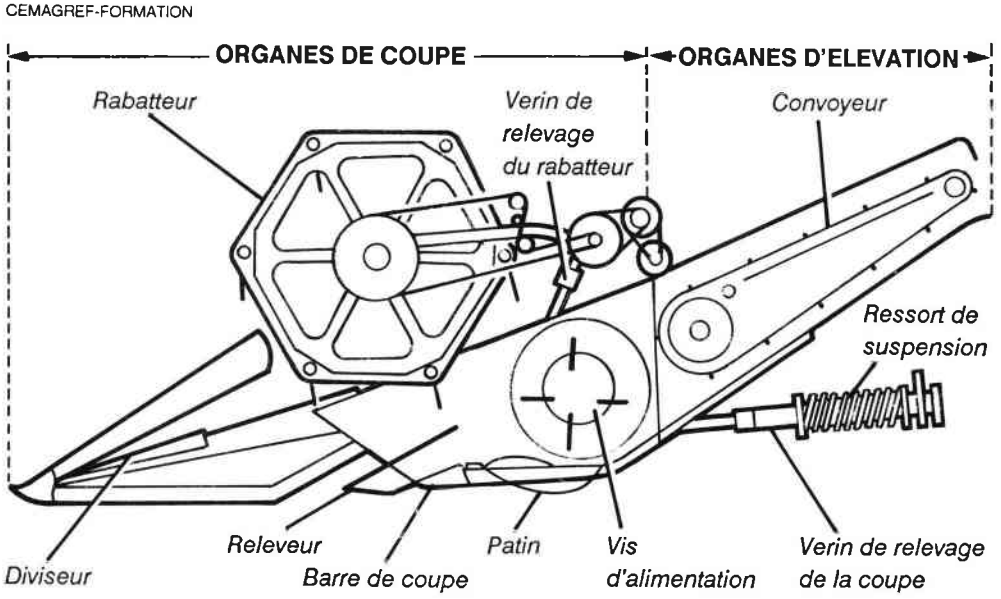


Fig. 18 — **Vue de profil des organes de coupe et d'élévation.**

La table de coupe comporte (fig. **18**) :

- **un tablier métallique** ou **tablier de coupe** constitué d'une paroi métallique étanche, située entre la barre de coupe et le dispositif d'alimentation,
- une **barre de coupe** fixée à l'avant du tablier, analogue à celle rencontrée sur les faucheuses à lame alternative,
- des **releveurs d'épis,**
- deux **diviseurs** situés de chaque côté du tablier,
- un **rabatteur,**
- un **tambour d'alimentation** constitué de deux demi vis à pas opposés et à doigts escamotables. Ce tambour d'alimentation est généralement appelé vis d'alimentation.

Selon les modèles, le tablier est à double fond et des patins protègent le fond contre l'abrasion. Ces patins, fixes ou réglables en hauteur, protègent également la barre de coupe et évitent les bourrages, dans le cas où une roue passe dans un trou ou en cas de fausses manœuvres. Lorsque ces patins sont réglables, il convient de tenir compte de l'état de la récolte et de les relever au maximum lorsque la récolte est versée.

Dans certains cas, la table de coupe peut comporter entre la barre de coupe et la vis sans fin un tapis d'alimentation, en toile caoutchoutée, muni de barrettes vulcanisées. Il assure une alimentation continue, et une meilleure circulation des petites graines.

Le plus souvent, il existe dans le tablier un logement prévu pour une lame de réserve (fig. **19**).

La hauteur du tablier de coupe (hauteur de coupe) est réglable en marche. Elle peut varier de 5 à 70 cm selon l'importance de la paille et le désir de la récolter ou non ; l'existence de nombreux verts entre les chaumes, une récolte versée, une forte densité de semis ou une humidité excessive de la base des tiges sur pied peuvent également influer sur le choix de cette hauteur de coupe. Pour le colza, le réglage de la hauteur de coupe dépend également de la hauteur de l'étage fructifère.

Sous réserve de bien ramasser les épis, il y a toujours intérêt à couper haut pour éviter de surcharger la machine en paille, ce qui ralentit sa marche, et peut provoquer des bourrages. Ceci n'est pas toujours possible lorsque l'on recherche soit à récolter le maximum de paille pour la presser, soit à broyer la paille en un seul passage avec la moissonneuse-batteuse.

Le relevage de la table de coupe est commandé hydrauliquement depuis le poste de conduite et comporte deux vérins hydrauliques, associés à des ressorts compensateurs montés de part et d'autre du tablier. La suspension de la coupe peut être aussi assurée par un ou plusieurs amortisseurs hydropneumatiques reliés au circuit hydraulique des vérins, afin d'amortir les variations de pression occasionnées par les irrégularités du terrain.

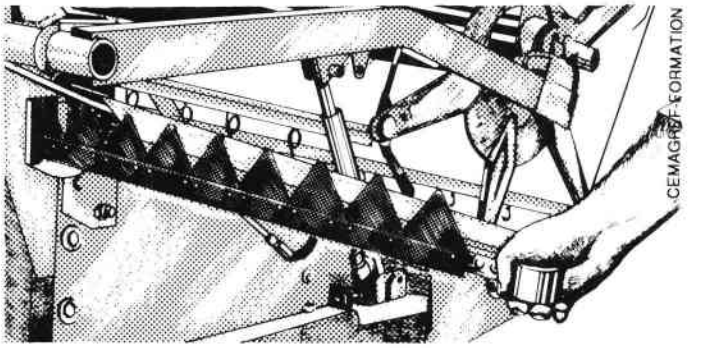


Fig. 19 — **Logement de la lame de réserve.**

Le contrôle de la hauteur de la coupe au travail s'opère soit visuellement depuis le poste de conduite grâce à un index se déplaçant devant des graduations, soit automatiquement par repérage de la position du convoyeur (hauteur théorique) ou grâce à des patins palpeurs placés sous la table de coupe (hauteur réelle). Dans certains cas, les constructeurs proposent des systèmes de contrôle de la pression d'appui de la table de coupe sur le sol (se reporter au chapitre "les automatismes et les systèmes d'aide à la conduite").

Selon la distance qui sépare la barre de coupe de la vis d'alimentation, on distingue deux types de table de coupe (fig. **20**) : la **table de coupe courte** ou **"table américaine"** dont l'espacement entre la lame de coupe et la vis est d'environ 15 cm, et la **table de coupe longue** ou **table "européenne"**, où la lame se situe à environ 30 à 40 cm de la vis. La table de coupe courte est en principe réservée aux récoltes à tiges courtes (pois, soja,..), tandis que la table européenne est plus polyvalente et permet la récolte du colza (en adaptant, le cas échéant, une rallonge de table).

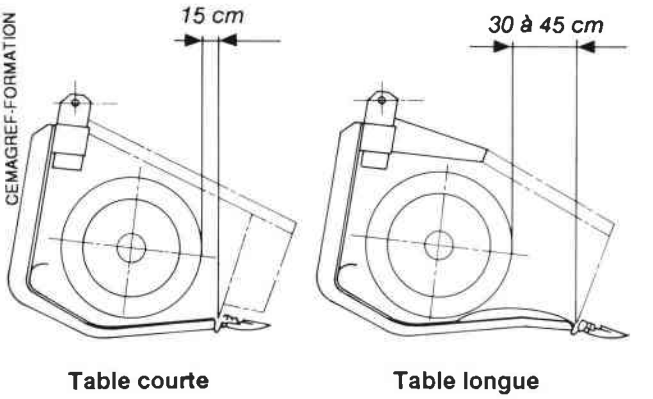


Fig. 20 — **Les différents types de table de coupe.**

. La barre de coupe :

Elle est identique à celle d'une faucheuse à lame alternative ; les doigts sont espacés de 76,2 mm (3 pouces) et les sections de la lame sont **faucillées**. La longueur importante de la lame implique un réglage soigné du jeu au niveau des guides et des doigts. Afin de parvenir à un meilleur guidage de la lame, les constructeurs adoptent de plus en plus des lames à **sections alternées** (fig. **21**).

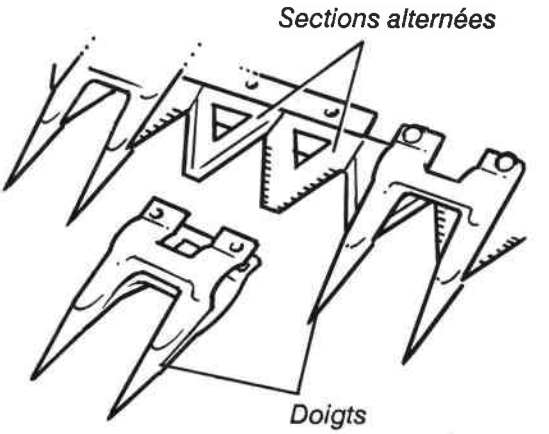


Fig. 21 — **Vue partielle d'une barre de coupe à sections alternées.**

Le dispositif de **commande de la barre de coupe** comprend soit un train de pignons épicycloïdaux (fig. **22**), soit un boîtier à bain d'huile avec un excentrique et une bielle (fig. **23**) ; l'entraînement du boîtier se faisant par courroie ou par moteur hydraulique. Le boîtier effectue environ 500 cycles par minute, ce qui permet une cadence rapide de la lame, de l'ordre de 1.000 coups par minute. Parmi les barres de coupe spéciales, citons le système de **barre flottante** ou **barre flexible** (Heniker, Love...), principalement utilisée pour la récolte du soja. Dans ce système, la barre de coupe n'est pas liée de manière rigide au tablier, mais par l'intermédiaire d'une suspension (se reporter au chapitre 4 : "L'adaptation des moissonneuses-batteuses pour la récolte du soja").

. Les releveurs d'épis ou doigts releveurs (fig. **24**) :

Leur présence est facultative, ils sont emboîtés sur les doigts de la barre de coupe et fixés par une goupille ou par boulonnage. Leur espacement correspond le plus souvent à quatre ou six espaces entre-doigts de la barre de coupe. Leur rôle est important lorsque les récoltes sont versées, car ils soulèvent les tiges du sol et évitent que la barre de coupe et les griffes des rabatteurs ne descendent trop bas, ce qui limite la montée de la verdure et des pierres dans la table de coupe. Des releveurs spéciaux sont adaptés aux différentes récoltes : pois, soja...

. Les diviseurs :

Au nombre de deux, ils sont situés de chaque côté du tablier. Ils séparent la récolte à couper de celle restant debout. Il existe des **diviseurs fixes** et des **diviseurs réglables** (fig. **25**), les plus courants. Relativement encombrants, les diviseurs sont généralement déposés lors du transport.

Pour la récolte de certaines graines à tiges entremêlées (colza, luzerne...), on utilise des diviseurs animés constitués par une barre de coupe à lame alternative ou à double lame (Busatis), placée verticalement aux extrémités de la table de coupe.

. Les rabatteurs :

Ils sont situés au-dessus du tablier. Leur rôle est d'amener régulièrement la récolte vers la lame et de diriger les épis vers le dispositif d'alimentation en les empêchant de retomber sur le sol.

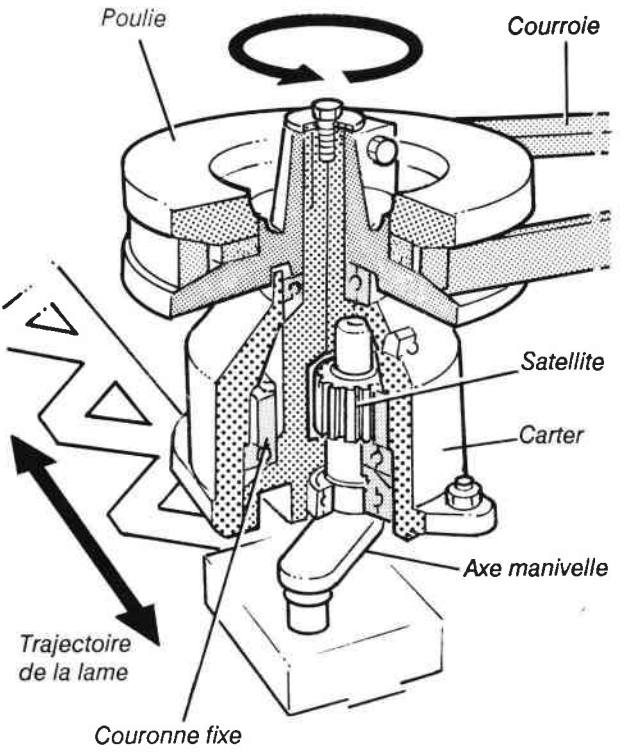


Fig. 22 — **Train épicycloïdal pour l'entraînement de la lame de coupe.**

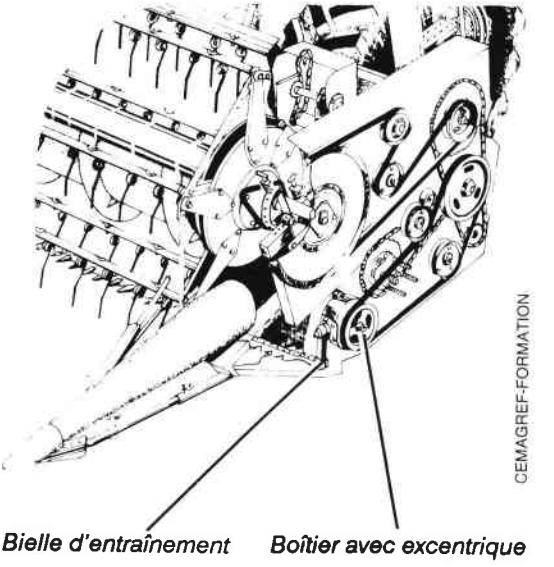


Fig. 23 — **Boîtier d'entraînement de la lame de coupe par excentrique.**

Les rabatteurs (fig. **26**), comportent plusieurs **flasques** ou **étoiles** (3 à 6), parallèles au sens d'avancement et qui sont portées, dans leur partie centrale, par l'**axe des rabatteurs**. Des **barres d'accouplement** relient, dans chaque étoile, les branches entre elles, deux à deux. Le nombre de branches peut varier de 6 à 8 selon les modèles de rabatteurs. Les sommets des différentes étoiles sont alignés et supportent des **barres** horizontales dont la longueur est approximativement celle de la lame. Chaque barre porte à intervalles réguliers des **dents flexibles** appelées également **peignes**. Certains rabatteurs récents comportent des peignes à dents en matière plastique.

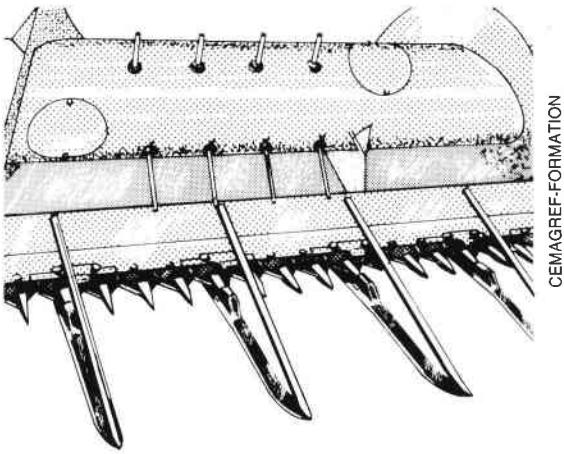


Fig. 24 — **Doigts releveurs.**

La conception des rabatteurs est telle que les griffes de toutes les barres sont toujours dirigées vers le bas, quelle que soit la position des barres. Cette conception est rendue possible grâce à un guidage par excentrique (fig. **27**) : des biellettes forment un angle constant avec les dents de la barre qu'elle supporte. Lorsque le plateau et la couronne tournent chacun autour de leur axe, les biellettes restent constamment parallèles entre elles, ainsi que toutes les dents qui, de ce fait, sont toujours dirigées vers le bas.

Les rabatteurs sont supportés de chaque côté par des bras qui peuvent être relevés. Leur rotation est obtenue par courroie trapézoïdale et variateur de vitesse ou par moteur hydraulique.

Afin d'adapter leur efficacité aux conditions de récolte, les rabatteurs doivent disposer de plusieurs réglages : **hauteur, position longitudinale, inclinaison des griffes, vitesse de rotation** :

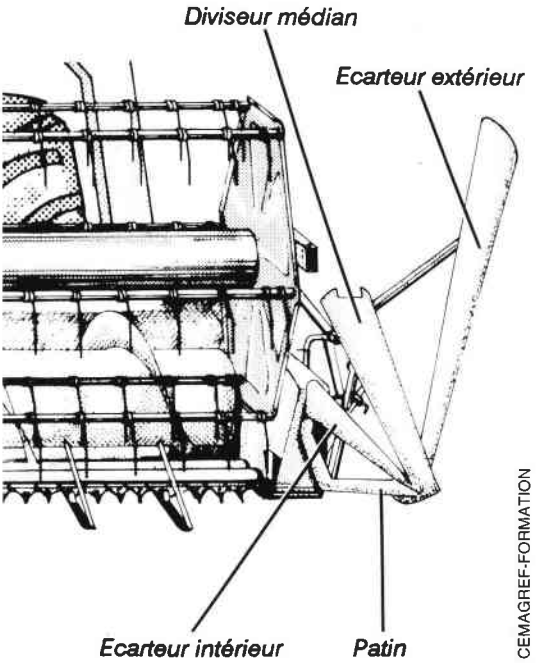


Fig. 25 — **Diviseurs latéraux réglables.**

- le réglage en hauteur : lorsque la récolte est normalement dressée, les griffes du rabatteur doivent la prendre environ aux deux tiers de sa hauteur ; lorsque la récolte est versée, les griffes du rabatteur doivent d'abord soulever les épis avant la coupe. Le réglage en hauteur s'obtient grâce au relevage hydraulique des bras supportant le rabatteur (fig. **26**),

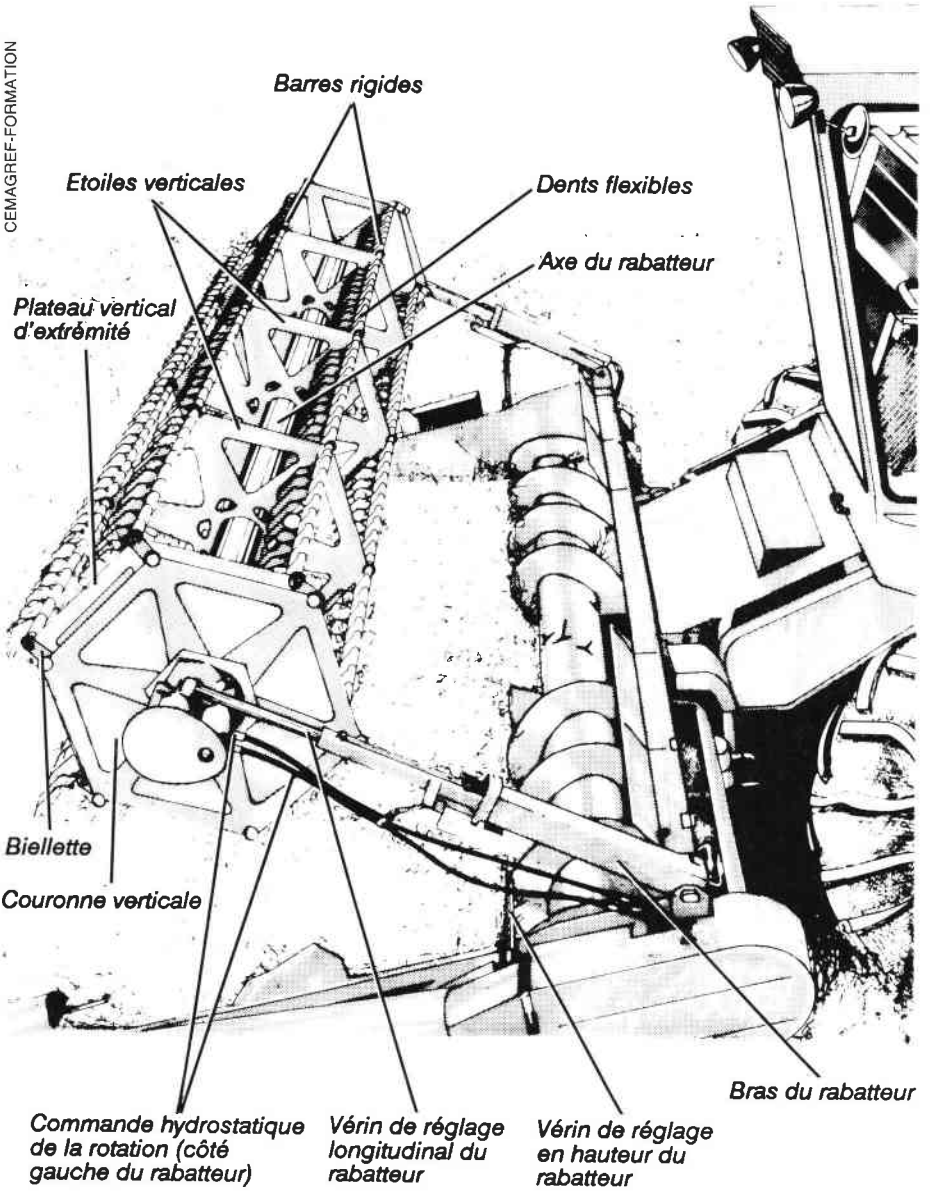


Fig. 26 — **Les rabatteurs.**

- le réglage longitudinal s'opère hydrauliquement (fig. **26**), par des vérins hydrauliques. Dans des conditions normales de récolte, les rabatteurs sont placés de telle sorte que leur axe se trouve à l'aplomb de la barre de coupe. Toutefois, dans les récoltes versées, il peut s'avérer nécessaire de déplacer légèrement le rabatteur vers l'avant pour relever les tiges avant de les couper.

L'avancement et la hauteur des rabatteurs doivent être réglés de façon à amener les épis sur la table de coupe sans former de paquets ni provoquer de battage prématuré, cause de pertes de grains et quelquefois d'épis entiers devant la coupe.

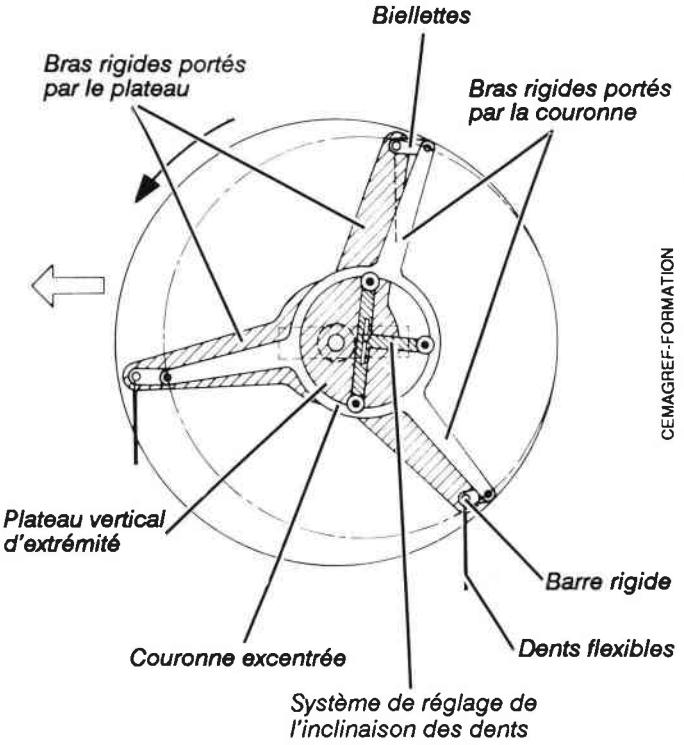


Fig. 27 — **Principe du mécanisme de commande des peignes des rabatteurs.**

- le réglage de l'inclinaison des griffes intervient après les deux réglages précédents et a également pour but d'adapter le rabatteur à l'état et à la nature de la récolte. Il s'obtient, par exemple, grâce au déplacement d'un verrou à ressort sur l'étoile d'entraînement du rabatteur (fig. **28**). Pour incliner une rangée de griffes, on modifie l'angle que fait la biellette avec l'horizontal, en faisant varier la position de la couronne par rapport à celle du plateau. Le réglage est obtenu par le dispositif suivant (fig. **29**) : la couronne possède intérieurement une bande de roulement sur laquelle s'appuient deux galets qui sont maintenus par une pièce coudée, dont la lumière centrale coulisse sur l'extrémité d'une tige solidaire du bras de relevage. Si on élève la couronne (fig. **29**), l'extrémité de la biellette se soulève et la rangée de griffes est orientée vers l'avant ; si on abaisse la couronne (fig. **29**), l'extrémité de la biellette s'abaisse également et la rangée de griffes s'oriente vers l'arrière. Les possibilités d'inclinaison varient généralement de 5° à 15° par rapport à la verticale.

Les griffes doivent être inclinées de telle manière que la récolte soit poussée vers la vis d'alimentation et ne s'enroule pas autour du rabatteur :

- dans les récoltes droites, les griffes sont en principe verticales (fig. **29**). En récolte normale, les peignes doivent seulement guider le produit et permettre ainsi un apport régulier à la vis d'alimentation,

- dans les récoltes versées (fig. **29**), les griffes doivent être inclinées vers la vis pour ramasser la récolte devant la lame de coupe et pour la relever vers la vis d'alimentation avant qu'elle ne soit coupée. Attention : une inclinaison trop forte peut provoquer des enroulements,

- dans les récoltes à paille courte, il peut être nécessaire d'incliner assez fortement les griffes vers la vis, afin de guider plus efficacement les tiges.

- le réglage de la vitesse de rotation est réalisé depuis le poste de conduite en agissant sur le variateur de vitesse. La vitesse choisie doit être telle que le rabatteur régularise la chute des tiges et ne provoque pas un battage prématuré des épis. Les possibilités de réglage vont le plus souvent de 0 à 50 tr/min.

Dans des conditions normales de travail, la vitesse tangentielle des rabatteurs doit être légèrement supérieure à la vitesse d'avancement de la machine (environ 10 %), afin d'amener les tiges coupées vers la vis d'alimentation. En effet, si la vitesse de rotation est trop lente, les épis risquent d'être repoussés sur le sol ; si, par contre, elle est trop rapide, la récolte peut s'enrouler autour des griffes.

En récolte versée, la vitesse de rotation du rabatteur doit être légèrement augmentée pour accentuer l'effet de ramassage du rabatteur. Ne pas exagérer cette vitesse sur les récoltes très sèches, s'égrenant facilement.

Dans les récoltes à hautes tiges, il est souhaitable de diminuer la vitesse du rabatteur par rapport à la vitesse d'avancement.

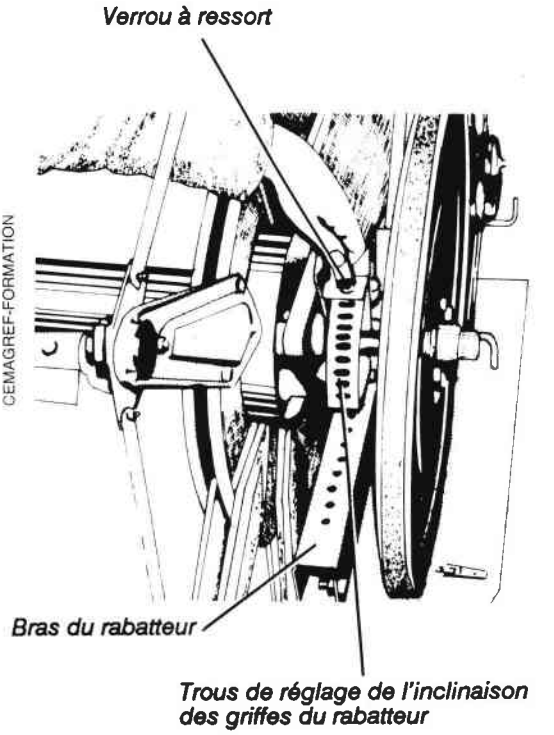
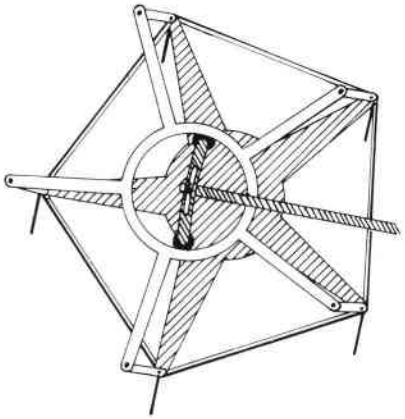


Fig. 28 — **Réglage manuel de l'inclinaison des peignes des rabatteurs.**

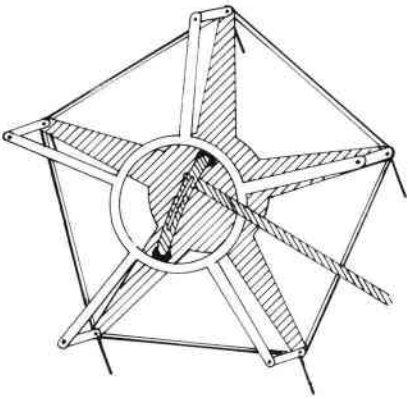
. La vis d'alimentation (fig. **30** et **31**) :

Elle est constituée d'un **corps ou tambour horizontal** comprenant sur chacun de ses côtés, une **demi-vis hélicoïdale** et des **doigts escamotables,** placés au centre, ou répartis sur toute la largeur. Les deux demi-vis hélicoïdales de pas inverses rassemblent la récolte au centre du tablier et le tambour dirige la récolte vers le convoyeur. L'ensemble tourne dans une auge étanche formée dans le tablier et peut être réglé en hauteur, ainsi que d'avant en arrière. La position de la vis d'alimentation doit être telle qu'il ne se produise pas de broyage de la paille ou des grains entre les spires de la vis et le tablier ; par ailleurs, la récolte ne doit pas rester sur le tablier de coupe, ce qui entraînerait une alimentation irrégulière des organes de battage. Lors de ce réglage, les deux côtés de la vis d'alimentation doivent être ajustés de manière symétrique, afin que la vis reste toujours parallèle au fond du tablier. Certaines machines possèdent à l'arrière de la vis, une tôle réglable (fig. **31**), qui affleure les spires de la vis et évite l'enroulement du produit.

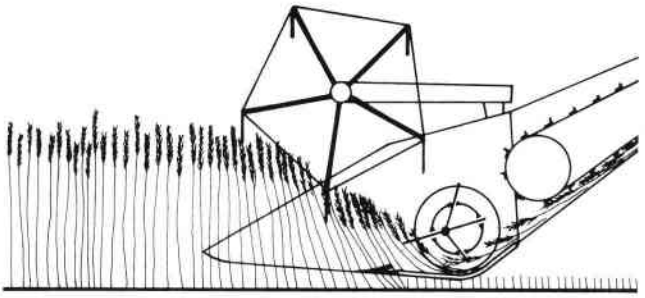
Les doigts escamotables sont disposés sur le tambour en une succession de rangées ou en une rampe hélicoïdale. Ces doigts s'effacent dans le tambour lorsqu'ils sont dirigés vers l'arrière, afin de laisser passer la récolte vers le convoyeur. Ce mouvement est obtenu par le montage des doigts sur un support avec maneton dont l'axe est excentré par rapport à



Inclinaison des griffes vers l'avant

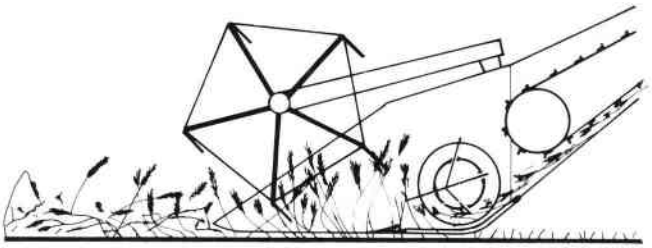


Inclinaison des griffes vers l'arrière



Récolte droite

CEMAGREF-FORMATION



Récolte versée en tous sens

Fig. 29 — **L'inclinaison des peignes des rabatteurs en fonction de l'état de la récolte.**

celui du tambour (fig. **31**), l'ensemble se trouvant à l'intérieur du corps de vis. Il est possible de régler la position des doigts par rapport au fond du tablier et par rapport au tambour, ce qui permet de faire varier le moment où ils doivent s'escamoter.

La vis est entraînée par une chaîne ou par une courroie qui prend généralement son mouvement sur la commande du convoyeur. Pour certaines récoltes (riz, haricots, etc), le pignon de commande de la vis peut être changé, afin d'en réduire la vitesse (de 190 à 150 tr/min par exemple). Il existe presque systématiquement une sécurité (limiteur de couple) protégeant la vis contre les surcharges ou les corps étrangers. Selon les cas, la vis sans fin est à commande réversible, afin de permettre, en cas de bourrage, d'inverser le sens de rotation de la vis depuis le poste de conduite. Cette inversion est réalisée soit par un crabot baladeur, soit par une commande électrique ou hydraulique séparée : la figure **32** montre un crabot baladeur commandé qui permet de faire

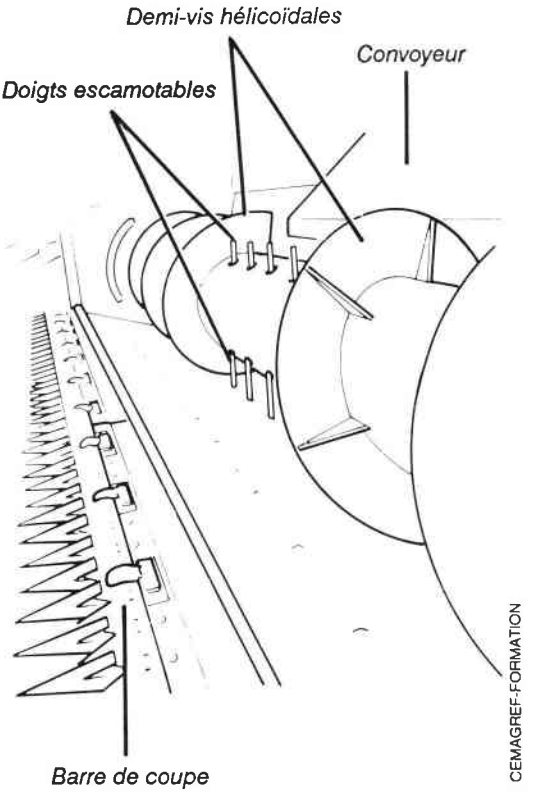


Fig. 30 — **La vis d'alimentation.**

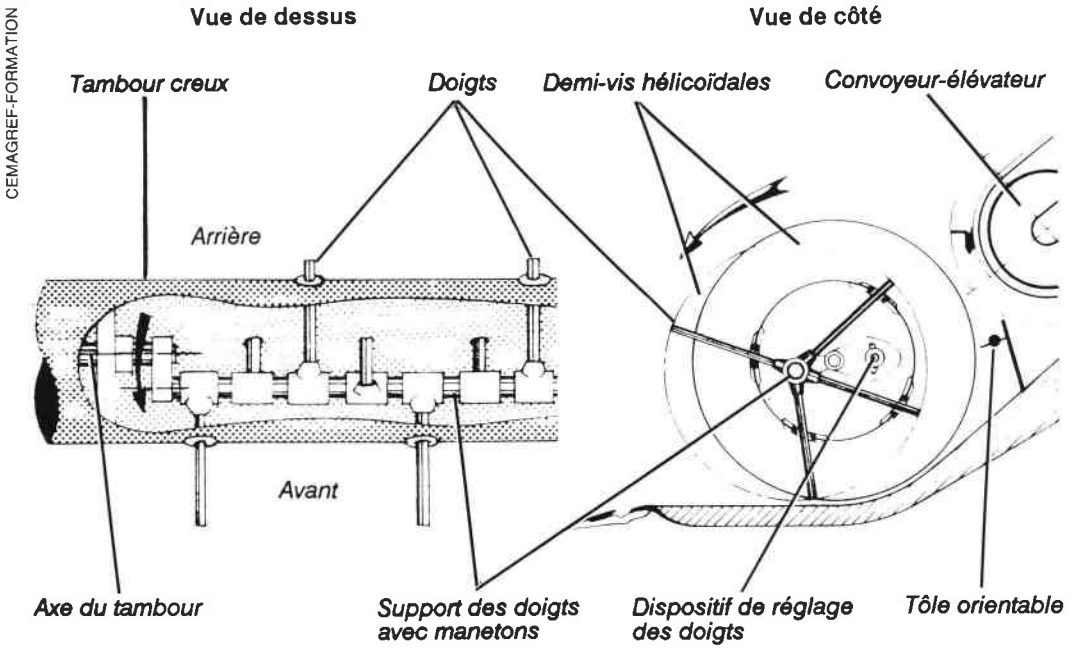
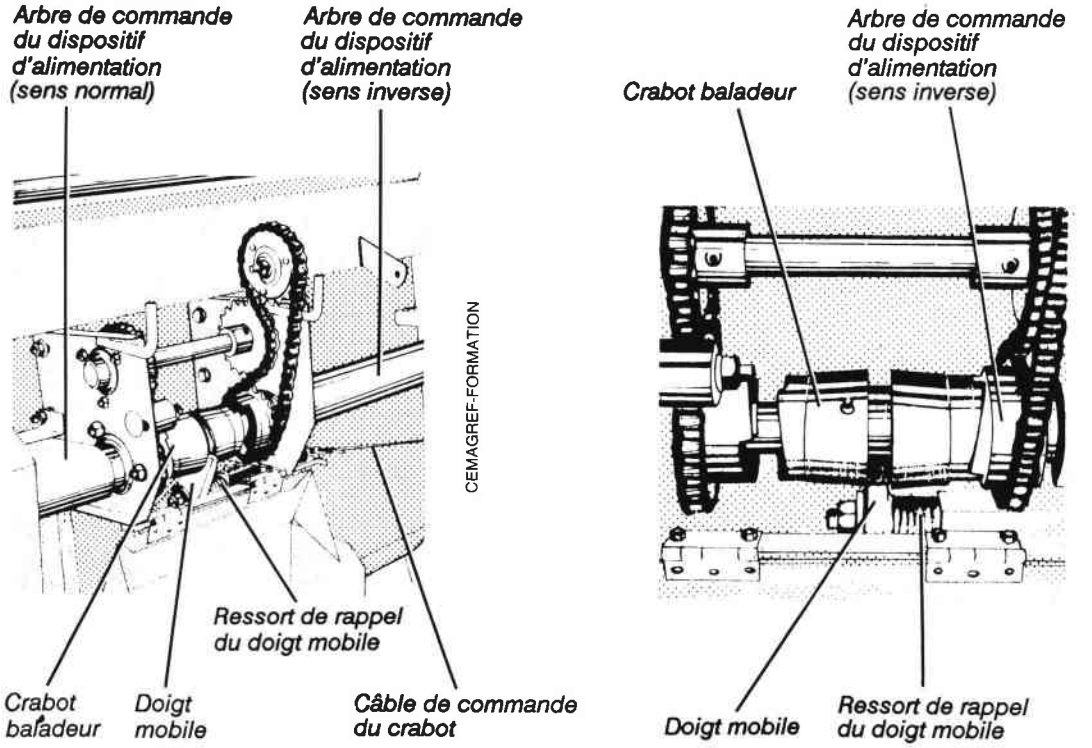


Fig. 31 — **Principe de fonctionnement des doigts escamotables de la vis d'alimentation.**



Sens de rotation normal **Inversion**

Fig. 32 — **Inverseur à crabot coulissant.**

passer le mouvement par un autre arbre ; le retour en position normale de marche se fait automatiquement à l'aide d'un ressort de rappel. La figure **33** représente deux autres types d'inverseurs : un inverseur à commande électrique qui comprend une couronne dentée et un moteur électrique (démarreur à solénoïde) et un moteur hydraulique associé à un crabot coulissant.

. Le convoyeur :

Il fait suite au tablier de coupe et comprend un **élévateur** à chaînes et barrettes et un caisson incliné étanche, le **couloir d'alimentation,** qui possède à sa partie inférieure un système rapide d'attache et de verrouillage du tablier de coupe.

L'élévateur prend la récolte à la sortie de la vis d'alimentation et l'amène aux organes de battage en la poussant contre la paroi inférieure du couloir d'alimentation (fig. **34**). Sur la plupart des moissonneuses-batteuses, l'élévateur est du type **à chaînes et barrettes**. Les chaînes sont au nombre de trois ou quatre ; dans ce dernier cas, les barrettes peuvent être alternées (fig. **35**). Les chaînes sont supportées par deux arbres à pignons, dont l'écartement peut être réglé, ce qui assure leur tension. L'arbre inférieur est maintenu par des ressorts, il oscille en fonction de l'épaisseur de la récolte. La tension des chaînes doit être régulièrement controlée ; une bonne tension est obtenue lorsque les barrettes situées au milieu

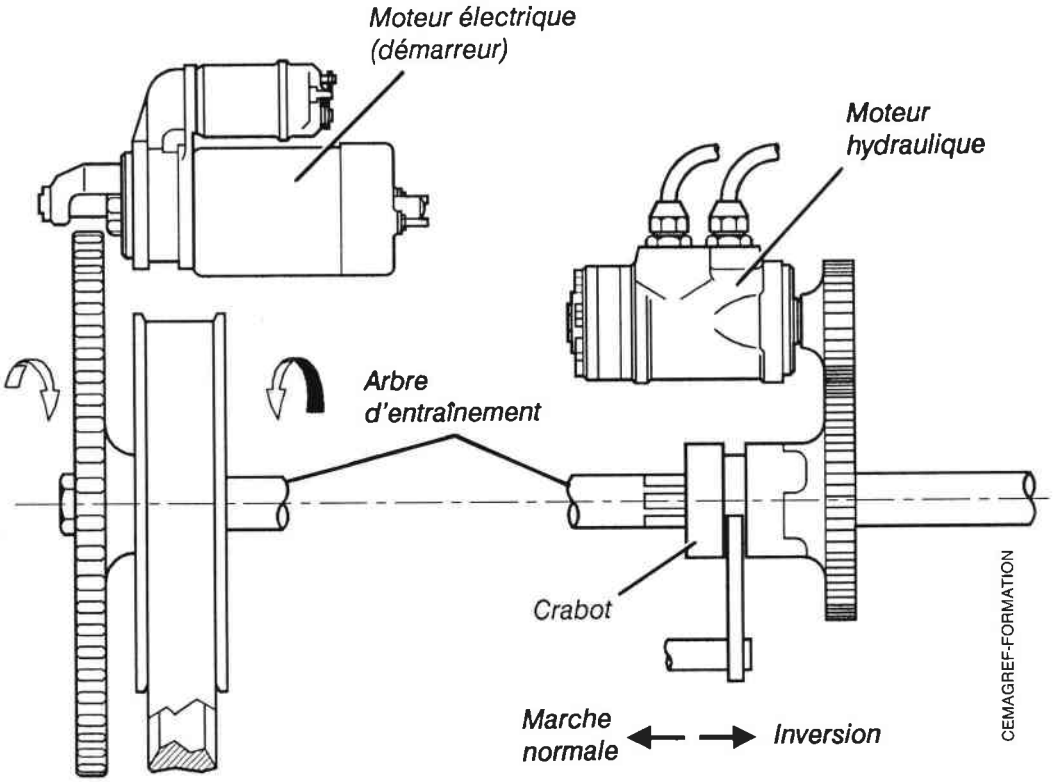


Fig. 33 — **Deux principes d'inversion de marche du convoyeur :** à gauche**, par moteur électrique,** à droite **par moteur hydraulique.**

du convoyeur touchent légèrement le fond du couloir d'alimentation (fig. **36**). Les barrettes ont des formes différentes selon le type de récolte : en L pour les céréales et en T pour le maïs. Afin d'éviter la contrainte des échanges de barrettes, les convoyeurs-élévateurs sont de plus en plus munis de barrettes de type mixte céréales-maïs.

Le convoyeur est muni d'un embrayage de sécurité qui le protège contre les surcharges et les corps étrangers. Un **bac à pierres** est disposé à la partie supérieure du couloir d'alimentation ; son rôle est de protéger les organes de battage, il convient de le vider régulièrement (fig. **38**).

La figure **37** montre un modèle particulier de convoyeur articulé constitué de cinq **tambours rotatifs**. Sur les quatre tambours

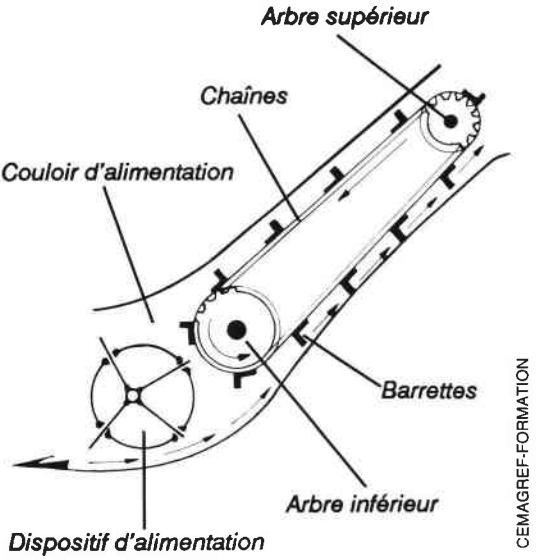


Fig. 34 — **Convoyeur à chaînes et barrettes.**

inférieurs, les pales de deux tambours successifs sont disposées à 90° et tournent à la même vitesse ; le tambour supérieur tourne, par contre, à une vitesse supérieure pour alimenter régulièrement le batteur.

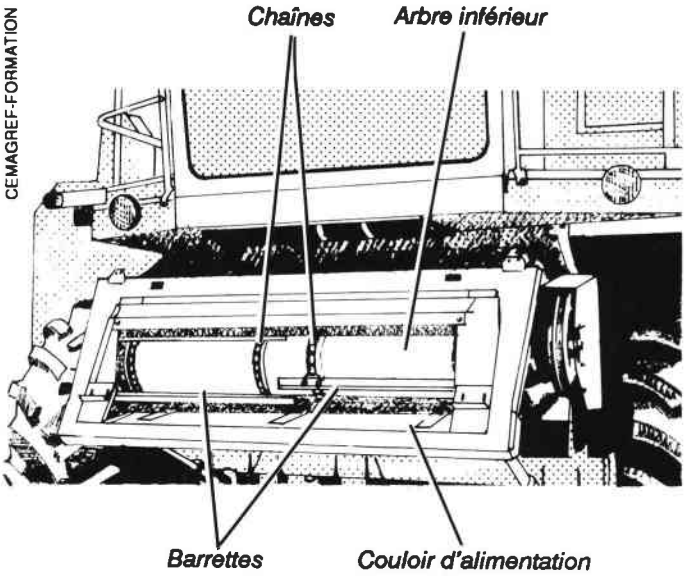


Fig. 35 — **Vue avant d'un convoyeur à barrettes alternées.**

• LES ORGANES DE BATTAGE :

Leur rôle est de séparer par choc et friction la majeure partie du grain des épis.

Les organes de battage comportent (fig. **38**) :

- un batteur,
- un contre-batteur,
- un tire-paille.

Le batteur et le contre-batteur sont les éléments essentiels des organes de battage (fig. **39**), puisque leur action permet de séparer au moins 85 % du grain des épis. Ce paragraphe ne décrit que les batteurs transversaux qui équipent actuellement la majorité des moissonneuses-batteuses ; les batteurs longitudinaux ou axiaux sont étudiés au chapitre 3.

. Le batteur (fig. 40) :

Il s'agit d'un tambour horizontal perpendiculaire au sens d'avancement de la moissonneuse-batteuse. Il est constitué de **flasques** en acier sur lesquelles peuvent être fixées des **battes métalliques** ou, plus rarement, des **doigts** ou des **battes à face caoutchoutée**.
Le **batteur à battes métalliques** équipe actuellement la quasi-totalité des moissonneuses-batteuses. Son diamètre varie de 45 à 66 cm et peut atteindre 80 cm (machines AVTO), 45 et 60 cm étant les diamètres les plus courants. La longueur du batteur est également très variable, de

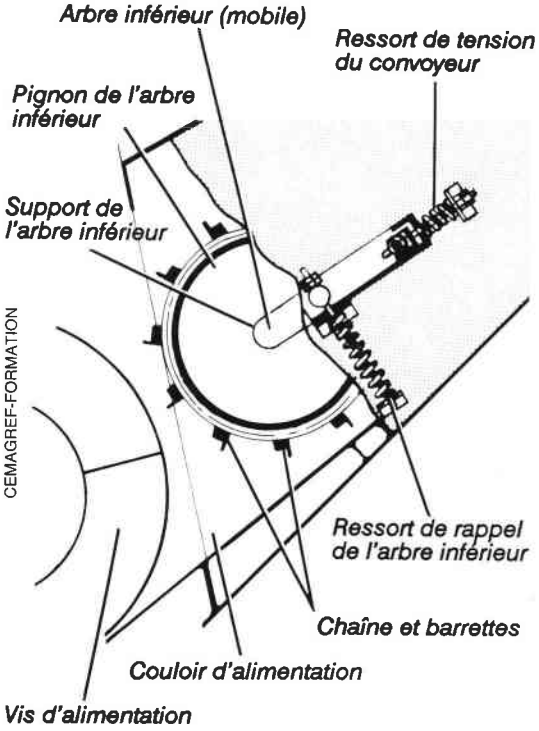


Fig. 36 — **Système de réglage de la tension des chaînes d'un convoyeur.**

0,80 à 1,60 m environ, selon les constructeurs et aussi selon la taille de la moissonneuse-batteuse.

Il comporte, en nombre pair, des battes en acier ou en fonte, équidistantes, boulonnées sur les flasques (fig. **40**). Les battes comportent en relief, des stries obliques. Le sens des stries étant inverse pour deux battes successives, afin d'empêcher le glissement latéral de la récolte. Le nombre de battes est généralement de 6 pour les batteurs de 45 cm de diamètre, et de 8 pour les batteurs de 60 cm de diamètre. Cette disposition permet de conserver une distance identique entre deux battes successives (225 mm environ).

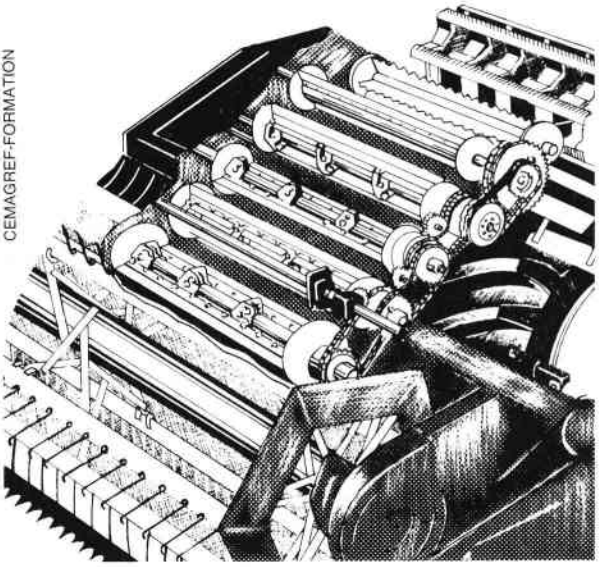


Fig. 37 — **Convoyeur à tambours rotatifs.**

La forme et la disposition des battes interviennent directement dans la qualité du battage. L'équilibrage dynamique du batteur doit être assuré : lorsqu'une batte est remplacée, il convient de le faire en orientant les stries de la nouvelle batte dans le même sens et en remplaçant obligatoirement la batte diamétralement opposée. C'est pourquoi, les battes sont le plus souvent vendues par paires ; leur équilibrage doit être réalisé au cours du montage.

L'entraînement du batteur s'effectue par l'intermédiaire du tire-paille ou directement depuis le moteur par variateur de vitesse à courroie trapézoïdale, commandé hydrauliquement ou électriquement. La **vitesse du batteur** doit être suffisante pour séparer la plus grande partie possible du grain des épis. Il faut battre les épis avec suffisamment d'énergie pour qu'ils soient vides de grain, mais attention aux excès de vitesse qui endommagent les grains ou les cassent ; cette détérioration est très grave dans le cas des semences ou d'orge de brasserie et, de toute façon, elle provoque des pertes, car les grains cassés sont plus facilement expulsés par la ventilation de la machine que les grains entiers. De plus, un battage trop agressif brise la paille et déchiquette les "verts". Les fragments entraînés surchargent les circuits et les grilles, provoquant des pertes et un excès de "verts" dans le grain.

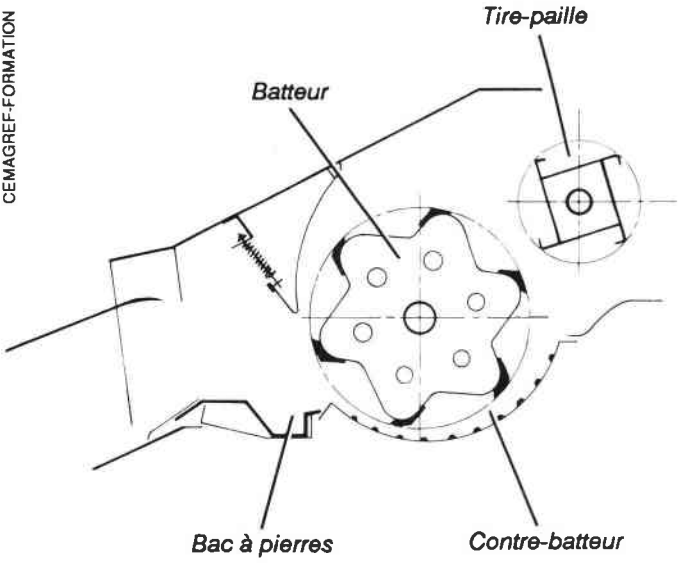


Fig. 38 — **Schéma de principe des organes de battage.**

La **vitesse périphérique du batteur** est réglée entre 23 et 27 m/s pour le blé, l'orge et l'avoine ; autour de 27 m/s pour le seigle et de 28 à 30 m/s pour le triticale. Ce réglage est fondamental puisqu'il conditionne, en partie, les pertes de grain. Un compte-tours branché sur l'arbre du batteur permet le contrôle de la vitesse instantanée.

L'abaque représenté par la figure **41** indique la correspondance entre la vitesse tangentielle et la vitesse de rotation des batteurs, en fonction de leur diamètre.

- le batteur à battes caoutchoutées constitue une variante du batteur à battes métalliques. Seulement utilisé pour certaines graines oléagineuses, il comporte des battes disposées selon une spirale à grand pas et dont la face extérieure est recouverte de caoutchouc. Dans certaines réalisations, les battes peuvent être réalisées intégralement en caoutchouc ou en matériau équivalent.

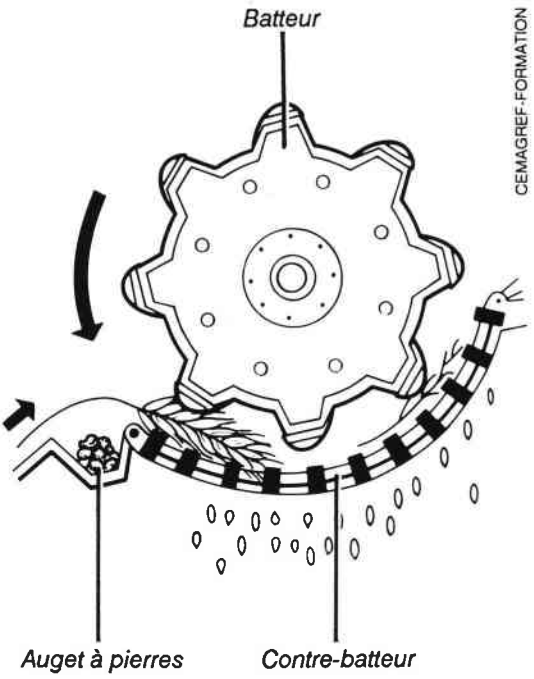


Fig. 39 — **Principe d'action du batteur et du contre-batteur.**

. le batteur à doigts ou pointes (fig. **42**) :

Il comprend, en nombre pair, des **battes** horizontales, équidistantes, fixées sur les flasques et sur lesquelles sont boulonnés des **doigts** légèrement recourbés en sens inverse de la rotation ; on l'appelle également **batteur américain**. Le **contre-batteur** associé à ce type de batteur est également muni de doigts. L'agressivité du battage dépend de l'interpénétration plus ou moins grande entre les doigts du batteur et du contre-batteur. Un tel batteur ne peut fonctionner correctement que s'il y a symétrie totale des doigts, ce qui exclut tout jeu dans les pièces. L'introduction de pierres ou d'objets métalliques occasionne de graves dégâts, ce qui a conduit les constructeurs à abandonner le batteur à doigts pour le batteur à battes qui, de plus, désagrège moins la paille. Pour certaines récoltes tel que le riz, l'usage du batteur à doigts reste cependant indispensable.

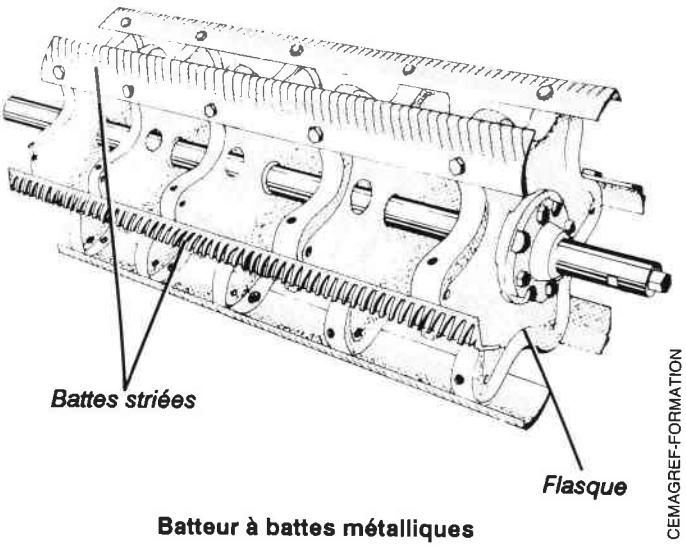


Fig. 40 — **Batteur Ecossais à battes métalliques.**

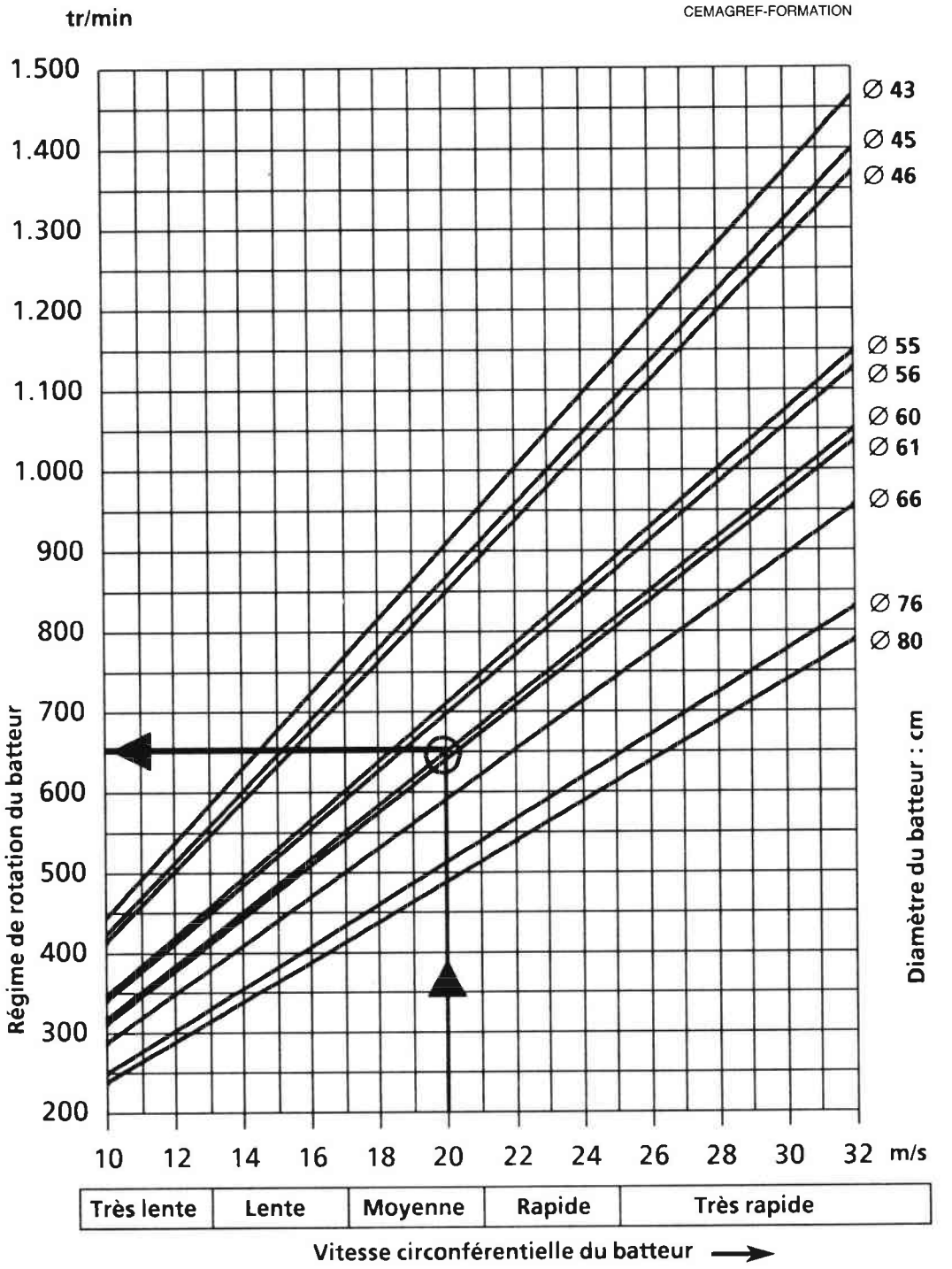
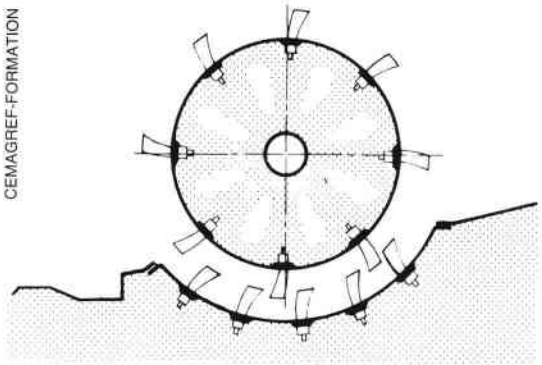


Fig. 41 — **Abaque de correspondance : vitesse circonférentielle-vitesse de rotation, en fonction du diamètre du batteur.**

. **le contre-batteur** (fig. **43**) :

Il a la forme d'une portion de cylindre enveloppant le batteur à sa partie inférieure. Il est constitué par une série de fers plats disposés de chant, les **contre-battes**, réunies par des fils ronds d'acier ou joncs placés perpendiculairement à ces fers. Cet ensemble forme une grille au travers de laquelle passe la majorité des grains et les débris séparés de la paille par l'action du batteur.



Batteur à doigts ou pointes

Fig. 42 — **Batteur Américain à doigts ou pointes.**

Le nombre de contre-battes varie selon le type de machines. Pour les céréales traditionnelles, il est généralement compris entre 9 et 15. Le nombre de joncs et leur diamètre dépendent du calibre des graines à battre, pour les grosses graines, on enlève un jonc sur deux. Pour la récolte du maïs-grain, on remplace le plus souvent le contre-batteur classique par un **contre-batteur maïs** qui possède moins de contre-battes (5) et dont les joncs sont plus gros et plus écartés.

Le contre-batteur est réglé horizontalement en usine, de sorte qu'il soit bien parallèle au batteur. Cette position doit être vérifiée régulièrement, car elle conditionne un battage efficace. L'**angle d'enveloppement** du contre-batteur est variable selon les constructeurs, mais est toujours supérieur à 100°. En effet, plus l'angle d'enveloppe du contre-batteur est prononcé, plus la force centrifuge exerce sur le produit une pression élevée qui l'oblige à traverser les premiers éléments du contre-batteur. Il en résulte qu'une partie importante des grains passe dans le premier tiers du contre-batteur. Dans les machines modernes, l'angle d'enveloppement varie entre 100° et 130°, et trois contre-battes assurent en général l'action de battage initial. Précisons que certains constructeurs proposent des contre-batteurs en plusieurs parties.

La partie antérieure du contre-batteur est parfois pleine, ce qui augmente l'intensité du battage. En fait, les constructeurs proposent surtout des **tringles** ou des **tôles amovibles** s'insérant dans des glissières entre les premières **contre-battes** et dont la mise en place s'effectue à l'arrêt (fig. **44**). Cet équipement est utilisé pour battre les récoltes difficiles ou encore pour l'ébarbage des céréales (orge, seigle, etc), d'où le nom de **tôles d'ébarbage** qui leur est également donné.

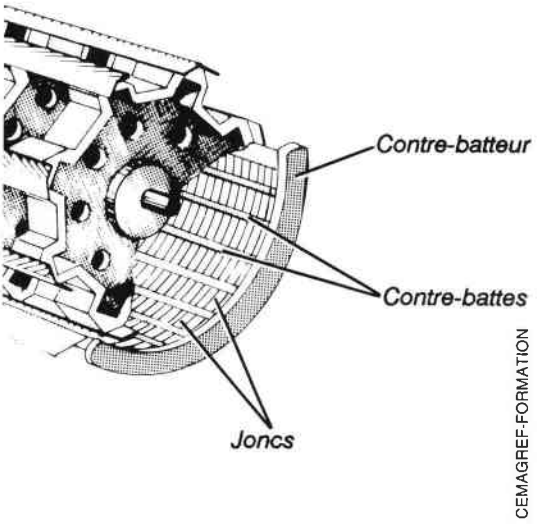


Fig. 43 — **Vue partielle d'un ensemble batteur et contre-batteur.**

Le contre-batteur est souvent prolongé en arrière par un **peigne** qui précède les organes de séparation et se trouve juste au-dessous du **tire-paille** (fig. **45**). L'action du tire-paille sur le peigne fait subir à la paille un second battage atténué. Toutefois, lorsque la récolte est très sèche et la paille fragile, il est conseillé de recouvrir le peigne d'une tôle, afin d'éviter une surcharge du système de nettoyage par les débris de paille courte. Un **écran-déflecteur** peut se trouver derrière le contre-batteur, afin de diriger l'air chargé de poussière vers le fond de la machine.

L'écartement batteur-contre-batteur joue un rôle fondamental dans la réalisation d'un battage efficace. Une distance trop faible provoque la casse des grains et une distance trop grande conduit à un battage imparfait. L'écartement batteur-contre-batteur est donc lié directement à la nature et à l'état de la récolte, à la taille des grains, à la facilité d'égrenage et au taux d'humidité. D'une façon générale, il convient de retenir l'écartement le plus faible possible sans qu'il se produise de casse des grains :

- si les épis ne sont pas battus à fond, il faut en principe rapprocher le contre-batteur du batteur. Si après un second essai, le battage des épis est toujours insuffisant, il faut augmenter la vitesse du batteur. Le réglage doit se poursuivre ainsi jusqu'à ce que les grains soient battus correctement. Précisons toutefois que cette méthode est réservée aux batteurs de 45 cm de diamètre ; pour les batteurs de grand diamètre (60 cm), il est préférable d'agir d'abord sur la vitesse du batteur avant de modifier l'écartement batteur contre-batteur,

- si le grain est cassé, il faut d'abord réduire la vitesse du batteur. Si après un deuxième essai, le grain est toujours cassé, il faut alors augmenter l'écartement batteur contre-batteur.

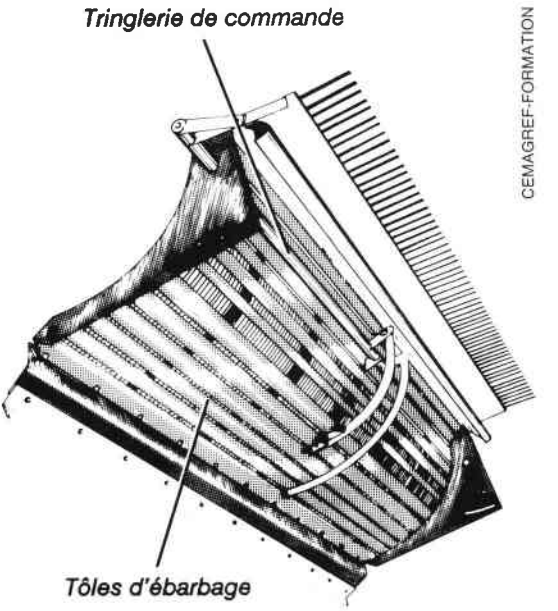


Fig. 44 — **Vue de dessous d'un contre-batteur muni de tôles d'ébarbage.**

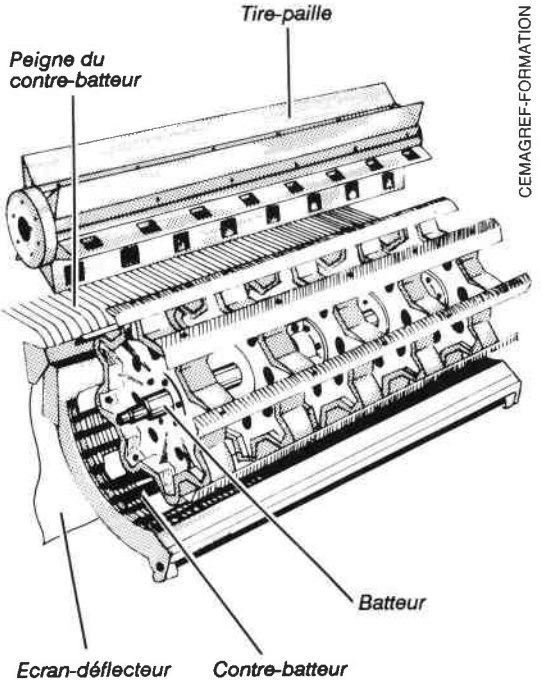


Fig. 45 — **Les organes de battage.**

Le réglage se poursuit ainsi, alternativement, si nécessaire, en vérifiant à chaque fois les résultats obtenus avant d'aller plus loin.

L'écartement batteur-contre-batteur est généralement plus important à l'entrée qu'à la sortie pour susciter un effet de frottement progressif sur la récolte. Les écartements batteur-contre batteur préconisés sont les suivants :

- 12 à 14 mm à l'avant et 3 mm à l'arrière pour le blé, le seigle et le triticale,

- 14 mm à l'avant et 3 mm à l'arrière pour l'orge,

- 16 à 18 mm à l'avant et 4 mm à l'arrière pour l'avoine.

Les réglages doivent être adaptés à l'état de dessication du produit et selon les conditions de récolte pendant la journée. Ils doivent aussi être adaptés en fonction des variétés : en blé, par exemple, les variétés à gros grains se battent en général mieux que celles à petits grains. A titre d'exemple, une variété de blé tendre comme "Thésée" se bat facilement, tandis que les variétés "Baroudeur" et "Soissons" se battent moins facilement, et les variétés "Scipion" et "Apollo" sont plus difficiles à battre.

Pour certains produits, des observations tendent à montrer que le réglage concentrique du contre-batteur (écartements d'entrée et de sortie identiques), peut être satisfaisant et permet de mieux utiliser la surface de séparation du contre-batteur.

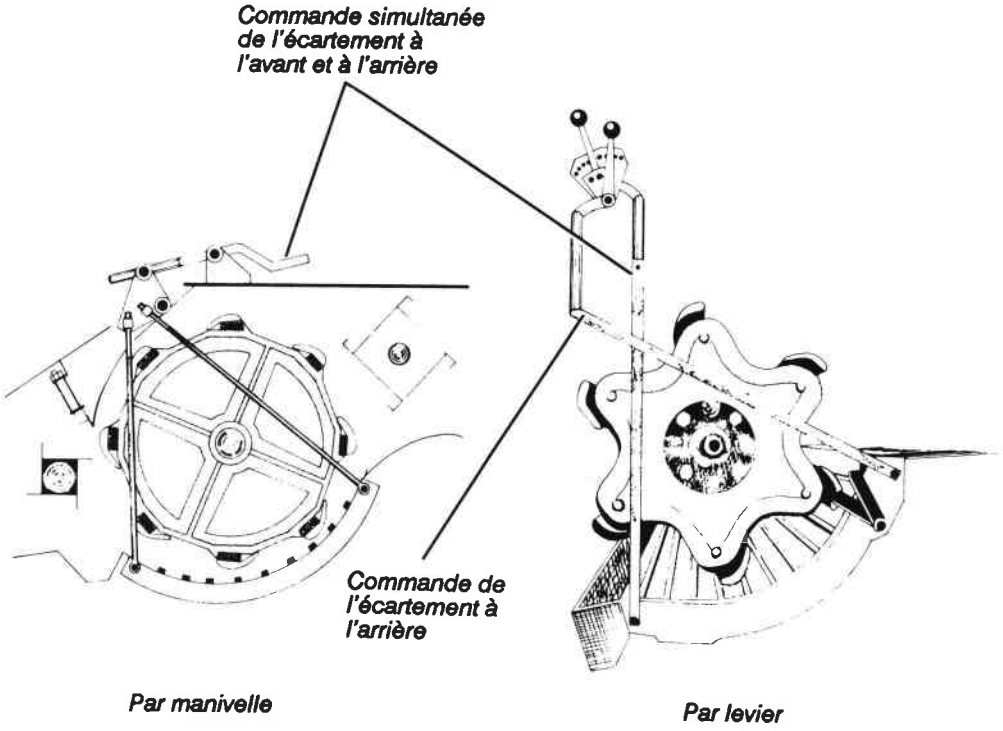


Fig. 46 — **Dispositifs de réglage en marche de l'écartement batteur-contre-batteur.**

La figure **46** montre deux dispositifs de **réglage en marche**, par levier ou manivelle commandés depuis le poste de conduite. Suivant les cas, les écartements à l'avant et à l'arrière sont réglés séparément (il y a alors deux leviers ou manivelles) ou simultanément (un seul levier ou manivelle), en conservant un rapport proportionnel entre les deux écartements. Sur quelques machines, il existe en plus un levier également commandé depuis le poste de conduite, lequel permet d'abaisser l'arrière du contre-batteur, de manière à assurer un débourrage rapide ou à dégager des pailles humides comme le colza.

Les organes de battage ont tendance à s'encrasser relativement vite, surtout lorsque les récoltes sont humides et contiennent de nombreuses parties vertes. Cela entraîne rapidement le déséquilibrage du batteur et une mauvaise séparation des grains au niveau du contre-batteur. Il convient donc de vérifier régulièrement la propreté des organes de battage, en utilisant les trappes de visite prévues à cet effet.

. Le tire-paille (fig. **45**) :

Appelé aussi **tambour de dégagement,** il est constitué d'un rotor muni de 4 à 6 pales, tournant à 700 et 800 tr/min. Il canalise la masse de paille provenant du batteur et la tire par dessus le peigne, ce qui réalise une séparation supplémentaire ; sa présence évite l'enroulement de la paille autour du batteur et la projette vers l'arrière.

• LES ORGANES DE SÉPARATION DU GRAIN DE LA PAILLE (fig. 47)

La séparation du grain de l'épi est assurée lors du passage de la récolte entre le batteur et le contre-batteur. Cette séparation est la plus importante, puisque au moins 85 % des grains passent à travers le contre-batteur.

La plus grande partie des grains restant dans la paille est récupérée lors d'une séparation qui consiste à faire passer le reste de la récolte sur des **secoueurs** qui la brassent, provoquant son aération et favorisant la séparation du grain restant. Sur les moissonneuses-batteuses modernes, l'action des secoueurs est complétée par des **organes complémentaires de séparation**.

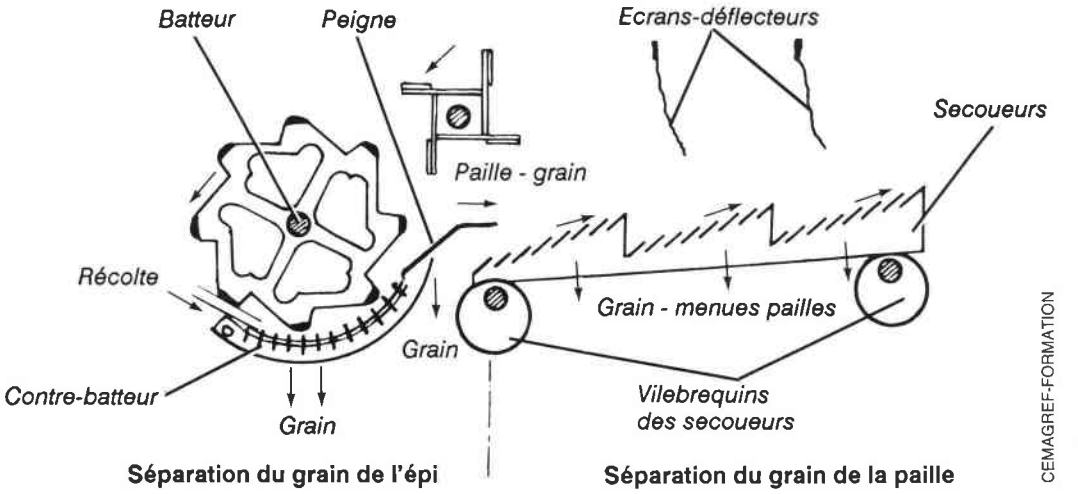


Fig. 47 — **Principe des organes de séparation.**

CEMAGREF-FORMATION

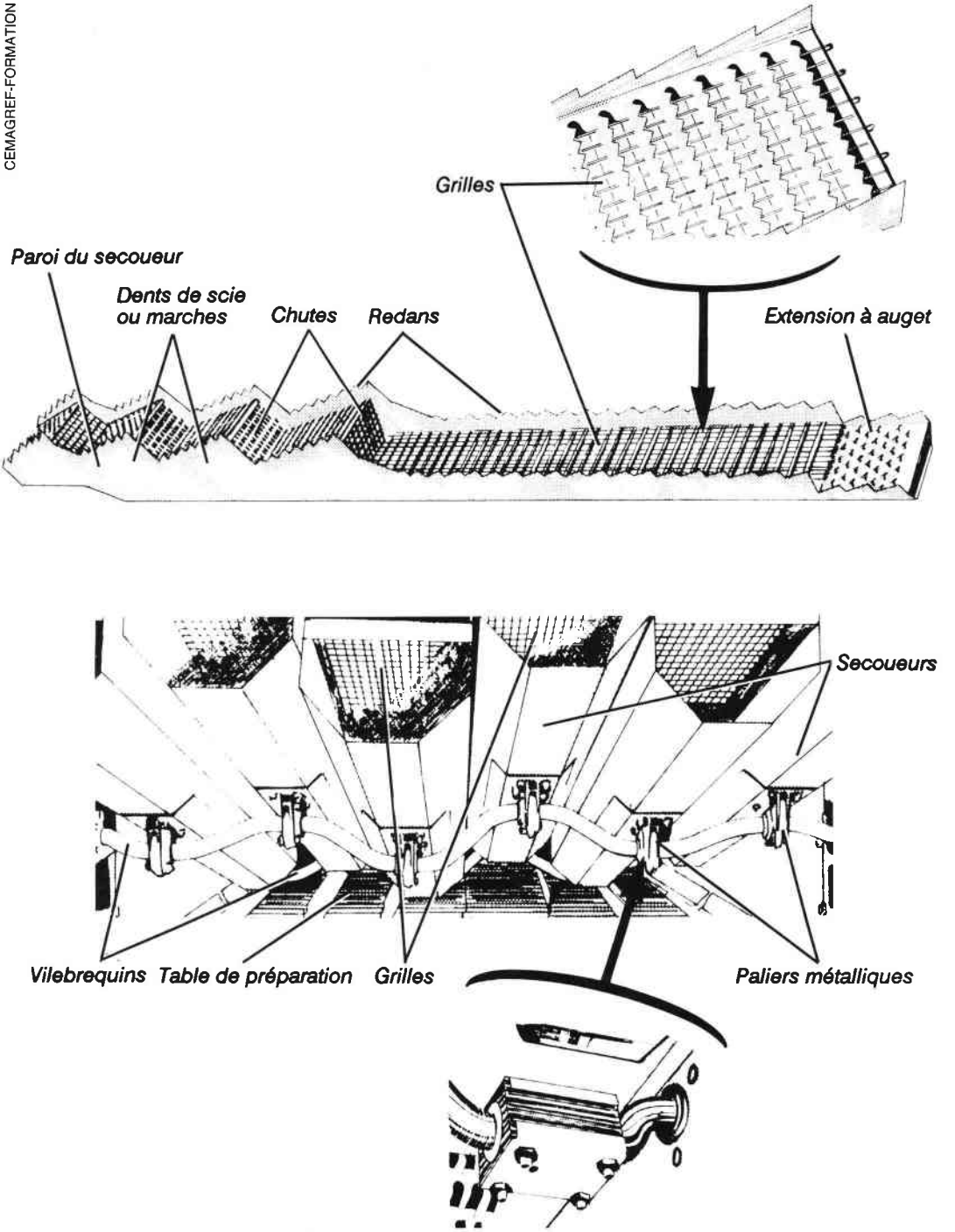


Fig. 48 — **Vue des parties supérieure et inférieure des secoueurs.**

. **Les secoueurs** (fig. **48**) :

Les moissonneuses-batteuses possèdent plusieurs secoueurs (jusqu'à 6) disposés les uns à côté des autres et animés d'un mouvement alternatif ayant une fréquence de 150 à 200 coups/minute. Les manetons qui les animent sont décalés de telle sorte que deux secoueurs voisins ne se trouvent jamais, au même instant, dans une position identique. Une telle disposition amène la paille à progresser vers l'arrière en décrivant une série de demi-circonférences et en subissant régulièrement des chutes de 20 à 30 cm.

Chaque secoueur est constitué par une poutre creuse en tôle, dont les côtés latéraux sont fermés, et qui repose sur les manetons d'un vilebrequin ; les paliers du vilebrequin sont en matière plastique ou en bois contre-plaqué (fig. **48**). Une **grille** recouvre chaque secoueur dont les côtés latéraux sont prolongés par des **tôles en dents de scie** avec des redans pour que la paille s'accroche et ne recule pas ; les ouvertures de la grille sont telles qu'elles laissent le passage au grain, aux balles, aux menus débris et aux otons. D'une façon générale, la grille est polyvalente et convient pour toutes les récoltes. Le secoueur a une pente ascendante vers l'arrière de la machine d'environ 20 %, ce qui permet aux éléments passés à travers la grille de s'acheminer vers les organes de nettoyage. Selon les cas, le fond de secoueur est fermé ou ouvert. Dans un secoueur à **fond fermé**, les éléments tombés dans le fond du secoueur se dirigent directement vers la **table à grains** ; dans un **secoueur à fond ouvert**, les éléments passés à travers la grille tombent sur une **table réceptrice** ou **table de retour** et sont ensuite dirigés vers la table à grains. Dans certains cas, il est possible de monter des **extensions** sur les secoueurs, qui augmentent ainsi la surface sur laquelle a lieu le secouage.

La **surface de secouage** d'une moissonneuse-batteuse correspond à la largeur additionnée de tous les secoueurs multipliée par leur longueur. Cette surface peut atteindre 6 m².
La **surface totale de séparation**, plus délicate à déterminer, peut être mesurée de différentes manières. La méthode la plus simple consiste à calculer la somme des surfaces du contre-batteur prise à l'aplomb de l'axe du batteur, du peigne et des secoueurs.

Le mouvement des vilebrequins est commandé par courroie. Aucun réglage particulier des secoueurs n'est à effectuer, mais il faut les nettoyer régulièrement. Un ou plusieurs **écrans déflecteurs** en matière souple sont disposés derrière le tire-paille et au-dessus des secoueurs pour régulariser le flux de paille et éviter les projections de grain. Sur certaines machines, il existe un **signal acoustique** commandé par un contact situé au-dessus des secoueurs et avertissant le conducteur en cas de bourrage (fig. **49**).

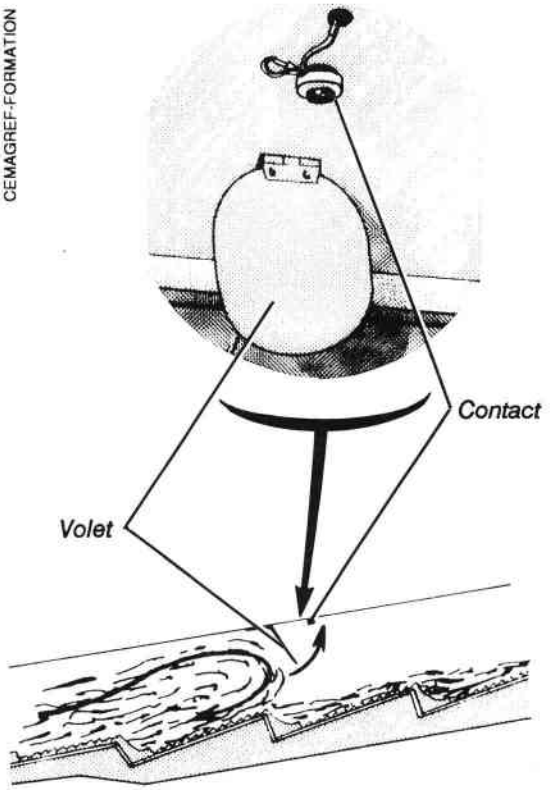


Fig. 49 — **Principe d'un indicateur de bourrage des secoueurs.**

. Les organes complémentaires de séparation :

La surface des secoueurs ne pouvant pas dépasser une certaine valeur, pour des questions d'encombrement, les constructeurs mettent en place des dispositifs complémentaires. Parmi les nombreux systèmes utilisés, citons :

- les agitateurs-répartiteurs (fig. **50**) :

Ils renforcent l'action de secouage en brassant la paille qui se trouve sur les secoueurs. La figure **50** montre le système adopté par la société Claas et qui comprend deux **vilebrequins** pourvus de **dents** - une par secoueur. Le premier vilebrequin se trouve au-dessus de la partie antérieure des secoueurs et le second à la partie postérieure. La synchronisation des mouvements des agitateurs et des secoueurs accentue le brassage de la paille et diminue son entassement sur les secoueurs, ce qui permet de récupérer davantage de grains. On peut admettre que l'action des agitateurs-répartiteurs est identique à celle qui serait obtenue avec une augmentation de 20 à 30 % de la surface des secoueurs.

La figure **51** montre le dispositif de secouage "tridimensionnel" de Fiatagri. Il correspond à l'action de **petites fourches à deux dents** (une fourche par secoueur), disposées dans une chute entre deux marches. Le mouvement de ces fourches est obtenu par un ensemble de biellettes, le tout étant commandé par le déplacement des secoueurs. Les fourches décrivent un mouvement elliptique sur toute la largeur des secoueurs, ce qui brasse la paille et la retourne.

- les dents oscillantes :

Utilisées par John-Deere sous l'appellation "Cross-shaker" (fig. **52**), elles sont situées au-dessus des secoueurs et ont également pour rôle d'accentuer leur action en faisant foisonner la paille qui tend normalement à se compresser en cours de secouage. Le dispositif comporte une cage rotative qui entraîne, au-dessus de chaque secoueur, une **série de huit longues dents recourbées** en acier, chacune d'entre elles étant associée à un **roulement à portée oblique** monté sur un arbre central fixe. La rotation de la cage entraîne les dents

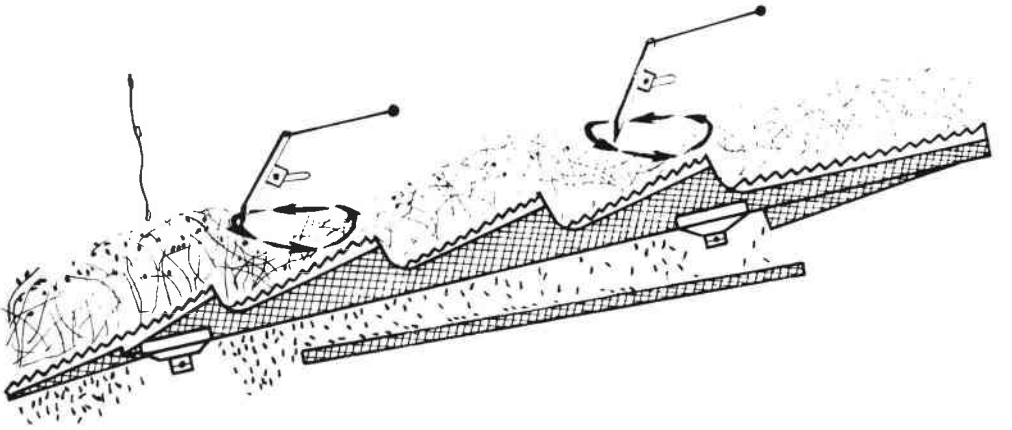


Fig. 50 — **Aérateurs à fourches.**

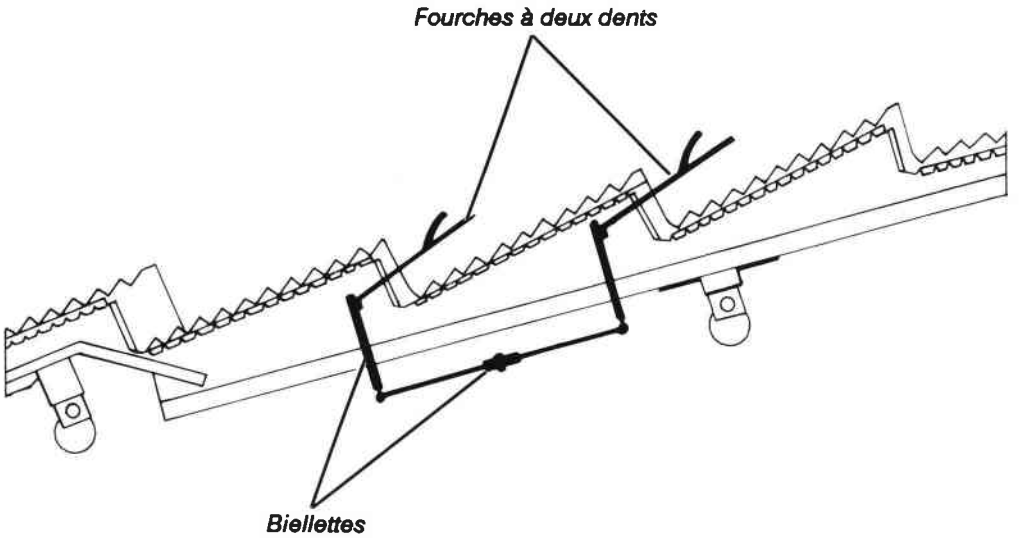


Fig. 51 — **Principe du secouage "tridimensionnel".**

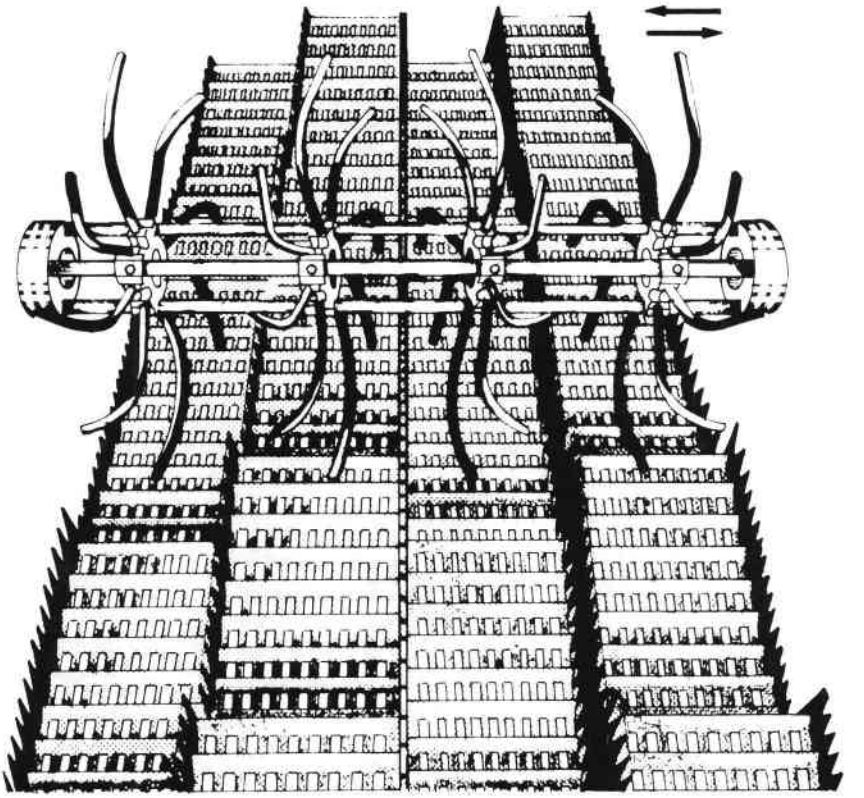


Fig. 52 — **Dents oscillantes du système "Cross-Shaker", John Deere.**

et les conduit à effectuer continuellement un mouvement latéral, dont l'amplitude correspond approximativement à la largeur d'un secoueur. Les dents pénètrent ainsi dans la paille en oscillant latéralement et la forcent à s'éparpiller sur toute la largeur des secoueurs, quelles que soient les conditions de travail (terrain en pente par exemple). La présence des dents oscillantes est équivalente à une surface supplémentaire des secoueurs de l'ordre de 25 %.

- les séparateurs rotatifs :

Leur rôle est de prolonger la durée du battage avant que la paille soit reprise par les secoueurs. Situés juste après le tire-paille, ils comportent un **tambour horizontal** à battes armées de dents et un **contre-séparateur à** grille (se reporter au chapitre 3 : l'évolution technologique des systèmes de battage et de séparation).

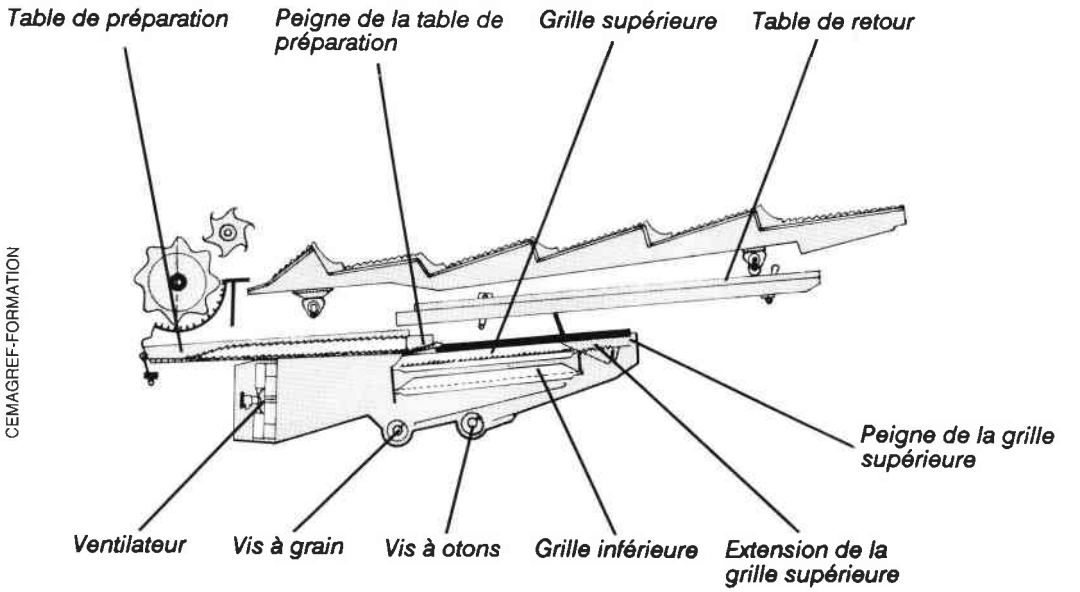
• LES ORGANES DE NETTOYAGE :

Au cours de la phase de séparation grain-paille, divers éléments passent à travers le contre-batteur et les secoueurs. Il s'agit non seulement du grain, mais aussi des **otons**, des **balles**, ainsi que des débris de paille et de la poussière.

Les otons sont des épis non battus, des graines non décortiquées et des morceaux de rachis qui contiennent encore quelques grains.

Les balles sont les fines enveloppes des grains.

Les organes de nettoyage recueillent dans un premier temps l'ensemble de ces éléments, puis procèdent à un tri qui ne gardera que le grain et les otons, sous l'action conjuguée d'un criblage mécanique et d'un courant d'air.



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 53 — **Les organes de nettoyage d'une moissonneuse-batteuse.**

Sur la plupart des moissonneuses-batteuses, le nettoyage s'effectue en une seule opération, mais certains constructeurs proposent un nettoyage complémentaire ; de telles moissonneuses-batteuses sont qualifiées de moissonneuses-batteuses à **double nettoyage**. Les organes de nettoyage - ou de premier nettoyage - sont situés en dessous des organes de battage et des secoueurs (fig. **53**), derrière les roues avant. Les organes de nettoyage complémentaire se trouvent par contre à la partie supérieure de la machine, derrière la trémie.

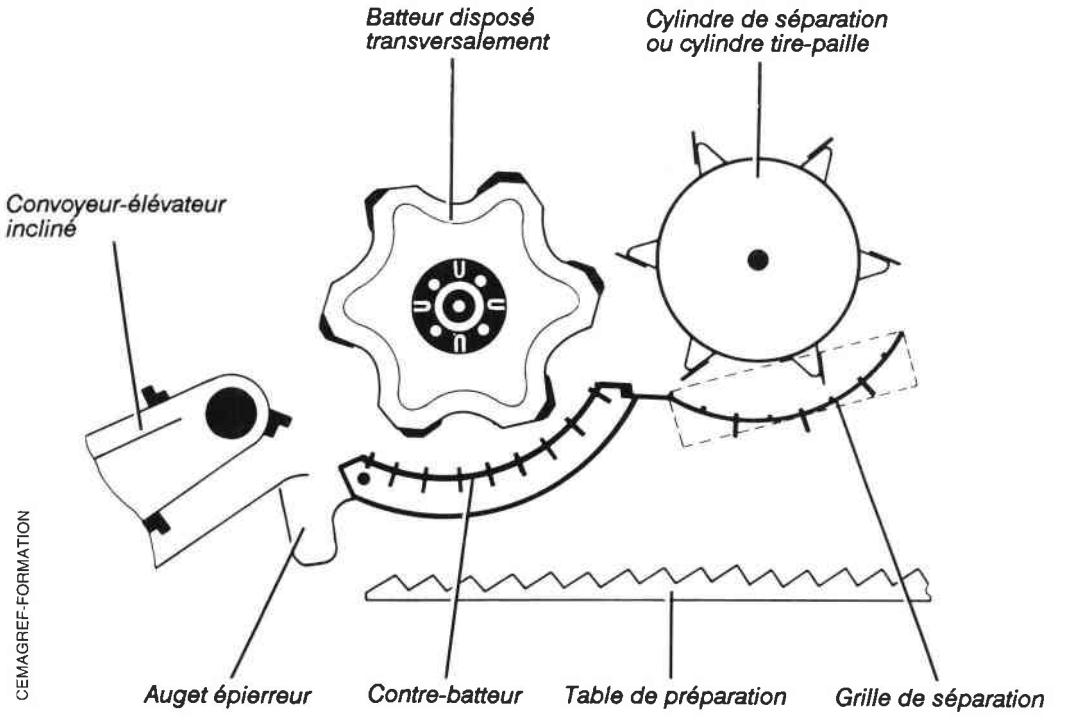
Les organes de nettoyage comprennent (fig. **54**) **une table de préparation** ou **table à grain** et un **caisson de nettoyage** comprenant au minimum deux **grilles de nettoyage** montées sur un châssis oscillant et un **ventilateur**.

. La table à grain ou **table de préparation** :

La table à grain est un plan légèrement incliné vers l'avant et animé de secousses. Elle reçoit l'ensemble des éléments passés à travers le contre-batteur (fig. **53**) et les secoueurs (fig. **54**). Son rôle est double :

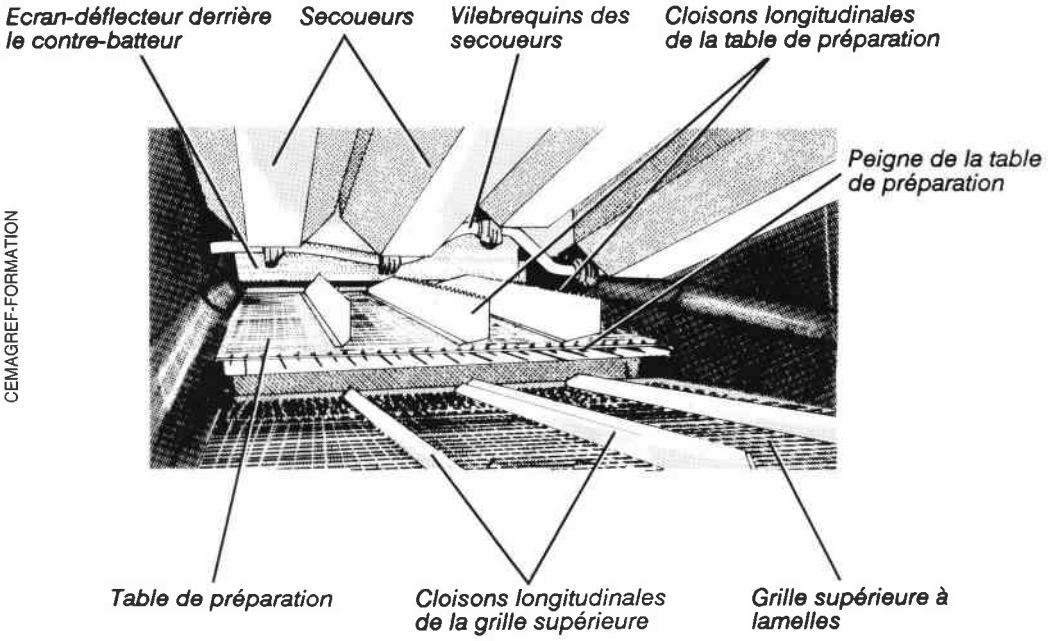
- diriger l'ensemble des éléments qui y arrivent vers le caisson de nettoyage (fig. **55**). Pour cela, la table est animée de secousses (300 à 350 à la minute environ) grâce à un arbre excentrique dont les mouvements sont coordonnés avec ceux du caisson de nettoyage,

- effectuer une première séparation entre les grains et les menues pailles. Pour cela, sa longueur peut atteindre 1,80 m et elle possède des redans comme les secoueurs. Sous l'action



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 54 — **Les organes de battage et la table de préparation.**



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 55 — **Vue arrière des secoueurs et de la partie supérieure des organes de nettoyage.**

des secousses de la table, les éléments les plus lourds (grains et otons en particulier) se trouvent dans la couche inférieure et les parties les plus légères dans la couche supérieure. Ces deux couches s'acheminent petit à petit vers la partie terminale de la table qui est prolongée par un **peigne**. Les parties les plus lourdes tombent alors dans le caisson de nettoyage, tandis que la paille et les menus débris sont expulsés à l'extérieur par le courant d'air du ventilateur. Ce premier tri est d'autant plus efficace que la **hauteur de chute** entre la table de préparation et le caisson de nettoyage est élevée.

La table à grain comporte presque systématiquement des **cloisons longitudinales dentées** destinées à maintenir le plus possible la récolte uniformément répartie sur toute la largeur de la table, même lorsque le moissonnage-battage s'effectue sur des terrains en pente.

Selon le type de la récolte, différents réglages ou modifications peuvent être apportés à la table à grain : changement de calage pour les récoltes sèches ou légères ; remplacement des grilles (maïs en particulier).

La figure **56** montre un système de nettoyage (Claas Commandor) dont la table de préparation est en deux parties. Une partie, placée en contrebas et en retrait, permet de ménager, en-dessous de l'extrémité du plus grand élément, une chute supplémentaire soumise à l'air pulsé du ventilateur de nettoyage. Au bout de chaque étage, un peigne de forme adaptée permet de dissocier le mélange grains, balles et menues pailles.

Sur les tables de préparation, ainsi que sur la table de retour de séparation, l'écoulement du produit s'effectue en sens inverse de celui des tamis supérieur et inférieur. Cette disposition permet d'accroître l'efficacité de la ventilation et l'équilibre dynamique à l'intérieur du caisson de nettoyage. L'objectif étant de ramener les vibrations au plus faible niveau possible.

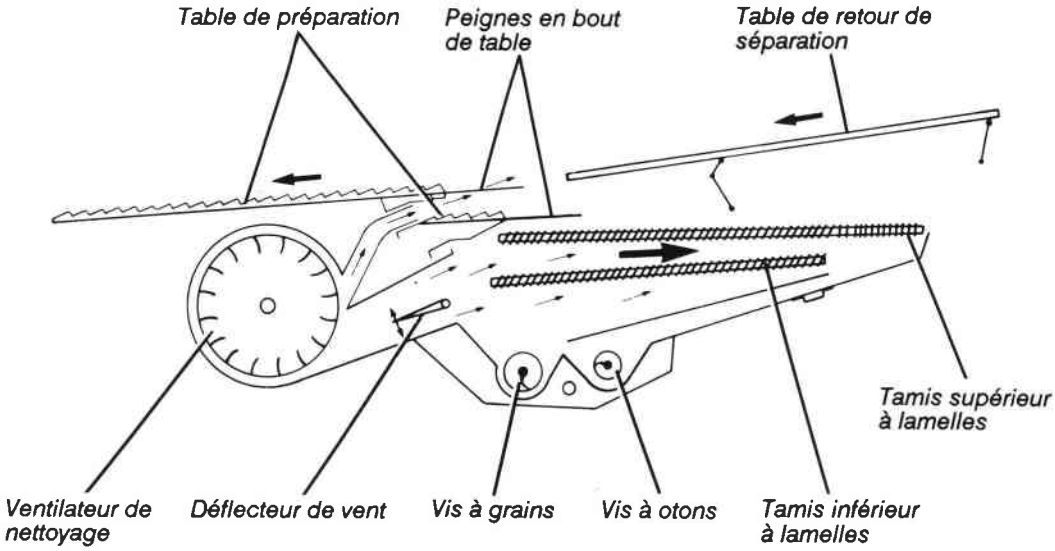


Fig. 56 — **Organes de nettoyage d'une machine Claas "CS".**

Notons que certains constructeurs conçoivent des tables de préparation munies de vis parallèles (fig. **57**) qui recueillent le grain sous le contre-batteur et le dirigent vers le caisson de nettoyage. C'est le cas notamment de John Deere (modèle 9600), et de Case IH (Axial-Flow, série 1600).

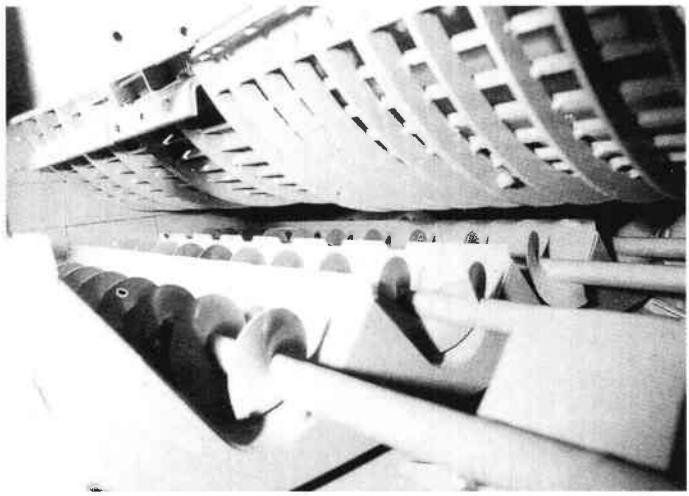


Fig. 57 — **Table à grain à vis parallèles (Case IH).**

. Le caisson de nettoyage (fig. **58**) :

Ouvert à sa partie supérieure, il contient deux, parfois trois **grilles** superposées réglables ou interchangeables, animées d'un mouvement d'oscillation alternatif. Ces grilles sont soumises de bas en haut (fig. **59**) à l'action de l'air provenant du **ventilateur** situé à l'avant du caisson.

Les grilles ont un triple rôle : laisser passer le plus vite possible le grain propre vers le fond du caisson où il sera repris par la vis à grain ; envoyer les otons en bout de grille d'où ils tomberont vers l'auget à otons ; éliminer successivement, grâce au courant d'air du ventilateur, les parties légères puis les parties plus lourdes.

- la grille supérieure :

Appelée encore **grille à otons** ou **crible à courtes pailles**, elle reçoit les grains battus, les balles, les débris de paille et les otons. Elle suit les oscillations de la table de préparation et la séparation s'y effectue par **densité** et par **criblage** :

- la séparation par densité est obtenue grâce au courant d'air provenant du ventilateur soufflant sous les grilles et emportant les balles, les produits légers et les menues pailles qui sont évacués à l'arrière de la machine,

- la séparation par criblage s'effectue par gravité au travers des ouvertures de la grille. La taille des ouvertures permet le passage sélectif du grain et non celui des otons qui sont acheminés par secousses successives vers l'extrémité de la grille, puis tombent dans l'auget à otons.

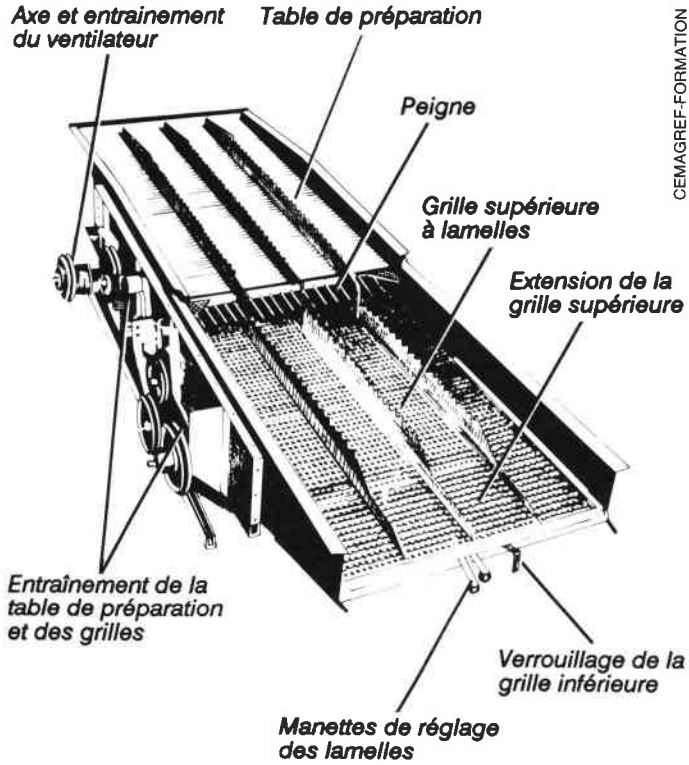


Fig. 58 — **Caisson de nettoyage d'une moissonneuse-batteuse.**

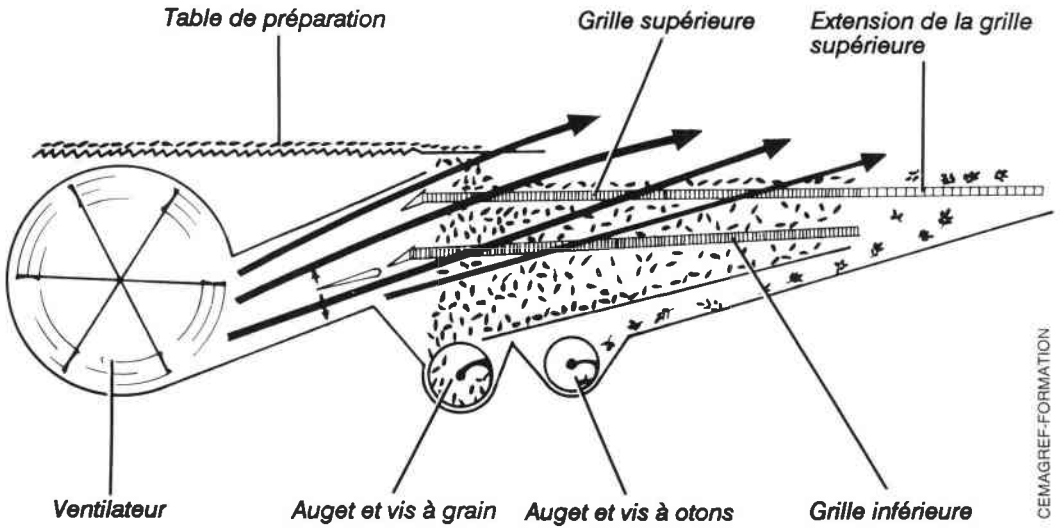
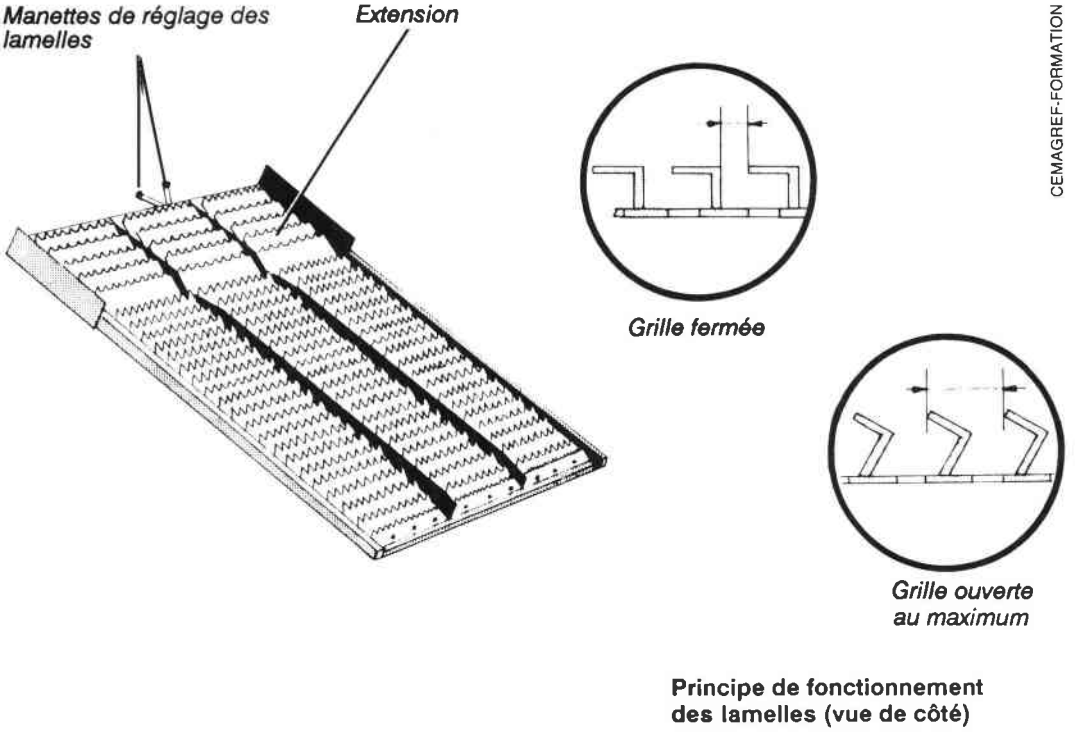


Fig. 59 — **Circuit de l'air, du grain et des otons dans le caisson de nettoyage.**



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 60 — **Grille supérieure à lamelles.**

La grille supérieure peut être soit **interchangeable**, soit **fixe**, mais avec des ouvertures réglables. Dans le premier cas, la grille est une simple plaque de tôle percée sur toute sa surface d'orifices de formes différentes selon les constructeurs ; chaque grille est adaptée à un ou à plusieurs types de récolte et doit être changée en conséquence. Dans le deuxième cas, la grille, appelée aussi **grille à lamelles** (fig. **60**) est constituée par une série de lamelles parallèles, orientées vers l'arrière de la machine. Le recouvrement plus ou moins important des lamelles les unes sur les autres peut être réglé manuellement depuis l'arrière du caisson (fig. **61**). La grille à lamelles est souvent prolongée par une **extension** également à lamelles et dont l'inclinaison se règle indépendamment de celle de la grille.

Comme la table de préparation, la grille supérieure - fixe ou non - et l'extension comportent des **cloisons longitudinales** pour régulariser l'épaisseur de la récolte qui s'y trouve. Il existe aussi assez régulièrement un **peigne** prolongeant la grille ou l'extension.

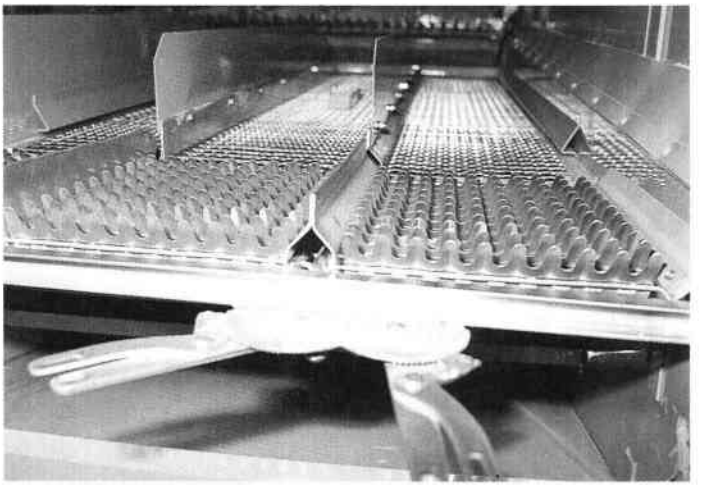


Fig. 61 — **Grille supérieure à lamelles réglables.**

L'inclinaison de la grille supérieure peut être réglée selon la nature de la récolte : en conditions normales, la grille doit être inclinée vers l'avant ; dans le cas de récoltes peu glissantes - comme le riz - la grille doit être au contraire horizontale.

Lorsque la grille est à lamelles réglables, les ouvertures formées par celles-ci doivent être aussi petites que possible pour obtenir un grain propre ; elles doivent être suffisamment ouvertes pour que tous les grains soient séparés avant le dernier quart de la grille. Un mode de réglage très simple, à l'arrêt, consiste à jeter une poignée de grains sur la grille, celle-ci étant entièrement fermée et à l'ouvrir jusqu'à ce que les grains tombent au travers ; arrivé à ce stade, on ouvre encore la grille d'un cran supplémentaire. Un réglage final est nécessaire au début du travail dans le champ. Les lamelles de l'extension doivent être légèrement plus ouvertes que celles de la grille supérieure et la pente de l'extension doit être plus importante que celle de la grille pour récupérer les grains qui tendent à être entraînés par le courant d'air du ventilateur. Toutefois, lorsque les récoltes sont humides ou comportent des mauvai-

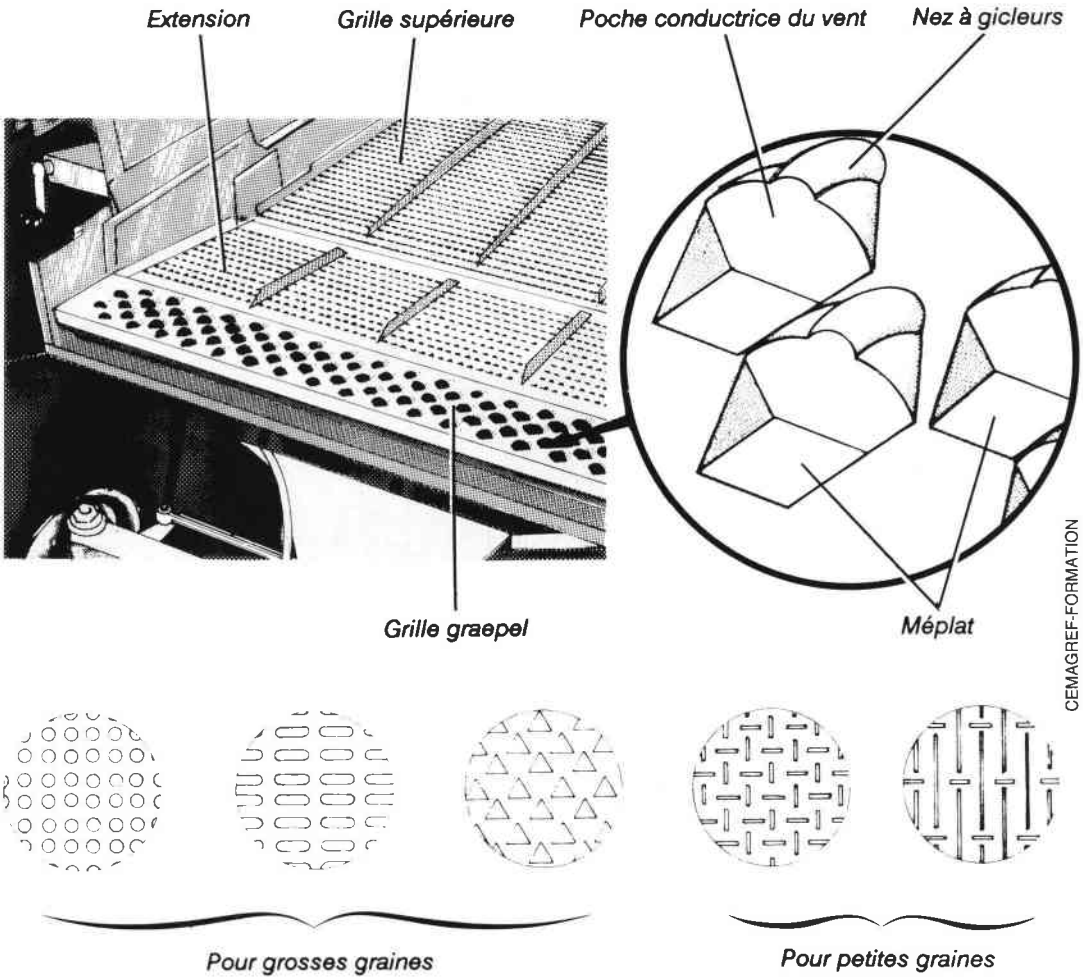


Fig. 62 — **Différents types de grilles de nettoyage.**

ses herbes, il peut être nécessaire, selon les cas, de réduire l'inclinaison de l'extension et de recouvrir le peigne d'une **grille** "**Graepel**" à courte paille (fig. **62**).

- La grille inférieure appelée encore **grille à grains** ou **crible de finition** a pour rôle de parfaire le nettoyage réalisé par la grille supérieure en ne laissant passer que le grain et les impuretés, dont les dimensions sont inférieures à celles du grain. Les oscillations de la grille inférieure peuvent être alternées avec celles de la grille supérieure.

La grille inférieure est généralement de type plat, interchangeable. Selon les récoltes, il convient de monter la grille correspondante (fig. **62**), une moissonneuse- batteuse étant toujours livrée avec un jeu de différentes grilles. Dans certains cas, la grille inférieure est à lamelles - comme la grille supérieure - mais les ouvertures formées par celles-ci doivent être très petites.

La Société **GRAEPEL** propose pour certaines machines trois grilles, dites "en cascade" (fig. **63**), l'ensemble de ces grilles pouvant être ou non à lamelles. Le terme de "cascade" s'applique aux chutes successives que subit la récolte, ce qui, indépendamment de la grande surface de nettoyage, la soumet de façon prolongée à l'action du ventilateur et débarrasse ainsi le grain et les otons d'un maximum d'impuretés.

Pour les céréales, on utilise des grilles supérieures à lamelles et des grilles inférieures soit à lamelles soit perforées, dont les calibres les plus courants sont :

- 8 à 12 mm pour le blé,
- 8 à 14 mm pour l'orge,
- 7 à 8 mm pour le seigle et le triticale,
- 14 à 16 mm pour l'avoine.

. Le ventilateur :

Il joue un rôle primordial dans le nettoyage de la récolte par soufflage entre les grilles. Placé dans un **tambour**, sous la table de préparation et en avant du caisson de nettoyage, le ventilateur est relié de façon étanche au caisson par une **buse de ventilation**. Des **déflecteurs** sont logés dans la buse, afin de répartir le courant d'air sur toute la surface des grilles. Latéralement,

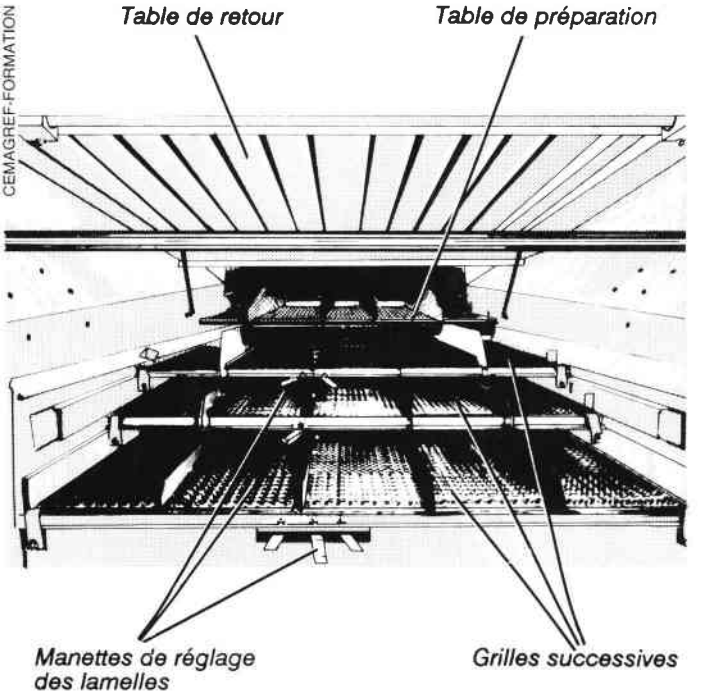
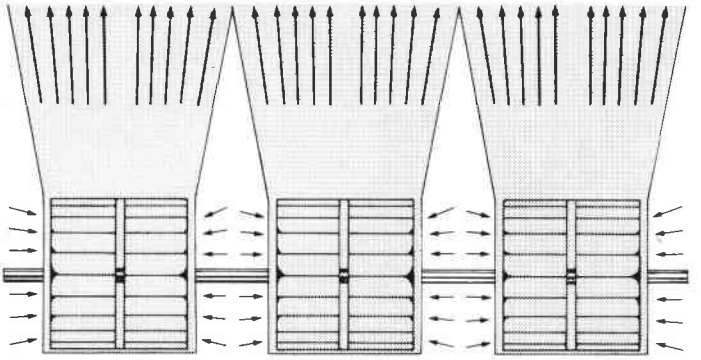


Fig. 63 — **Vue arrière d'un caisson de nettoyage à trois grilles en cascade.**

des **ouvertures réglables** dosent l'air à l'admission du ventilateur.

Le ventilateur peut être à pales radiales ou hélicoïdales. Sur les machines de haut de gamme, à fort débit, il peut être constitué d'une série de corps alimentés individuellement en air (fig. **64**).

Les trois réglages qui conditionnent l'efficacité du fonctionnement du ventilateur sont le **volume d'air admis**, le **débit** et l'**orientation du flux d'air**.



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 64 — **Ventilateur à six corps alimentés individuellement.**

- le volume d'air admis :

On peut le faire varier en ouvrant plus ou moins les ouvertures d'admission d'air du ventilateur. Il importe que toutes ces ouvertures soient identiques, afin d'avoir une ventilation uniforme sur toute la largeur du caisson de nettoyage.

- le débit :

Son intensité se règle en modifiant la vitesse du ventilateur qui est entraîné par l'intermédiaire d'un variateur à courroie ou d'un moteur hydraulique.

Un débit d'air insuffisant réduit l'efficacité du nettoyage et se traduit automatiquement par une certaine quantité d'impuretés passant avec le grain dans la trémie. Au contraire, lorsque la ventilation est excessive, la grille supérieure n'est plus chargée et une partie importante du grain rejoint les otons ou se trouve projetée vers l'extérieur de la machine et déposée sous l'andain. On conseille une ventilation forte pour le blé, l'orge, le seigle et le triticale et une ventilation moyenne pour l'avoine. Il faut prêter une attention à ce réglage, car on provoque autant de pertes par manque de ventilation que par excès. L'excès peut entraîner des grains vers l'extérieur, tandis qu'une ventilation trop faible ne dégage pas les déchets qui alors bouchent les grilles empêchant les grains de passer.

- l'orientation du flux d'air :

Des déflecteurs ont pour rôle de répartir le flux d'air sur l'ensemble des grilles, en privilégiant toutefois la partie antérieure de celles-ci. Une bonne orientation des déflecteurs est primordiale pour obtenir un nettoyage correct de la récolte.

Il est conseillé de diriger l'air vers le premier tiers des grilles, afin de les dégager au maximum et d'éviter aux menues pailles de s'y déposer.

. Les organes de nettoyage complémentaire ou de second nettoyage :

Ils équipent en option certains modèles de moissonneuses-batteuses ou des machines destinées à la récolte de graines de semence. Ces organes sont disposés à la partie supérieure de la machine, derrière la trémie de réception.

Le grain contenant encore des impuretés est récupéré dans l'auget à grains par la vis à grain, puis transporté par un **élévateur à grain** vers les organes de second nettoyage. Ceux-ci comportent (fig. **65**) un **ébarbeur rotatif** suivi d'un **trieur** à deux grilles, qui permettent d'éliminer les mauvaises graines mêlées à la céréale récoltée (grains cassés ou graines indésirables).

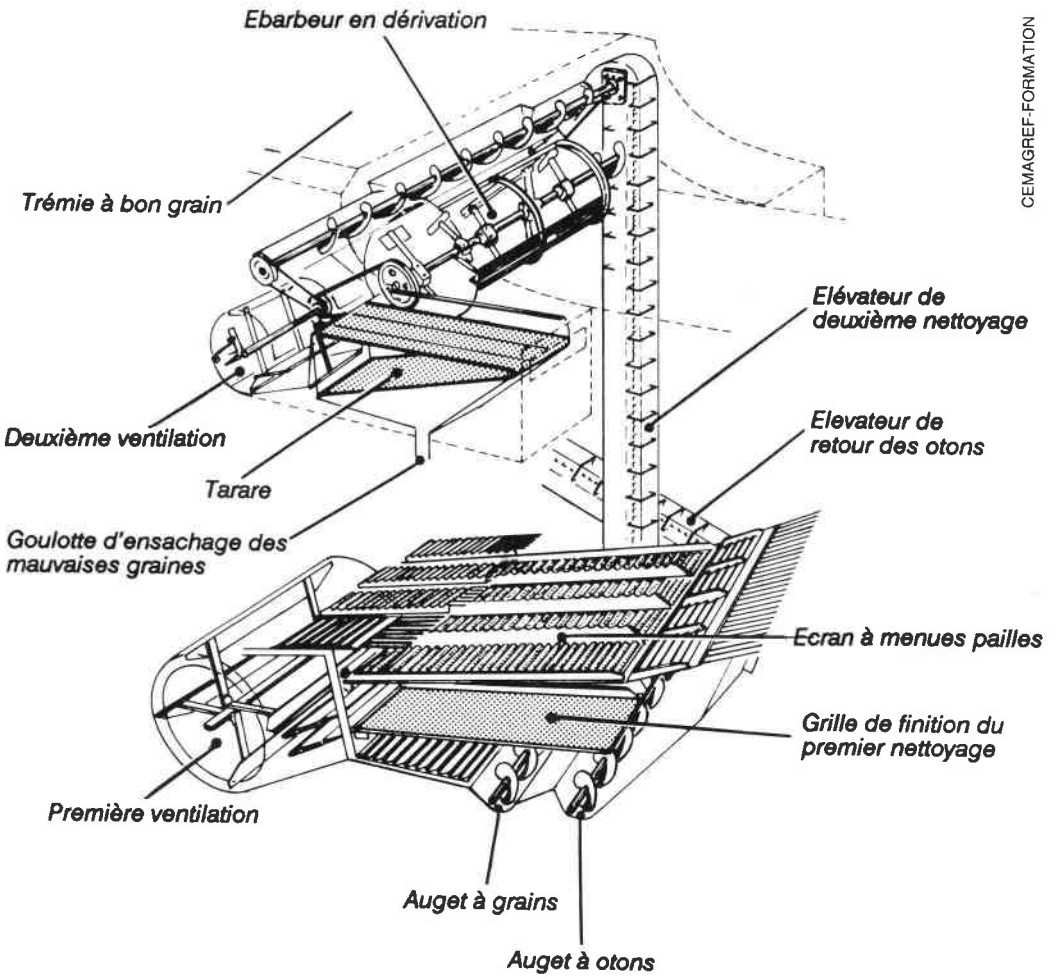
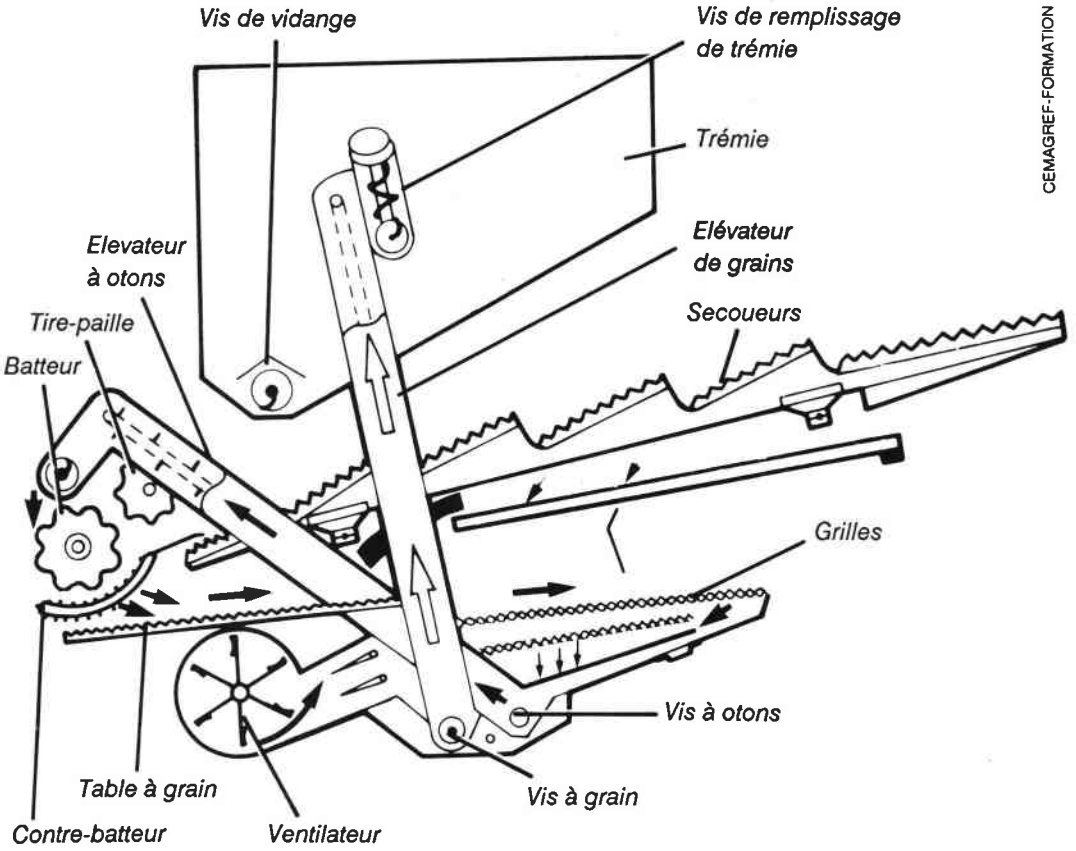


Fig. 65 — **Système de double nettoyage.**



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 66 — **Organes de nettoyage et de récupération du grain.**

• LES ORGANES DE RÉCUPÉRATION DU GRAIN :

Le fond du caisson de nettoyage comporte deux **augets** où s'accumulent respectivement le grain et les otons. Deux **vis sans fin** récupèrent ces produits qui empruntent chacun un circuit différent (fig. **66**).

. Le circuit du grain propre :

La vis à grain dirige le grain vers un **élévateur à grain** qui à son tour l'amène vers la **vis de remplissage** de la trémie. L'élévateur à grain peut être à vis, à godets ou à palettes en caoutchouc, ce dernier système étant actuellement le plus utilisé (fig. **67**).

La tension des chaînes de l'élévateur doit être contrôlée régulièrement, une tension insuffisante de la chaîne pouvant entraîner une casse du grain et une tension trop forte la détérioration de l'élévateur.

Des **trappes de visite** dans les parois de la vis à grain et de l'élévateur facilitent la surveillance et permettent un accès facile pour leur nettoyage ou une intervention en cas de bourrage.

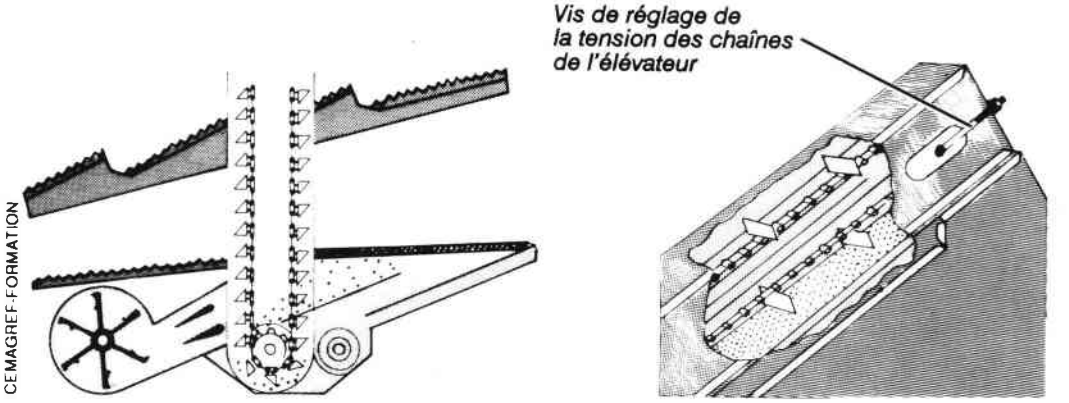


Fig. 67 — A gauche : **élévateur à godets,** à droite : **élévateur à palettes caoutchoutées**

La vis de remplissage de la **trémie** se trouve à la partie supérieure de la trémie dont la capacité peut varier de 1.000 à 10.000 litres. Certaines machines possèdent une **vis de répartition** située également à la partie supérieure de la trémie. Cette vis (fig. **68**) comporte des secteurs réglables, qui assurent une répartition uniforme du grain.

Une **vis de décharge** se trouve à la partie inférieure de la trémie et peut être repliée avec sa goulotte, notamment pendant le transport. La position de la vis de décharge est assurée, soit manuellement, soit hydrauliquement.

Enfin, une **jauge** disposée dans la trémie actionne un signal sonore ou lumineux qui indique au conducteur le niveau de remplissage de la trémie ; ce niveau peut être aussi contrôlé depuis le poste de conduite grâce à un hublot.

. Le circuit des otons :

Les otons rassemblés dans l'auget à otons peuvent suivre des circuits différents, selon que la moissonneuse-batteuse est à **recyclage des otons** ou à **batteur auxiliaire à otons**.

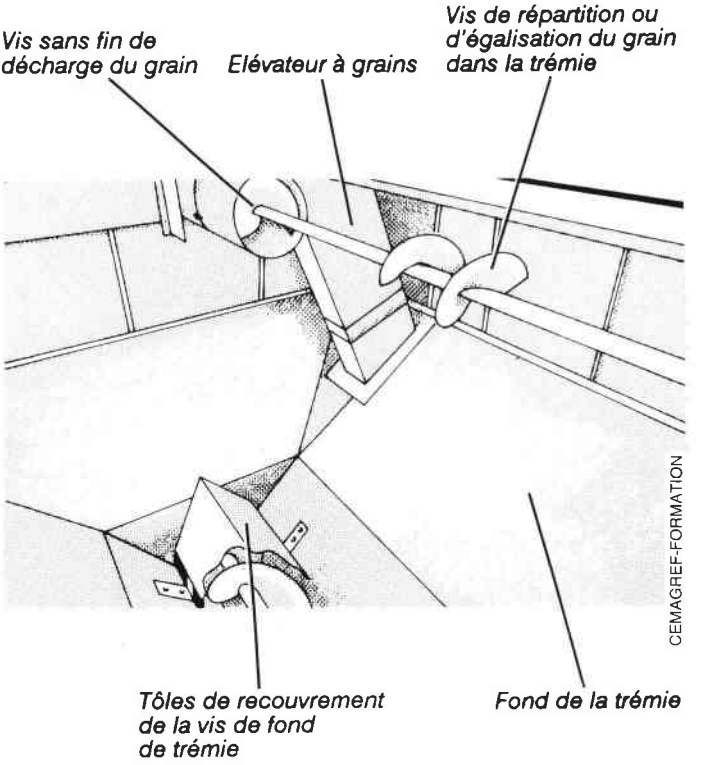
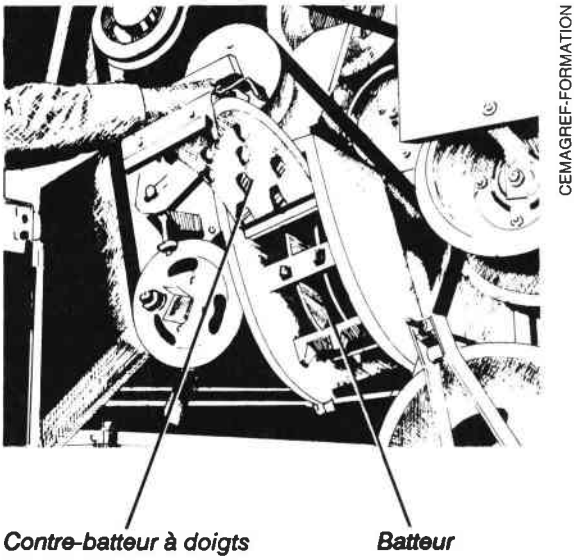


Fig. 68 — **Vue de dessus d'une trémie et de la vis de répartition du grain.**

- circuit à recyclage des otons :

Dans ce cas, la vis à otons dirige les otons vers un élévateur à palettes caoutchoutées qui les amène en avant sur toute la largeur du batteur (fig. **66**). Les otons suivent alors le circuit : battage, secouage, nettoyage, étudié précédemment. Il convient d'éviter la surcharge des grilles de nettoyage, afin que les otons ne contiennent trop de grains propres, car ceux-ci risquent d'être cassés au cours du deuxième battage.



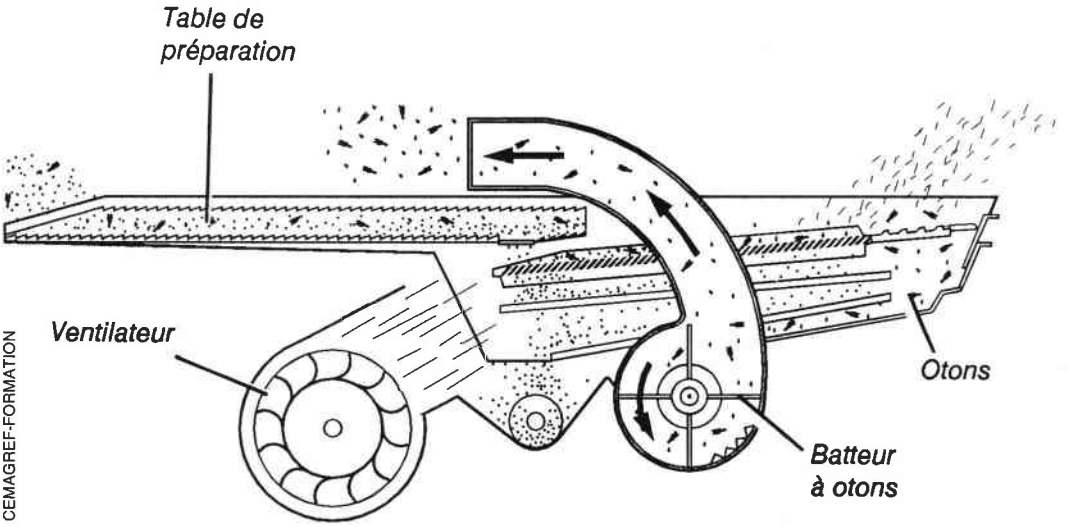
CEMAGREF-FORMATION

Fig. 69 — **Batteur à otons (contre-batteur soulevé).**

- circuit avec batteur auxiliaire à otons :

Un **petit élévateur** remonte les otons vers un batteur à otons tournant à 800 tr/min environ et situé au niveau de la table de préparation (fig. **69**). Sous l'action du courant d'air créé par ce batteur, la récolte qui en sort est répartie sur la zone médiane de la table de préparation avant de tomber sur les grilles de nettoyage. Selon l'intensité du battage à effectuer, le contre-batteur peut être une tôle lisse ou nervurée.

Comme pour le système de récupération du grain, des **trappes de visite** sur la vis à otons et sur l'élévateur permettent de contrôler la composition du produit entraîné et d'intervenir



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 70 — **Circuit des otons avec batteurs latéraux et retour sur la table de préparation.**

éventuellement en cas de bourrage. Des **raclettes** métalliques peuvent être aussi montées sur l'élévateur à otons.

Il est très important que le retour des otons soit réduit au minimum, car le grain mélangé, ramené au batteur, subit un second battage et risque d'être brisé. Pour limiter ce retour, il faut ouvrir un peu plus la grille supérieure ou réduire la vitesse du ventilateur.

De plus, les menues pailles et débris légers mélangés aussi aux otons sont également battus à nouveau et provoquent une surcharge de la grille supérieure. Pour limiter leur présence, on peut augmenter la vitesse du ventilateur et, pour prévenir la cassure de la paille, réduire la vitesse du batteur.

La figure **70** représente une machine équipée de batteurs à otons qui projettent le mélange de chaque côté de la table de préparation (Deutz-Fahr).

• L'ÉVALUATION DES PERTES DE GRAIN :

L'évaluation précise des pertes de grain des moissonneuses-batteuses est toujours une opération assez délicate, qui demande de l'expérience et une bonne connaissance des machines. Rappelons que les pertes de grain se situent à trois niveaux :
- au niveau de la coupe,
- à la sortie des secoueurs,
- à l'arrière du caisson de nettoyage.

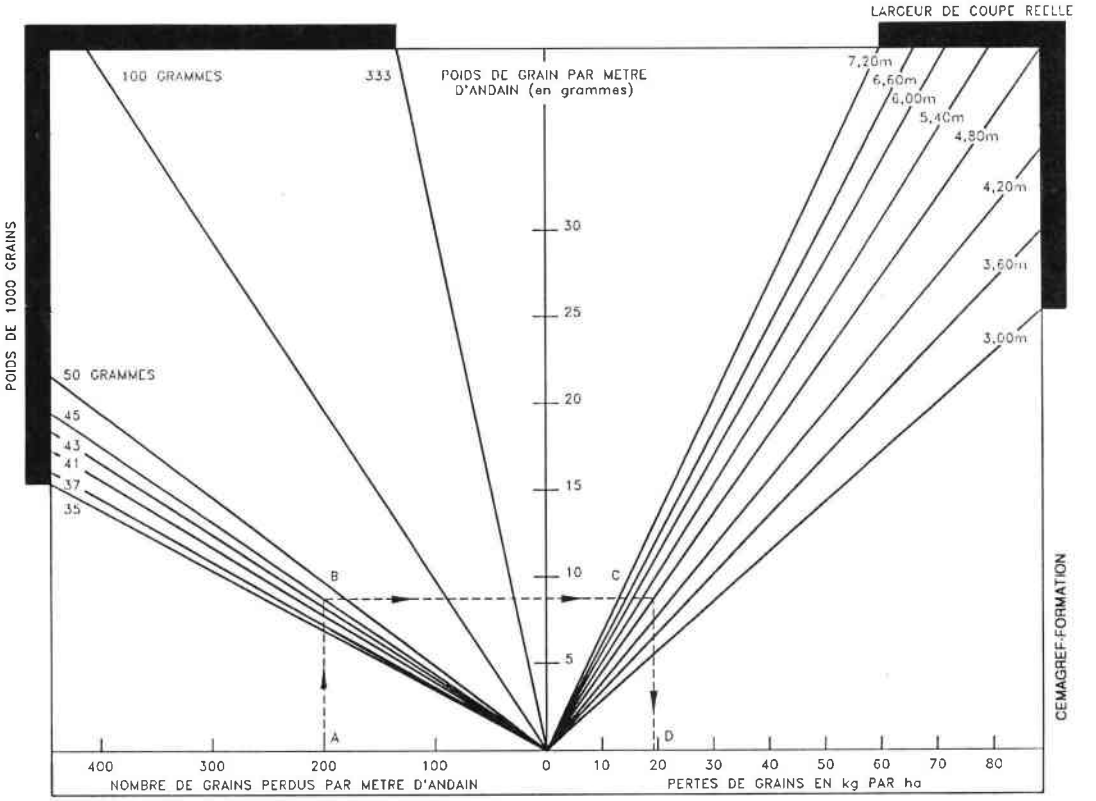


Fig. 71 — **Abaque pour l'évaluation des pertes de grains.**

Les pertes à la coupe sont les plus difficiles à apprécier, puisque la machine rejette la paille et les débris dans le même axe que la coupe. Pour les autres pertes, l'agriculteur ne dispose que de deux méthodes peu pratiques : la première consiste à compter les grains pouvant être décelés sur le sol et dans l'andain de paille (sur de petites surfaces témoin successives), la seconde méthode consiste à déposer derrière le tablier de coupe des plateaux récepteurs qui recueillent les grains (et les débris) rejetés par le caisson de nettoyage et les secoueurs. Certains constructeurs proposent des "kits" de réception avec la méthode de calcul correspondante. L'abaque de la figure **71** permet de déterminer la masse de grains perdus en fonction du nombre de grains décelés par mètre d'andain. Dans tous les cas, il est essentiel de prendre connaissance des instructions contenues dans le manuel d'utilisation du constructeur.

Les détecteurs de pertes de grain (se reporter aussi au chapitre 7), constituent une aide utile pour apprécier les variations de pertes.

Précisons toutefois qu'une moissonneuse-batteuse ne peut pas récolter 100 % des grains et qu'il convient de relativiser l'importance des pertes, lorsqu'elles sont faibles et lorsque le temps passé à les réduire coûte plus cher que le gain obtenu.

- **LES BROYEURS DE PAILLE** (fig. **72** et **73**) :

Le broyage facilite l'enfouissement ultérieur de la paille et améliore sa décomposition. Des mesures ont montré que le pourcentage de brins inférieurs à dix centimètres peut dépasser 85 %, dont 70 % ont moins de cinq centimètres de longueur.

Les moissonneuses-batteuses peuvent être équipées à l'arrière, de broyeurs fabriqués par leurs constructeurs ou par des fabricants spécialisés. Les modèles proposés disposent soit de couteaux fixes sur le rotor (fig. **72**), soit de couteaux articulés. Les couteaux fixes hachent plus fin et réclament une puissance moindre ; en revanche, ils sont plus fragiles et leur détérioration conduit à un déséquilibrage du rotor.

Les modèles à couteaux articulés, réversibles, sont accompagnés de contre-couteaux ou contre-peignes (fig. **73**).

A la sortie des broyeurs, la répartition de la paille hachée est assurée par des déflecteurs réglables manuellement ou mécaniquement.

Afin de récupérer la paille sans la broyer, diverses solutions sont proposées : bascu-

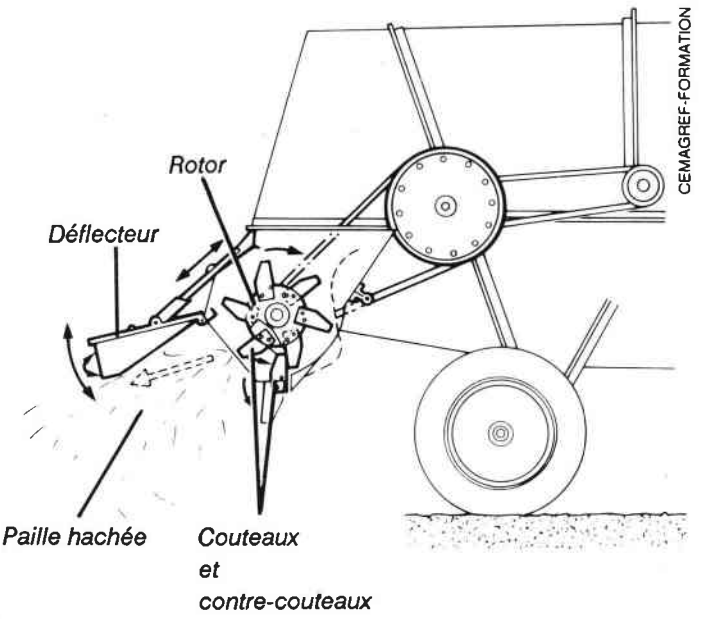


Fig. 72 — **Broyeur de paille à couteaux fixes.**

lement du broyeur vers l'avant ou vers l'arrière, coulissement vers l'avant, panneau déflecteur à deux positions (sortie libre ou broyage).

Selon les cas, des rotors éparpilleurs de paille à axes verticaux peuvent être montés, afin de répartir la paille hachée et les menues pailles sur toute la largeur de la coupe (Axial-Flow, CASE IH).

Certaines machines peuvent être équipées d'éparpilleurs centrifuges (fig. **74**), qui reprennent les déchets à la sortie des grilles et les épandent de manière homogène sur le sol, afin de répartir la matière organique et de faciliter les opérations ultérieures : déchaumage, labour,...

Dans le cas du maïs-grain, l'opération de broyage peut s'effectuer au moyen de broyeurs placés à l'avant de la moissonneuse-batteuse, sous les becs-cueilleurs (se reporter au chapitre 5).

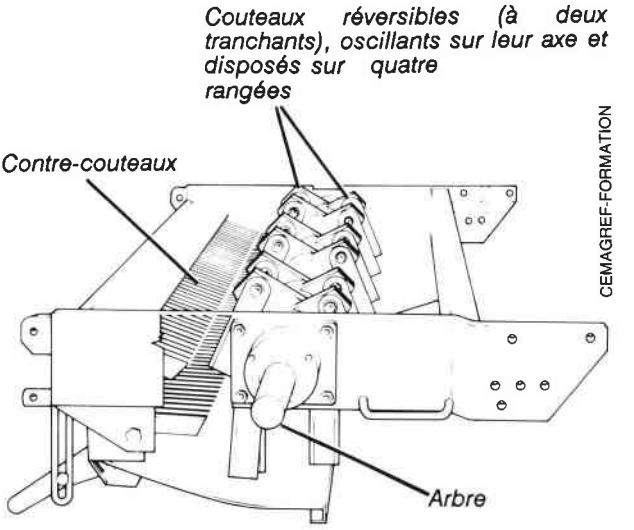


Fig. 73 — **Broyeur à couteaux mobiles.**

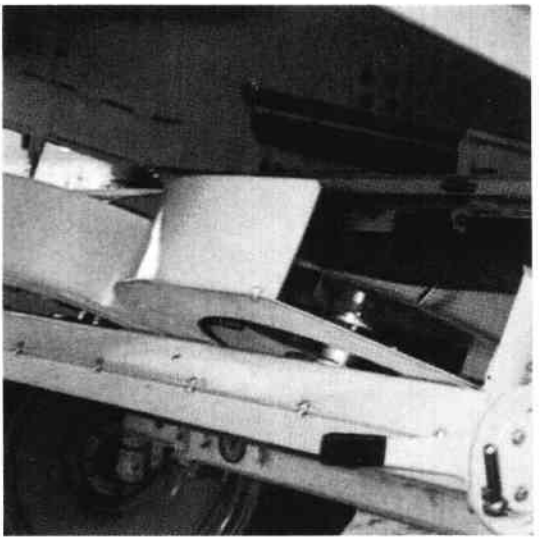
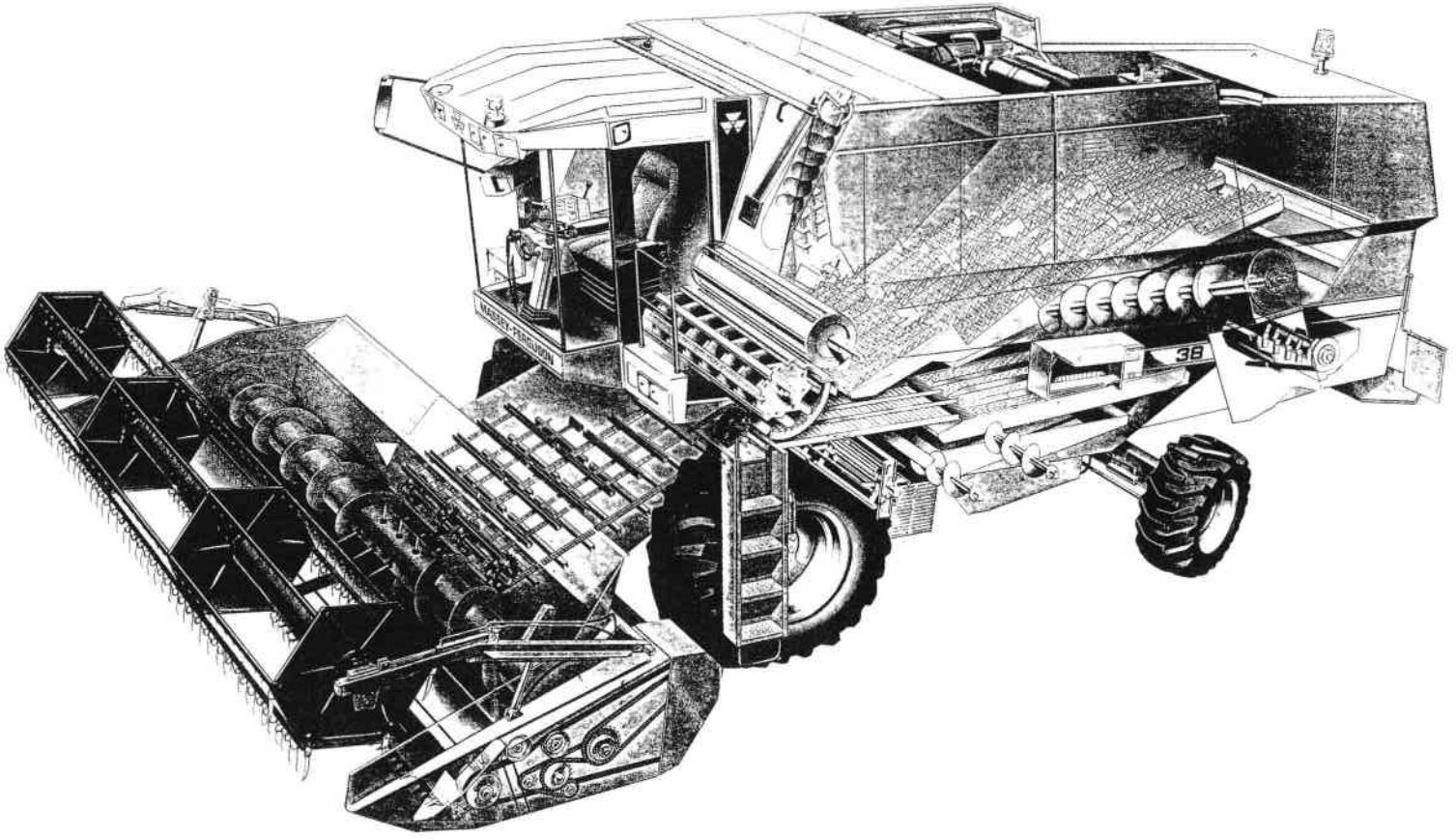
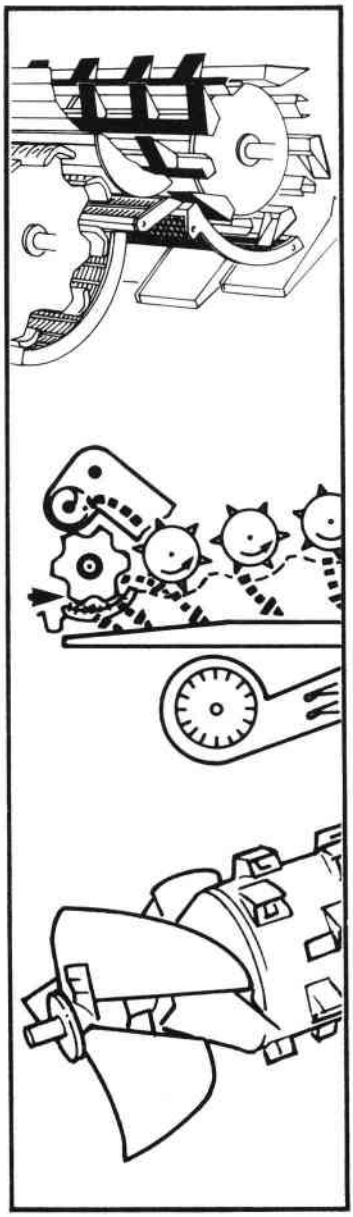


Fig. 74 — **Eparpilleurs centrifuges placés à la sortie du caisson de nettoyage.**

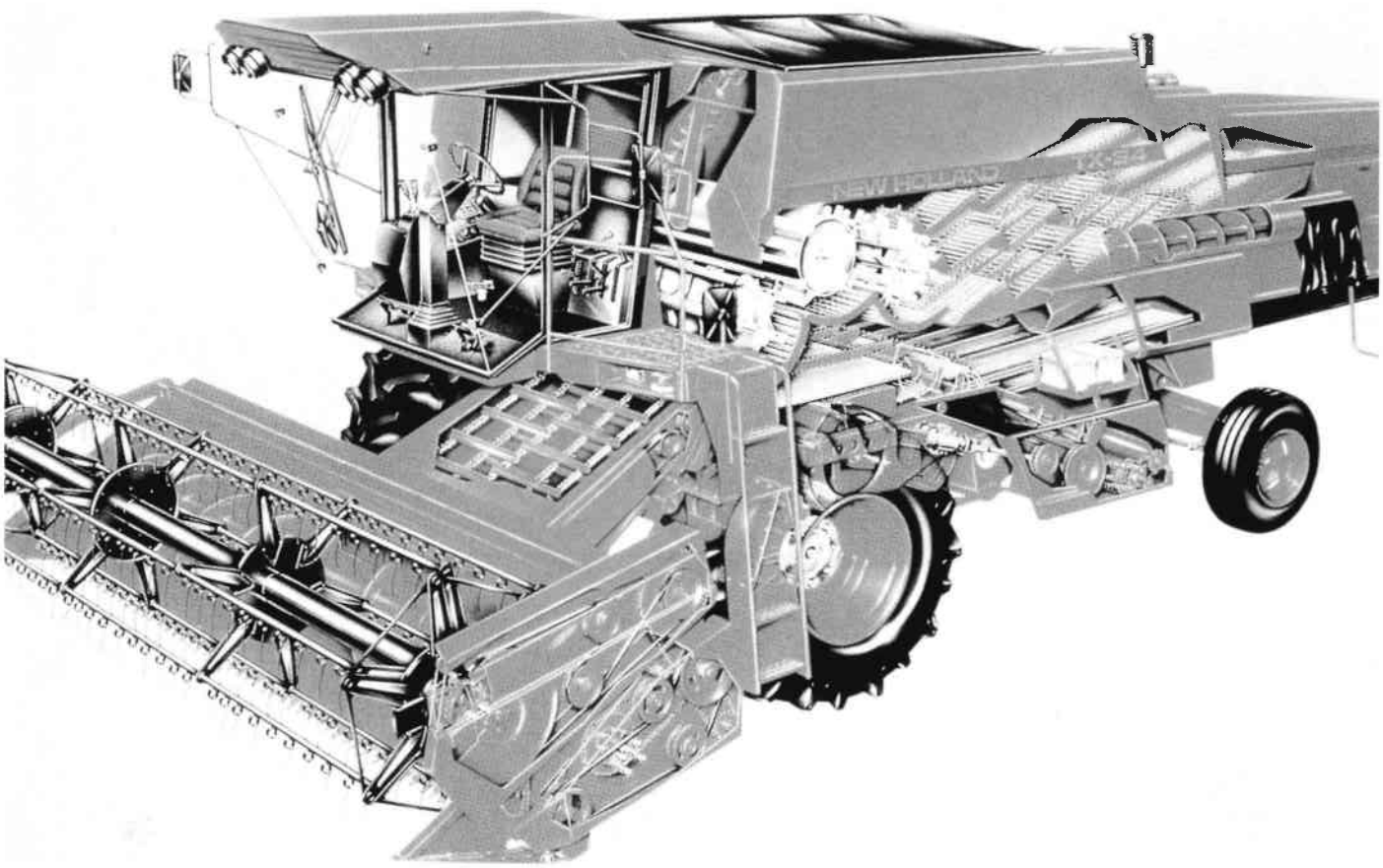


Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Massey-Ferguson "MF38".

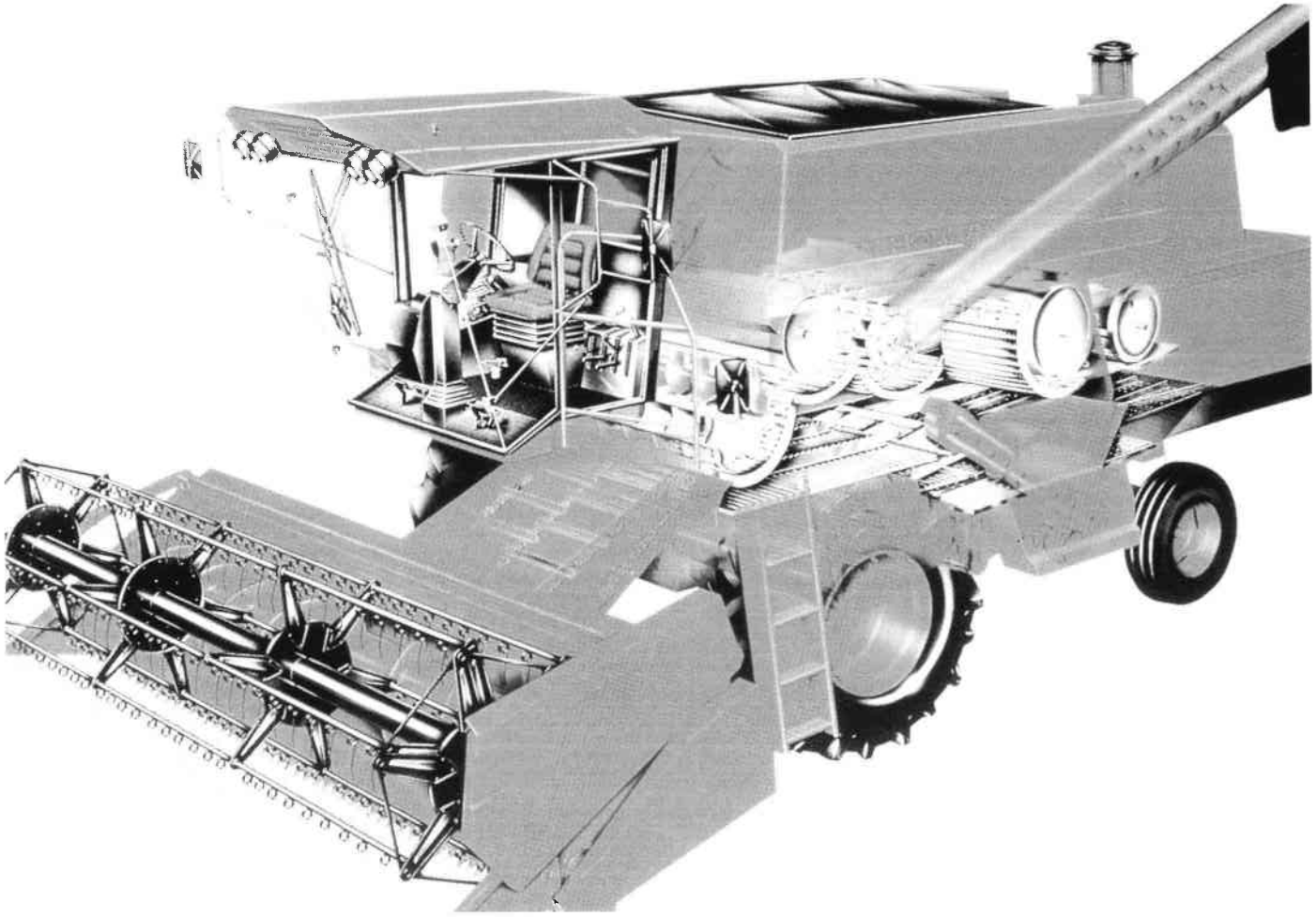
L'ÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE DES SYSTÈMES DE BATTAGE ET DE SÉPARATION 3



- Les limites d'utilisation des secoueurs 85
- Les systèmes à batteur transversal et séparateurs rotatifs 86
- Les moissonneuses-batteuses "axiales" 90
- Le battage et la séparation combinés par rotor transversal 94
- La compensation du dévers et de la pente 98
- La récolte par égrenage sur pied ... 101
- Le système batteur-ventilateur 105
- Les moissonneuses-batteuses tractées 106

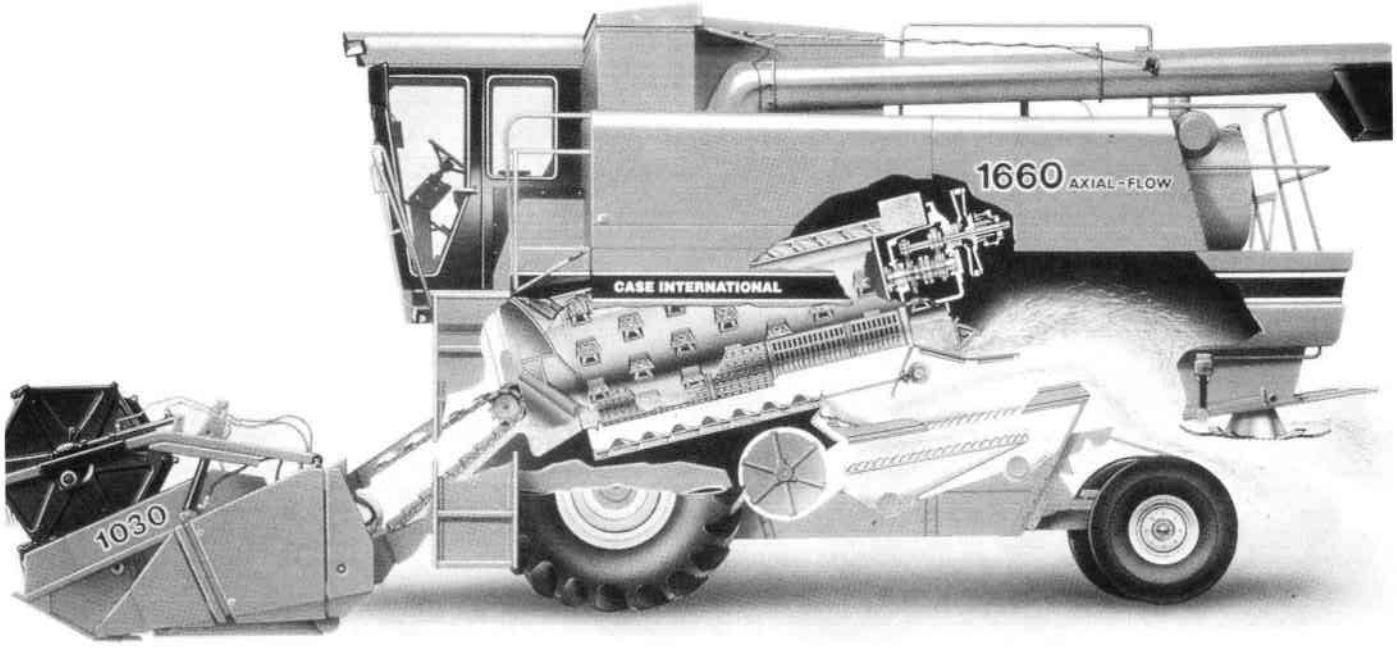


Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Ford New-Holland "TX".

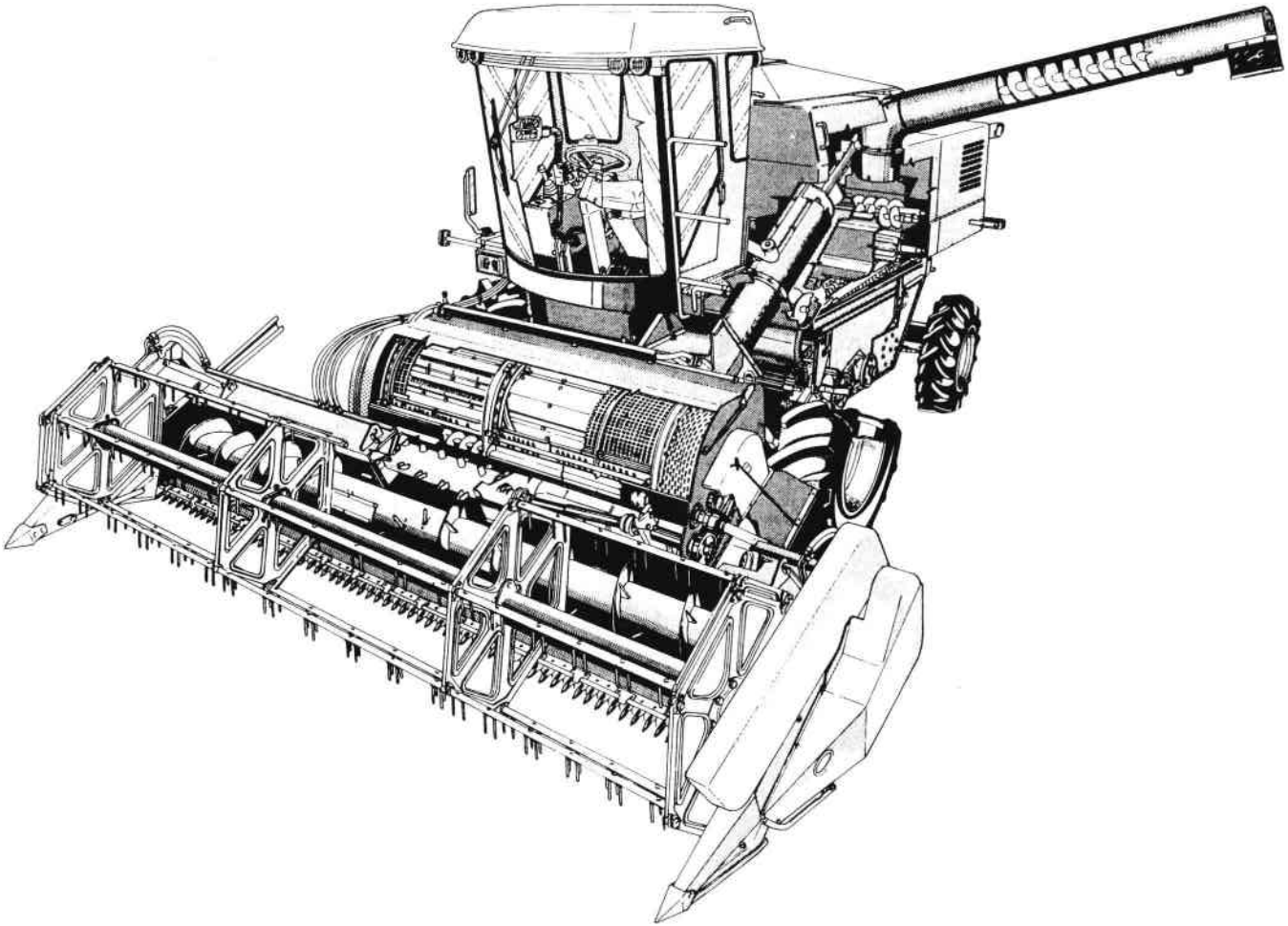


Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse à séparation rotative
Ford New-Holland "Twin-Flow".

Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Claas ''Commandor CS'', à cylindres séparateurs multiples.



Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Case IH "Axial Flow" 1660.



Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Fiatagri "MX".

• LES LIMITES D'UTILISATION DES SECOUEURS :

Quand la récolte passe à travers les organes d'une moissonneuse-batteuse conventionnelle, la séparation entre les grains et la paille s'effectue en deux temps :

- pendant le battage proprement dit, la grande majorité des grains (80 à 95 % d'entre eux) s'écoule à travers le contre-batteur et tombe sur la table de préparation,

- les 5 à 20 % de grains encore mélangés au flux de paille sont traités par secouage et gravité, grâce aux secoueurs, puis soumis finalement à un nettoyage final.

Malgré la tendance à la culture de céréales à paille courte, les rendements élevés qui sont obtenus actuellement avec les céréales entraînent une augmentation du volume de paille à traiter.

La surface de secouage ne pouvant dépasser 8 m² environ (c'est le cas seulement pour quelques très gros matériels), les secoueurs peuvent constituer un goulot d'étranglement, en particulier lorsqu'il s'agit de concevoir des machines de capacité très importante, capables de récolter 200 quintaux à l'heure et même encore plus pour certains matériels très performants.

Par ailleurs, la récolte peut être pratiquée dans des conditions d'humidité qui rendent beaucoup plus difficile l'extraction des grains de l'épi.

Il faut considérer que l'accroissement de la taille des organes de secouage traditionnels n'est plus possible, compte tenu des conséquences que cela entraînerait sur la taille des machines et l'efficacité du nettoyage.

Des systèmes nouveaux, à séparation forcée ou à battage axial, dans lesquels les secoueurs sont supprimés, ont donc été mis au point. Ils permettent d'aboutir à des machines compactes ayant un grand débit. Ces matériels doivent posséder, à la fois une maniabilité satisfaisante, une polyvalence suffisante tout en entraînant de faibles pertes en grain.

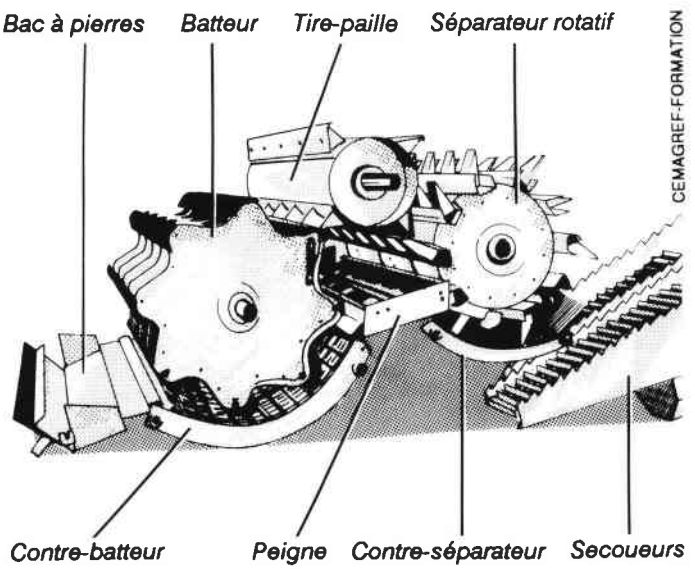


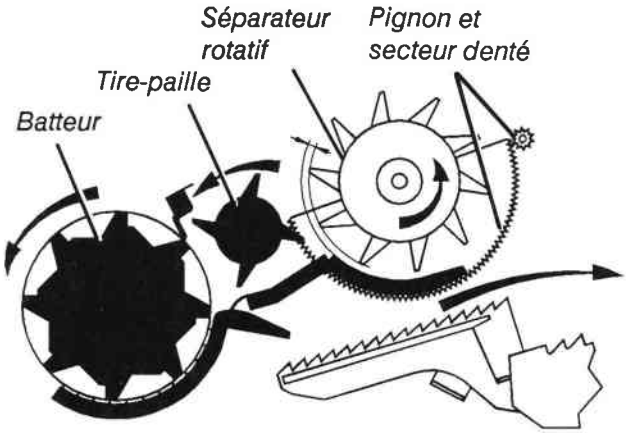
Fig. 75 — **Vue d'un ensemble : batteur, tire-paille et séparateur rotatif.**

Il convient cependant de préciser que la séparation forcée conduit à une désintégration de la paille qui peut nuire à sa valorisation pour l'alimentation ou le paillage des animaux (difficulté de reprise au pressage et à la tenue des balles).

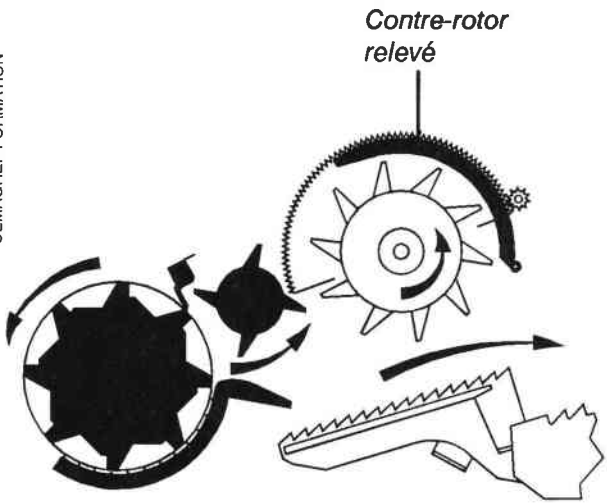
• LES SYSTÈMES A BATTEUR TRANSVERSAL ET SÉPARATEURS ROTATIFS :

. Les séparateurs rotatifs (fig. **75**) :

Leur rôle est de prolonger la durée du battage avant que la paille soit reprise par les secoueurs. Situés juste après le tire-paille, ils comportent un **tambour horizontal** à battes armées de dents et un **contre-séparateur** à grille. Il s'agit en fait d'un deuxième dispositif de battage, les dimensions de l'ensemble étant d'ailleurs voisines de celles du batteur et du contre-batteur. La vitesse de rotation du séparateur est de l'ordre de 400 tr/min pour le maïs-grain et de 750 tr/min pour les autres céréales. Certains constructeurs proposent des séparateurs rotatifs escamotables. Sur les machines Deutz-Fahr par exemple, le rotor peut être escamoté vers la partie supérieure de la machine, tandis que Fiatagri a mis au point un séparateur rotatif (Multi Crop) conçu de manière à pouvoir escamoter le contre-séparateur (fig. **76**). Selon les cas, il est possible d'utiliser le système soit en séparateur (contre-séparateur en position basse), soit en aérateur (contre-séparateur en position haute).



Séparateur rotatif en action



CEMAGREF-FORMATION

Séparateur rotatif inactif

Fig. 76 — **Séparateur rotatif et contre rotor escamotable : système Multi-crop de Fiatagri.**

. Le système Twin Flow Rotor de Ford New-Holland (fig. **77**, **78** et **79**) :

Les moissonneuses-batteuses Ford New-Holland TF, dans leurs différentes versions, ont été lancées dans le courant de l'année 1983.

Le batteur reste identique au modèle standard et le contre- batteur l'entoure sur plus de 100° d'arc.

Le tire-paille, plus largement dimensionné est suivi d'un séparateur rotatif (fig. **77**).

A ces trois éléments, succède une partie nouvelle, un rotor transversal de grandes dimensions qui remplace les secoueurs alternatifs traditionnels (fig. **78**).

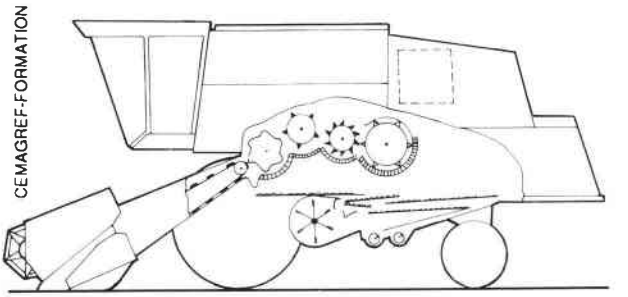


Fig. 77 — **Vue simplifiée d'une moissonneuse-batteuse Ford New-Holland "Twin-Flow".**

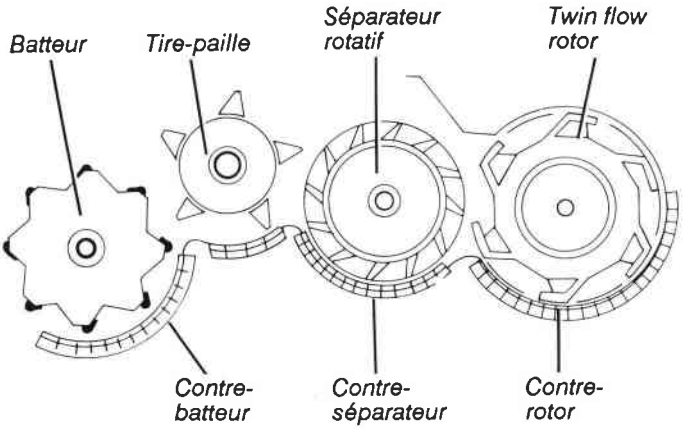
Ce rotor étant plus large que le batteur, le tire-paille et le séparateur rotatif, son intégration dans le système implique de prolonger vers l'avant la table de nettoyage.

A la sortie du batteur, la récolte est successivement entraînée par le tire-paille, le séparateur rotatif puis le rotor "Twin-Flow".

A l'entrée du rotor "Twin-Flow" (fig. **79**), la récolte est divisée en deux flux distincts grâce à douze barres de séparation placées longitudinalement sur le rotor (l'existence de ces deux flux est à l'origine du terme "Twin-Flow", soit "double flux"). Ces douze barres de séparation sont réparties pour moitié dans la partie gauche et la partie droite du rotor. Elles se rejoignent deux par deux au centre du rotor, de manière à constituer des hélices symétriques convergentes.

Le rotor T.F. est entouré d'une enveloppe appelée contre-rotor. Ce dernier est en trois parties, avec une ouverture centrale à l'avant et deux autres ouvertures vers l'arrière, au niveau des extrémités latérales. La disposition respective des barres du rotor et du contre-rotor, conduit la paille à adopter une trajectoire hélicoïdale. Elle effectue de chaque côté une trajectoire, en spirale, entre le rotor et le contre-rotor, avant de ressortir au bout du rotor, par les deux ouvertures latérales ménagées à l'arrière du contre-rotor. Plus récemment, le constructeur a complété le système T.F. de deux petits tire-paille rotatifs placés sur un même arbre, à la sortie des ouvertures latérales du contre-rotor.

L'évolution essentielle dans ce système Twin-Flow est le remplacement d'un mouvement alternatif (secoueur) par un mouvement rotatif. Il en résulte qu'au niveau du batteur traditionnel et du rotor T.F.



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 78 — **Principe des organes de battage et de séparation Ford New-Holland "Twin-Flow" .**

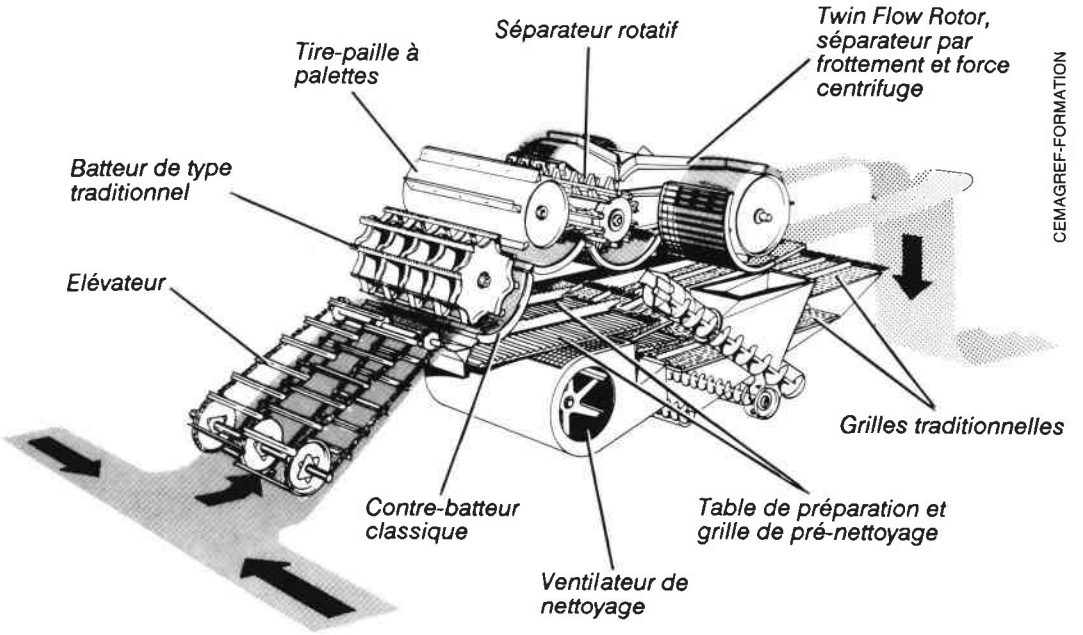


Fig. 79 — **Circuit suivi par la récolte avec un séparateur rotatif "Twin-Flow".**

(qui remplace les secoueurs), 90 % du grain se trouve séparé de la paille par l'effet de frottements successifs et différentiels, mais également sous l'action de la force centrifuge qui exerce son effet à trois différents niveaux : batteur, séparateur et rotor "Twin-Flow".

L'action conjuguée de ces frottements et de la force centrifuge permet de réduire la surface de séparation, de supprimer les secoueurs encombrants, tout en accroissant la capacité de séparation, la vitesse de passage de la récolte et donc le débit de la machine.

Deux vitesses sont possibles, ainsi que deux écartements entre rotor et contre-rotor (céréales ou maïs).

Précisons que ce type de séparation autorise, au niveau des organes de battage, une vitesse de rotation modérée, avec comme conséquence, une moindre casse des grains.

La séparation forcée présente l'avantage d'être peu sensible aux effets de la pente et du devers du terrain ; en revanche, en cas de récolte humide, des bourrages sérieux peuvent être à craindre.

. Le système à rouleaux séparateurs multiples Claas (fig. **80**) :

Depuis 1982, la firme Claas propose en haut de gamme des moissonneuses-batteuses équipées d'une série de huit cylindres transversaux qui, après le batteur, constituent un système de séparation forcée.

L'action de séparation des cylindres est obtenue par des palettes, dont le rôle est d'achever le battage.

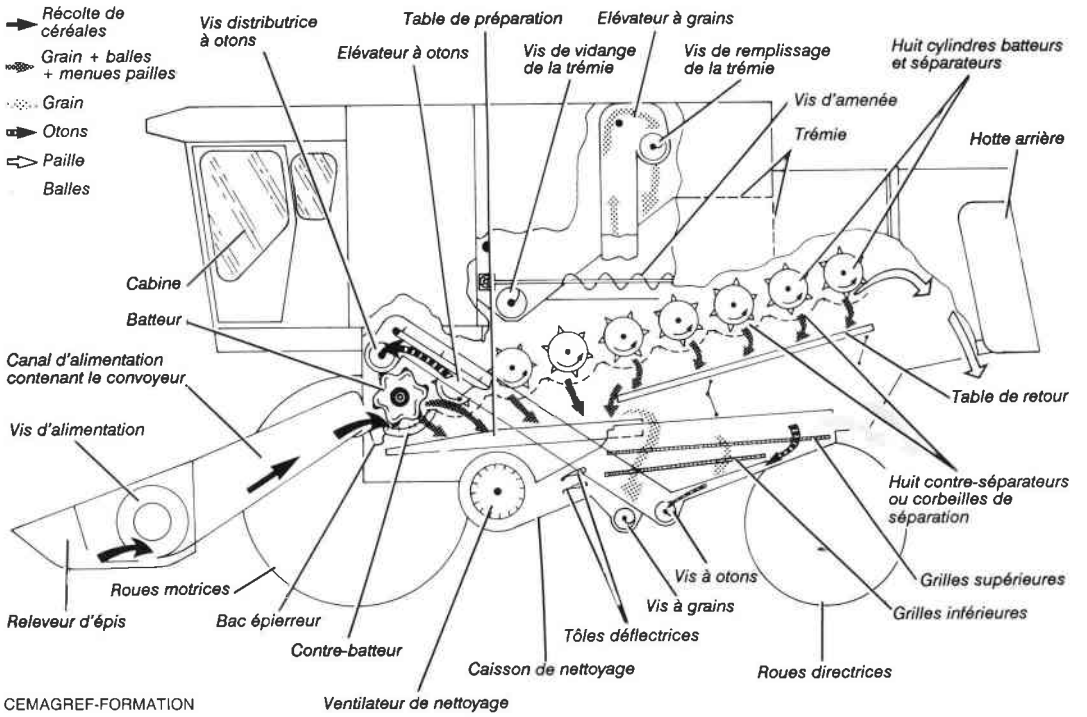


Fig. 80 — **Moissonneuse-batteuse Claas CS à cylindres séparateurs multiples.**

Les huit cylindres-séparateurs tournent au même régime, mais celui-ci peut être modifié, afin d'adapter exactement le travail à la nature de la récolte. On dispose, à cet effet, de quatre vitesses possibles (400 à 800 tr/min).

L'entraînement des huit cylindres se fait par courroies, de manière synchrone.

A ces huit cylindres-séparateurs (fig. **80**) sont opposées huit grilles concaves en tôle perforée qui constituent les éléments contre-séparateurs. Ces grilles ou corbeilles de séparation portent des réglettes de frottement. Elles sont renforcées et rendues rigides, sur leur bord, par des barres qui peuvent être réunies entre elles. Ces barres sont elles-mêmes supportées par des rails d'appui placés sur toute la longueur occupée par les huit grilles et peuvent glisser par leur extrémité sur ces rails. De ce fait, les corbeilles de séparation sont facilement amovibles, en vue d'un nettoyage ou d'un échange, pour passer d'une récolte à une autre.

Précisons également que le support des corbeilles de séparation est monté sur parallélogramme, ce qui permet de régler simultanément et en continu l'écartement avec l'ensemble des cylindres de séparation. A la sortie du batteur, le premier cylindre agit comme un tire-paille qui démêle la récolte et la réparti sur toute la largeur. De ce fait, la récolte s'écoule en nappe régulière entre les sept autres cylindres-séparateurs et les corbeilles de séparation correspondantes.

La séparation forcée au travers des huit séparateurs rotatifs se traduit par un processus analogue à celui de plusieurs batteurs en série. Pour certaines graines, ceci conduit à adop-

ter un réglage moins agressif du batteur principal et donc de réduire les risques de casse de grain.

Il faut observer par ailleurs que les variations dans l'aplomb de la machine, lorsque celle-ci est en pente ou en devers, ont peu d'effet sur le rendement de l'opération de séparation.

Au total, ces deux types de séparation forcée présentent les avantages suivants :

- augmentation de la surface de séparation et meilleure utilisation de cette surface,

- battage et séparation moins agressifs, le taux de casse est limité,

- à niveau de pertes équivalent, la comparaison entre un matériel à séparation forcée et un matériel classique conduit à observer, dans une récolte de blé, un accroissement du rendement de la machine (débit horaire).

Les moissonneuses-batteuses équipées d'un dispositif de séparation forcée sont bien adaptées à la récolte du maïs. Elles donnent également de bonnes performances pour la récolte des céréales à paille, cependant leur fonctionnement conduit à une désintégration de la paille qui peut nuire à sa valorisation pour l'alimentation et le paillage des animaux.

• LES MOISSONNEUSES-BATTEUSES "AXIALES" :

Elles comprennent un équipement de coupe identique aux moissonneuses-batteuses traditionnelles.

La récolte est amenée par un convoyeur à l'extrémité d'un rotor, en suivant un déplacement axial par rapport à son axe et en décrivant un mouvement sensiblement hélicoïdal. Le rotor permet de combiner le battage et la séparation de la récolte.

La notion de battage axial est relative au chemin suivi par la récolte dans le batteur, lequel peut être disposé soit dans l'axe longitudinal de la machine, soit transversalement par rapport à l'avancement.

Cette technique a été développée tout d'abord sur les corn-shellers, puis sur les moissonneuses-batteuses polyvalentes par White (USA-Canada), New-Holland et Case IH, dont l'application appelée "Axial Flow" est décrite ci-après.

. Le système "Axial-Flow" de Case IH (fig. 81 et 82) :

Le rotor, unique et longitudinal, est légèrement incliné, de façon à remonter en direction de l'arrière (fig. **81**). Cette

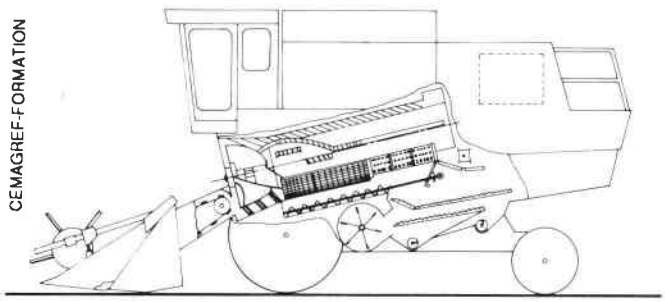


Fig. 81 — **Vue simplifiée d'une moissonneuse-batteuse Case IH "Axial-Flow".**

CEMAGREF-FORMATION

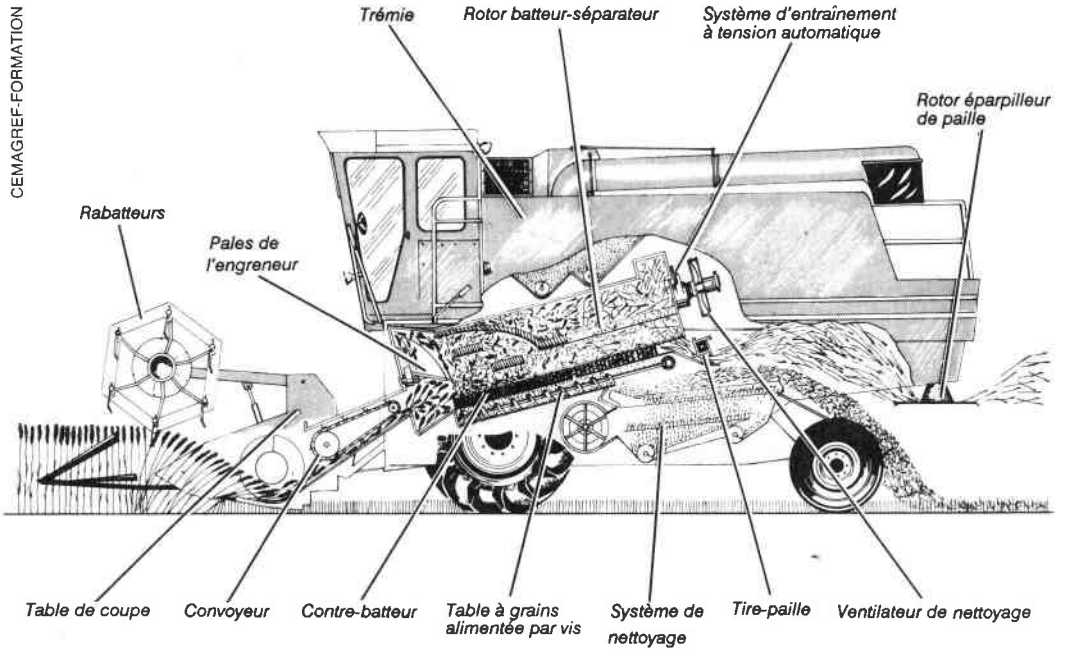


Fig. 82 — **Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Case IH "Axial-Flow".**

inclinaison a pour but de faciliter l'admission et la progression de la récolte, qui avance d'une manière régulière et parcourt toutes les zones du rotor, jusqu'à son extrémité. Cette inclinaison permet également à l'engreneur d'avoir une meilleure prise sur la récolte ; le convoyeur-élévateur étant placé en position plus basse.

L'ensemble de ces caractéristiques permet de remodeler le profil avant de la moissonneuse-batteuse (fig. **82**), ce qui donne une meilleure visibilité depuis le poste de conduite sur la table de coupe et améliore l'accessibilité, par le dessous de la cabine, notamment de l'avant du rotor. Ainsi, le contrôle ou le remplacement d'organes mobiles importants est beaucoup plus aisé.

L'élément principal est donc le rotor ou batteur axial, long d'environ 3 m (fig. **83**), entouré d'un cylindre ou cage du rotor (fig. **84**), muni d'aubes qui facilitent l'acheminement de la récolte vers l'arrière. Ces aubes sont réglables grâce à des lumières, afin de ralentir ou d'accélérer le déplacement de la récolte autour du rotor.

Le battage et la séparation s'opèrent dans un mouvement hélicoïdal de la récolte entre le rotor et la cage. L'action du rotor peut être divisée en trois phases correspondant aux parties avant, centrale et arrière :

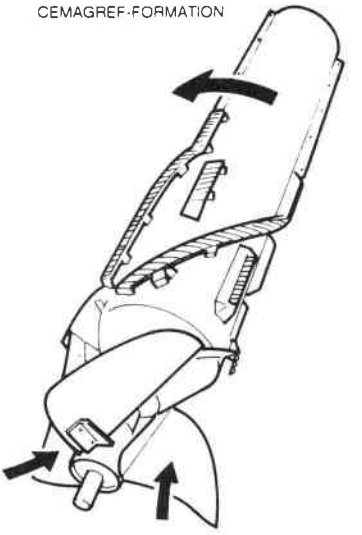


Fig. 83 — **Rotor "Axial Flow", Case IH (première génération).**

- **la partie avant** : l'extrémité avant du rotor fait fonction d'engreneur grâce à trois volets engreneurs en hélice. Ce sont des pales qui entraînent la récolte dans l'espace compris entre le rotor et le contre-batteur, tout en provoquant un courant d'air.

Ce courant d'air provoque l'aspiration d'une quantité importante de poussières. Il contribue à la séparation des grains et à leur nettoyage final.

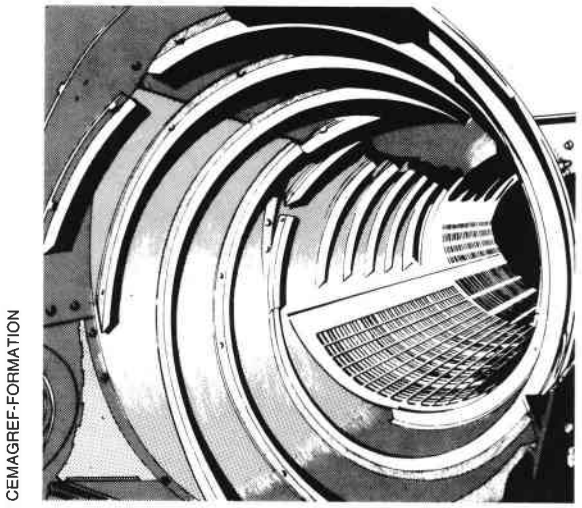


Fig. 84 — **Enveloppe ou cage de rotor "Axial Flow", Case IH.**

- **la partie centrale** : cette partie du rotor réalise le battage proprement dit grâce à trois longues battes striées, disposées à 120° entre elles et profilées en hélice. Elles constituent les éléments batteurs principaux, associés à six petites battes, striées également et placées sur la périphérie du rotor. L'intérieur de la cage du rotor est pourvu de cornières ou contre-battes, dont le profil est également hélicoïdal.

Ainsi, le mouvement du rotor et de ses battes à l'intérieur de la cage oblige la récolte à se déplacer en spirale et, après un certain nombre de révolutions, à parvenir au niveau de la table de nettoyage.

La séparation est en fait obtenue par l'action conjuguée de la force centrifuge, du frottement entre rotor et cage.

- **la partie arrière** : le rotor est équipé de cornières rectilignes, parallèles à son axe, dont le rôle est d'accompagner et de canaliser la récolte vers les organes de nettoyage. Ces cornières striées, comme les battes du batteur, permettent une dernière séparation du grain avant l'évacuation de la paille.

Le temps de passage de la paille dans une machine axiale de ce type est de 4 à 5 secondes au lieu de 10 à 12 secondes dans une moissonneuse-batteuse classique.

Un second modèle de rotor mieux adapté à la paille humide est proposé par Case IH (fig. **85**) ; il est essentiellement constitué de petites battes rectilignes placées en hélice autour de toute la partie cylindrique du rotor.

En ce qui concerne le nettoyage, plusieurs vis sans fin parallèles (de trois à cinq selon les modèles de machines) font progresser la récolte jusqu'aux grilles de nettoyage (fig. **82**). Un tel système présente l'avantage de fonctionner de manière satisfaisante, jusque dans des pentes de 20 %.

Le rotor ayant un volume plus réduit que celui des secoueurs, on dispose ainsi de place pour l'agencement et la disposition des autres organes :

- **moteur** situé vers l'arrière de la machine, plus accessible pour l'entretien et moins bruyant pour le conducteur, puisque plus éloigné du poste de conduite,

- **trémie de capacité accrue** (jusqu'à 20 %) et autonomie de la machine plus grande.

La présence d'organes rotatifs a par ailleurs pour conséquence une augmentation notable de la vitesse de passage de la récolte. La vitesse de travail d'une machine à flux axial est donc plus rapide.

La consommation d'énergie des machines à flux axial peut être toutefois supérieure à celle des machines conventionnelles. Cependant, dans le maïs, le débit horaire est nettement supérieur à celui des machines conventionnelles, pour atteindre pratiquement celui d'un corn-sheller !

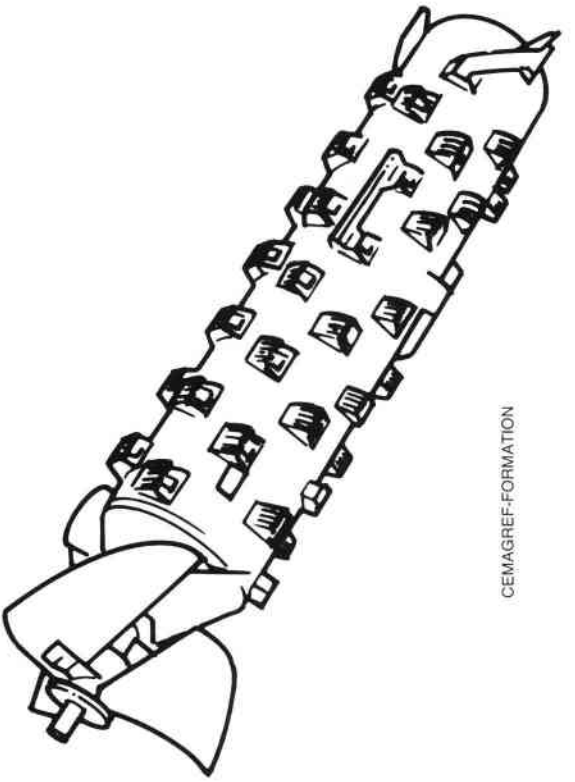


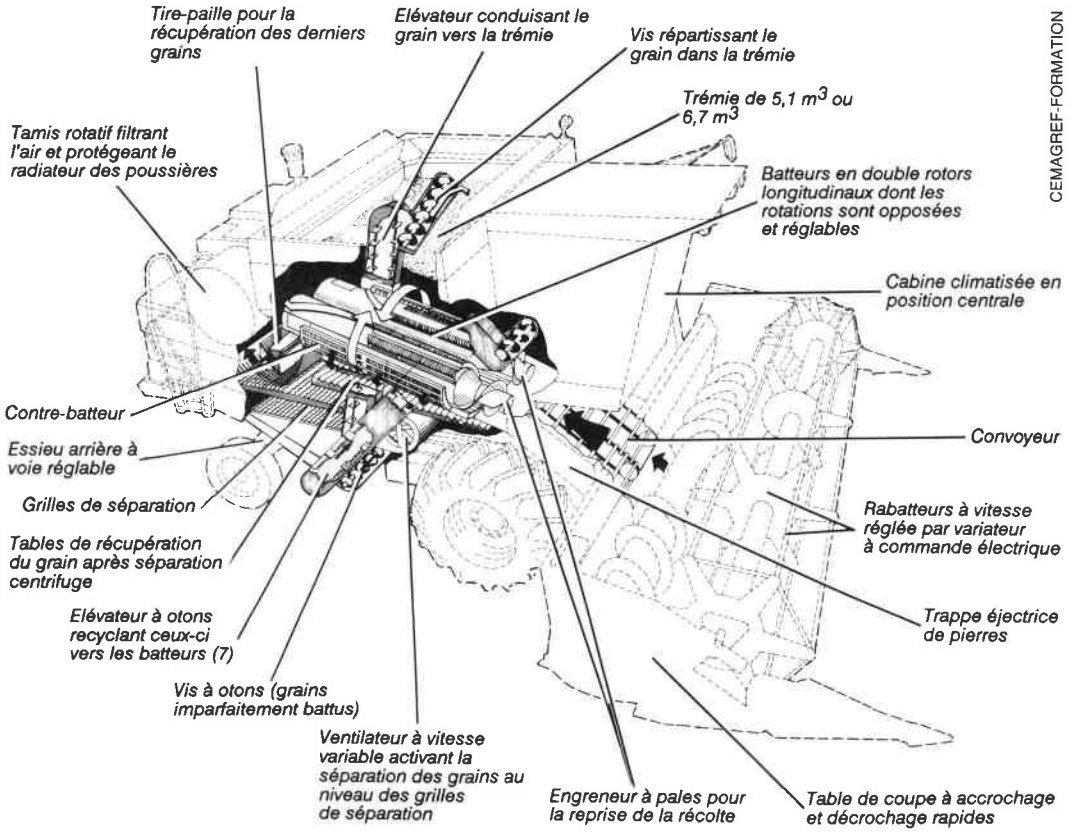
Fig. 85 — **Rotor "Axial FLow", Case IH (seconde génération).**

Notons que la firme Américaine Allis-Chalmers a conçu des moissonneuses-batteuses (Gleaner N6 par exemple) basées sur un concept comparable, proche du système Fiatagri MX décrit plus loin ; le système de battage étant placé transversalement dans la partie supérieure de la machine.

La Société **New-Holland** a présenté en France en 1978, une moissonneuse-batteuse à **deux rotors axiaux jumelés** (Twin-Rotor). Les rotors tournent en sens opposé vers l'intérieur, à des vitesses comprises entre 650 et 1.500 tr/min (fig. **86**).

La mise au point de cette machine a été réalisée aux Etats-Unis pour le maïs et des céréales à paille courte, récoltés secs. Son développement en France est limité aux régions méridionales, en raison de son comportement médiocre dans les récoltes à paille humide.

Parmi les autres machines à battage axial, signalons les moissonneuses-batteuses White, Massey-Ferguson "Rotary" (1988) et Wester Combine présentée en France en 1992. Le système de battage axial est placé horizontalement et il comprend un rotor de grandes dimensions (diamètre 70 à 80 cm - longueur : 3,58 m à 4,17 m) entraîné par une transmission hydrostatique (de 0 à 920 tr/min).



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 86 — **Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Ford New-Holland "Twin-Rotor".**

• LE BATTAGE ET LA SÉPARATION COMBINÉS PAR ROTOR TRANSVERSAL :

Ce dispositif est essentiellement exploité par FIATAGRI sur les machines appelées MX (fig. **87** et **88**).

Ces machines disposent d'un rotor, unique et transversal, qui joue le rôle de batteur et de séparateur. Il est placé entre la barre de coupe et l'unité motrice, et son axe est parallèle à celui de la vis d'alimentation.

L'avantage principal de cette disposition est d'offrir une structure modulaire. L'ensemble est, en effet, réparti en cinq groupes fonctionnels distincts :

- la table de coupe,
- l'ensemble batteur et séparateur rotatif,
- le dispositif de nettoyage,
- la trémie,
- l'unité motrice.

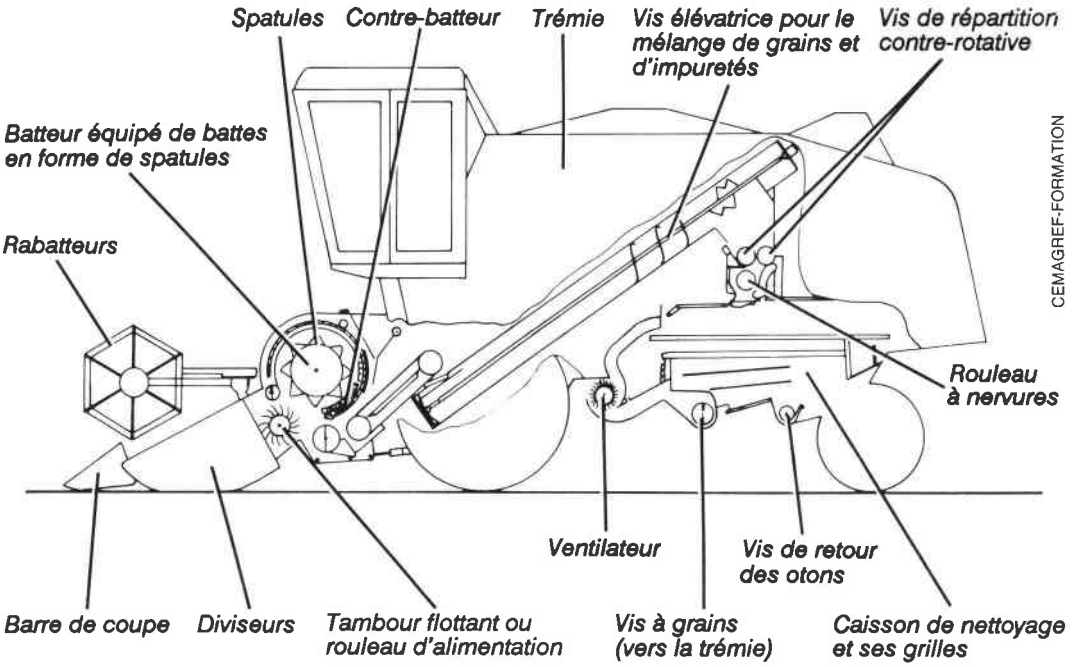


Fig. 87 — **Vue simplifiée d'une moissonneuse-batteuse Fiatagri "MX".**

Ainsi, l'engrènement à l'entrée du rotor est facilité, le circuit de la paille sensiblement réduit, la répartition des masses mieux équilibrée et l'espace réservé à la trémie plus important.

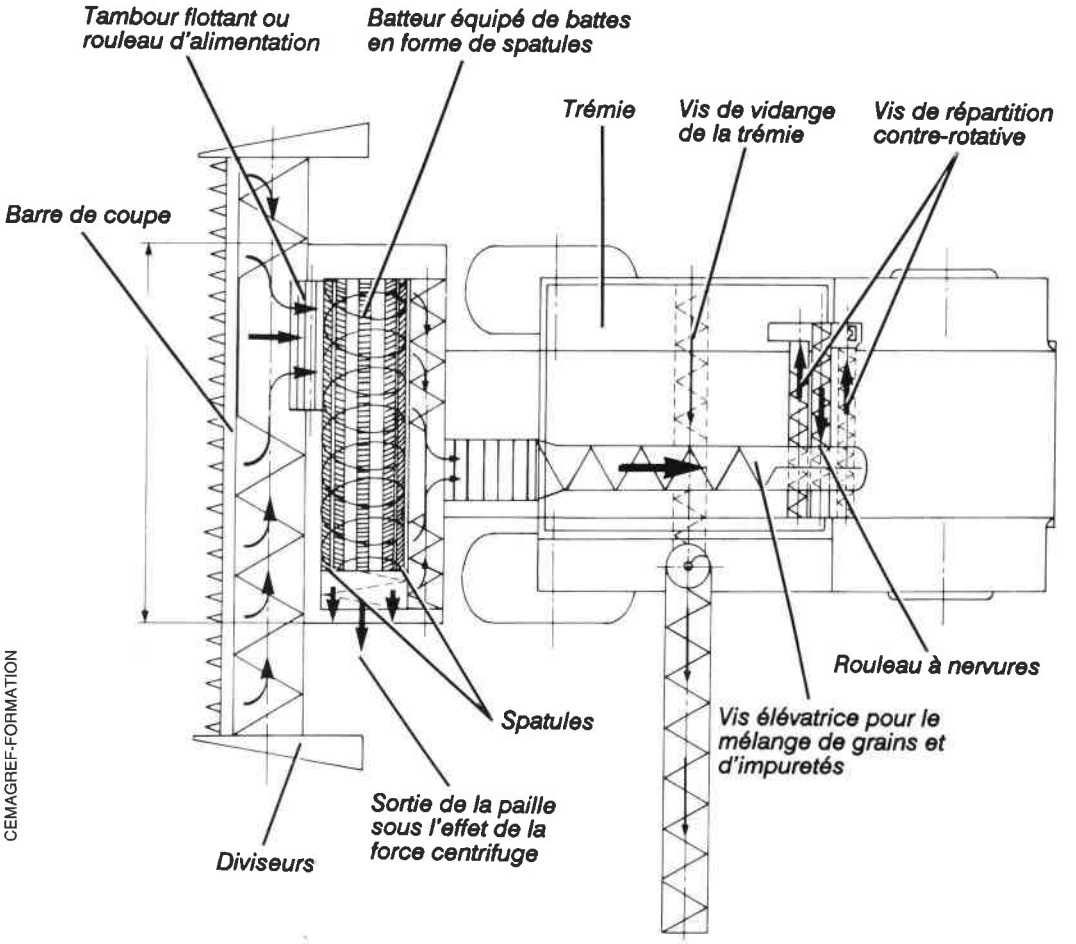
Un **tambour flottant** ou **rouleau d'alimentation** assure l'arrivée de la récolte tangentiellement au rotor de façon continue et régulière, afin de limiter les bourrages. Rouleau d'alimentation et rotor étant commandés simultanément, la vitesse d'alimentation est toujours proportionnelle à celle du rotor.

Le battage et la séparation s'opèrent ainsi (fig. **89**) :

La récolte progresse entre la partie batteur du rotor et le contre-batteur. Par l'effet de la force centrifuge et par l'action des contre-battes, la majeure partie du grain va se trouver séparée de la paille, puis ce qui reste de la récolte continue son déplacement dans la zone du rotor où s'opère la séparation.

Dans cette zone de séparation, des spatules vont séparer le grain qui reste de la paille et, finalement, cette nappe de paille, qui a conservé son mouvement spiralé, va sortir par l'extrémité gauche du rotor transversal. Elle est reprise par une vis et retombe au niveau de la roue motrice avant gauche de la machine de récolte.

Le rotor est conçu de manière à éviter l'emploi d'équipements spéciaux lorsqu'il s'agit de passer d'une espèce ou d'une variété récoltée à une autre. Toutefois, pour la récolte du riz, des battes spéciales sont prévues, ainsi qu'un contre-batteur "spécial riz".



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 88 — **Circuit suivi par la récolte dans une moissonneuse-batteuse Fiatagri "MX".**

L'entraînement du batteur est assuré par une transmission hydrostatique et le régime de rotation réglable entre 0 et 1.200 tr/min.

Un dispositif de contrôle automatique du régime de rotation du batteur-séparateur permet de maintenir constant un régime préétabli. En cas de surcharge, il entraîne une diminution automatique de la vitesse d'avancement de la machine.

Une fois la séparation effectuée, le grain est conduit vers le dispositif de nettoyage par un système de vis et un élévateur à palettes.

. Le système de nettoyage "MX" (fig. **90**) :

Il présente quatre niveaux :

- la réception et la répartition : le produit est réparti uniformément au moyen de deux vis égalisatrices transversales tournant dans des sens opposés l'une par rapport à l'autre. Ces

CEMAGREF-FORMATION

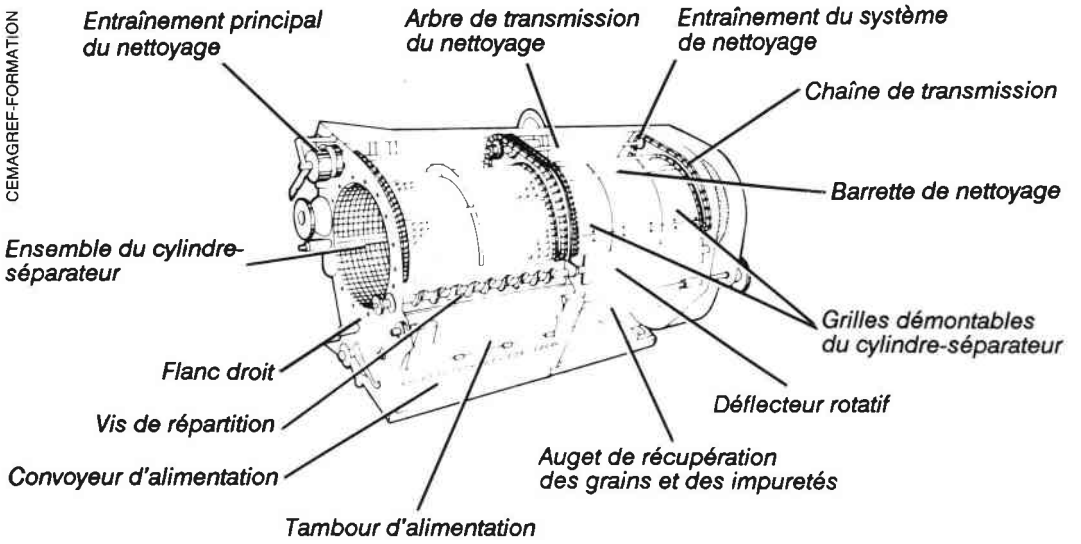
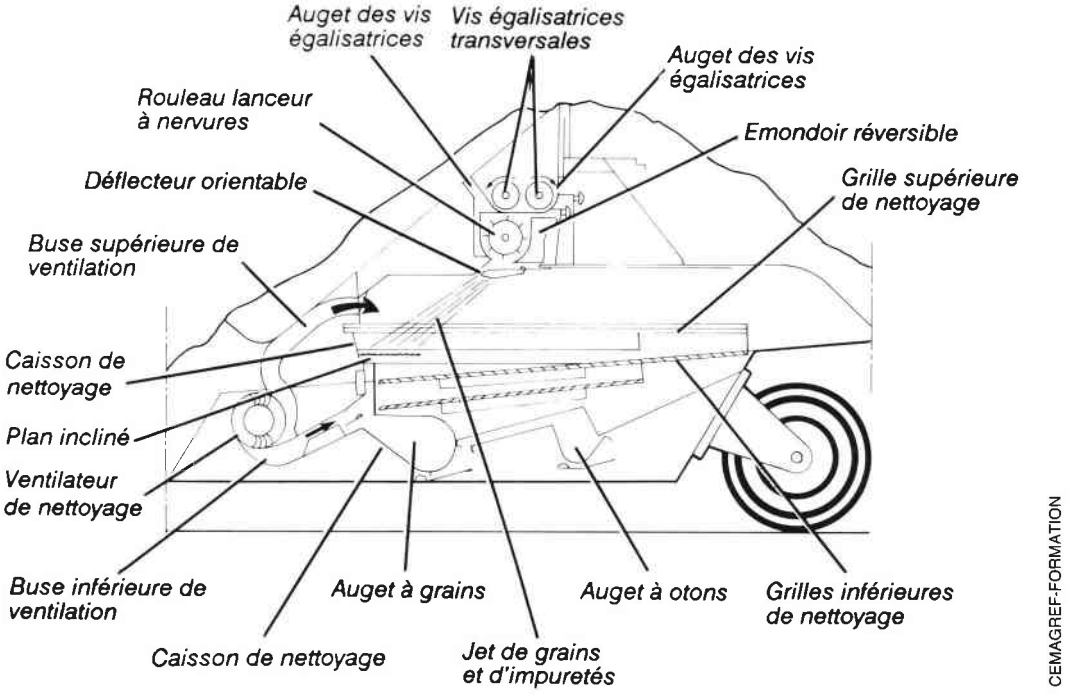


Fig. 89 — **Cylindre-séparateur Fiatagri "MX".**



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 90 — **Principe du dispositif de nettoyage d'une moissonneuse-batteuse Fiatagri "MX".**

vis, appelées "contre-rotatives", sont disposées sur toute la longueur d'un rouleau-lanceur, lequel tourne très vite (jusqu'à 8 m/s en vitesse périphérique). Ceci permet à la récolte d'être projetée de manière énergique vers la table de réception du caisson de nettoyage.

- la ventilation : le rouleau-lanceur projette le grain vers la table de réception, en coupant le flux d'air du ventilateur à contre courant. Cette disposition permet d'accroître la différence de vitesse relative entre le grain et le courant d'air. Ce système augmente l'efficacité du nettoyage et une meilleure répartition du grain sur les grilles, car celles-ci sont moins chargées.

Enfin, ce système de nettoyage mécanique et pneumatique présente l'avantage d'être moins sensible à l'effet de la pente du terrain et donc à l'inclinaison que pourrait prendre le caisson.

- la correction de dévers (fig. **90**) : entre le rouleau-lanceur et les grilles de nettoyage, deux groupes de déflecteurs indépendants s'orientent automatiquement, en fonction du dévers, grâce à une commande pendulaire. L'orientation automatique des déflecteurs permet de corriger la trajectoire des grains vers les grilles en fonction du dévers.

- le circuit à otons : les otons sont convoyés, au moyen d'un élévateur vers un batteur centrifuge à otons qui dirige à nouveau le produit séparé au dessus des vis égalisatrices, afin de le remettre dans le circuit de nettoyage.

En raison de l'architecture de cette moissonneuse-batteuse, la trémie à grains peut atteindre une capacité de 8 à 10 m³. Le moteur est logé vers l'extrémité arrière de la machine, ce qui, compte tenu de la position de la trémie, permet l'équilibre de l'ensemble au travail.

• LA COMPENSATION DU DÉVERS ET DE LA PENTE :

L'efficacité des systèmes de nettoyage d'une moissonneuse-batteuse est liée à l'utilisation optimale de la surface des grilles et à la bonne répartition du flux d'air de nettoyage. Plus simplement, il convient que la quantité de grain en cours de nettoyage tapisse toute la surface des grilles en une couche mince, laissant passer le courant d'air d'expulsion des débris.

Afin de maintenir la qualité du nettoyage et le débit des machines lors des récoltes en dévers ou en pente, les constructeurs proposent des dispositifs de rattrapage de niveau.

Parmi les différents systèmes proposés, citons **la compensation dynamique Claas 3D, le caisson pivotant New-Holland, le système à grilles inclinables et les machines à correction intégrale de pente**.

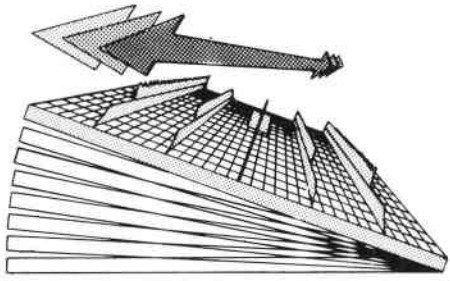


Fig. 91 — **Principe d'action du système de correction de dévers, Claas "3D".**

. La compensation dynamique Claas 3D (fig. **91** et **92**) :

Il s'agit d'un système de compensation qui agit uniquement sur la grille supérieure de nettoyage. Sur terrain plat, la grille est simplement

animée d'un mouvement alternatif longitudinal, tandis qu'en dévers elle est en plus soumise à des oscillations latérales à contre pente (fig. **91**). Ces oscillations obligent le grain à s'étaler sur toute la surface de la grille, malgré son inclinaison transversale. L'amplitude et la direction des oscillations sont réglées en fonction du dévers (jusqu'à 20 % environ), grâce à une articulation triangulée, commandée par un vérin hydraulique et une commande pendulaire automatique (fig. **92**).

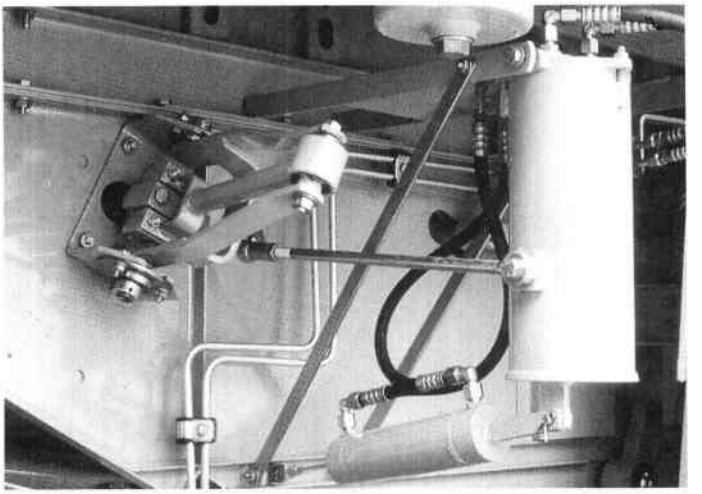


Fig. 92 — **Vue du système de commande de correction de dévers Claas "3D"** *(photo Claas)*.

. Le caisson pivotant New-Holland (fig. **93** et **94**) :

L'ensemble du caisson de nettoyage (table de préparation, grilles et ventilateur) constitue un ensemble pouvant pivoter autour d'un axe longitudinal lors des récoltes en dévers (jusqu'à 17 %) (fig. **93**). Le caisson est supporté à l'avant par un pivot et à l'arrière par un chemin de galets-guides (fig. **94**). L'inclinaison du caisson est assurée automatiquement par un vérin électrique commandé par un circuit électronique à capteur de niveau (se reporter au chapitre 7, les automatismes et les systèmes d'aide à la conduite).

. Les systèmes à grilles inclinables :

Il s'agit de systèmes de mise à niveau automatique constitués de grilles en plusieurs éléments pouvant être positionnées en gradins. Le système "HC" de Deutz-Fahr, (décrit au cha-

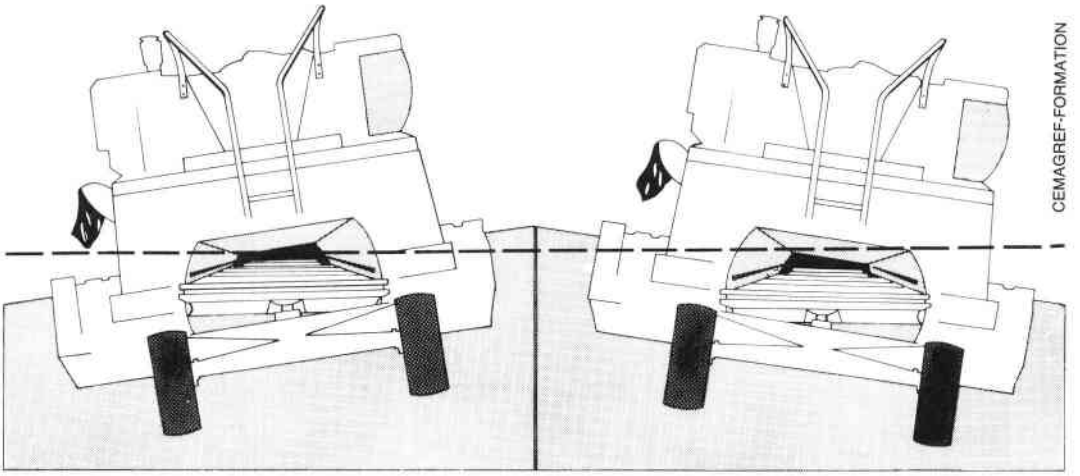


Fig. 93 — **Mise à niveau automatique du caisson de nettoyage Ford New-Holland.**

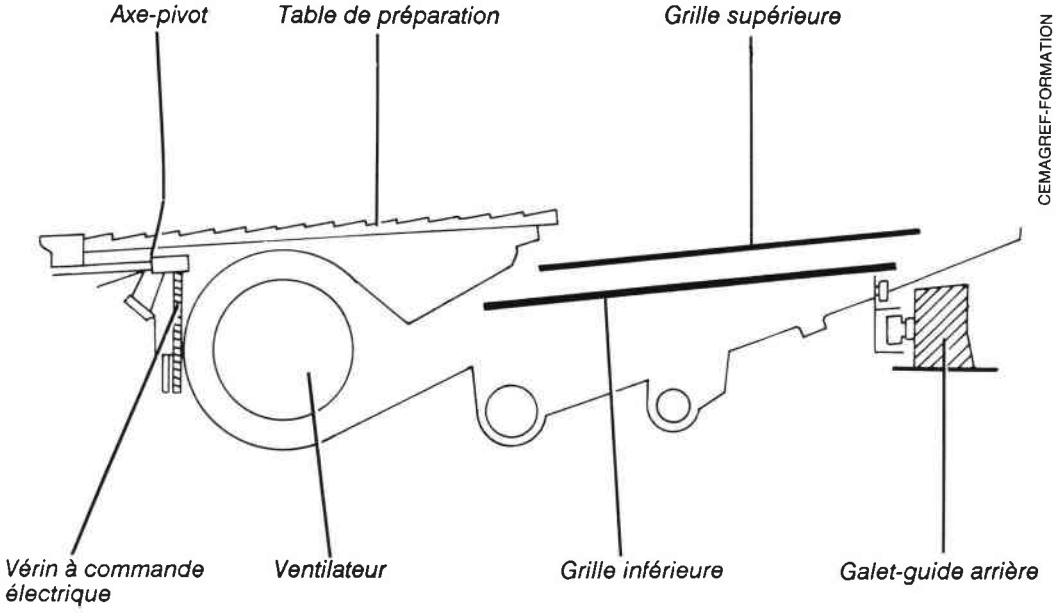


Fig. 94 — **Principe de pivotement du caisson de nettoyage Ford New-Holland.**

pitre 7, figure **206**), agit au niveau de la table de préparation et de la grille supérieure, chacune séparées en deux parties pivotantes autour d'un axe longitudinal. Les éléments des grilles sont maintenus horizontaux grâce à un vérin électrique commandé par une unité électronique. Le système électronique assure la mise à niveau automatique des grilles en comparant les informations d'un capteur de niveau et d'un capteur de position des grilles.

Sur les moissonneuses-batteuses Ford New-Holland du type TC (fig. **95**), le système de nettoyage à niveau automatique est constitué de diviseurs pivotants qui dirigent le grain vers le côté montant de la table de préparation de la moissonneuse-batteuse. De plus, la grille supérieure de nettoyage est divisée en quatre sections pivotantes, afin de maintenir l'horizontalité dans des dévers pouvant atteindre 23 %.

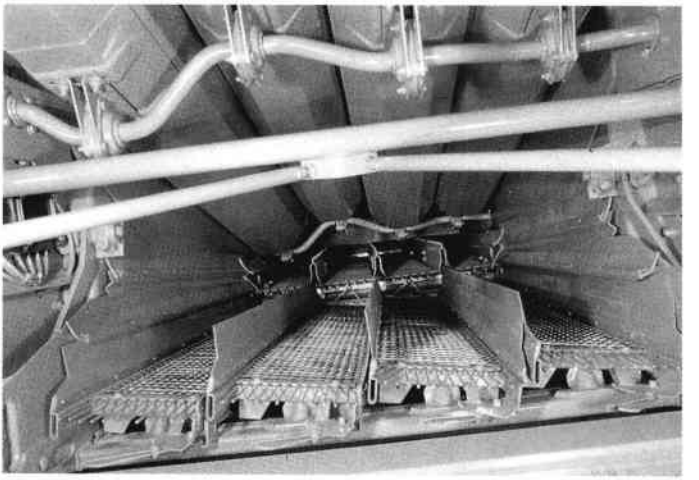


Fig. 95 — **Système de correction de dévers Ford New-Holland, par étagement des éléments de la grille supérieure.**

. Les machines à correction de pente intégrale :

Contrairement aux systèmes décrits précédemment qui agissent sur les organes de nettoyage, les châssis cor-

recteurs de pente permettent la mise à niveau de l'ensemble de la machine, dans le sens longitudinal et parfois dans le sens transversal. Selon les cas, la mise à niveau automatique s'effectue soit grâce au pivotement des réducteurs de roues : formule "intégrale" Fiatagri (fig. **96**), soit par des vérins hydrauliques qui modifient le positionnement de la machine par rapport à un châssis spécial (fig. **97**).

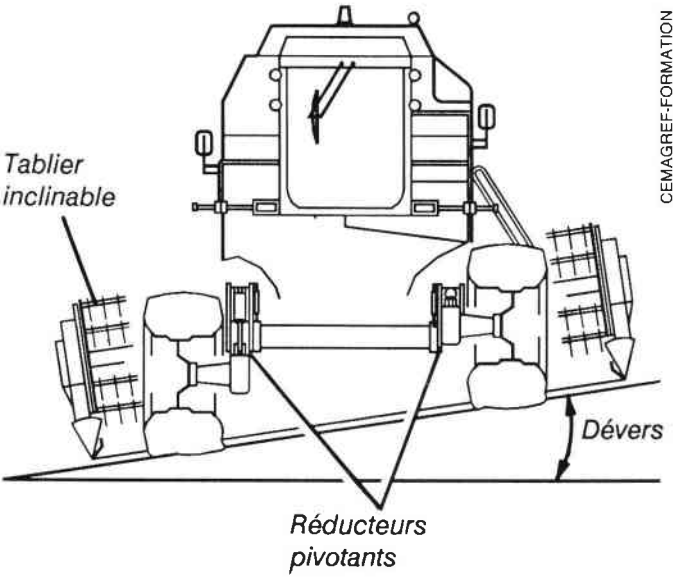


Fig. 96 — **Correction de dévers et de pente Fiatagri, par pivotement des carters de réducteurs et de la table de coupe.**

Fig. 97 — **Moissonneuse-batteuse Fiatagri, à châssis correcteur de pente et de dévers.**

• LA RÉCOLTE PAR ÉGRENAGE SUR PIED :

Déjà pratiquée de manière rudimentaire par les Gaulois (se reporter au Chapitre 1 : "l'égrenage sur pied"), la récolte des épis sur pied consiste à déplacer l'organe de battage à la rencontre des épis et non l'inverse (sur les machines conventionnelles, les épis sont convoyés avec la paille vers les organes de battage).

. Les limites des machines conventionnelles :

La récolte classique par moissonnage-battage fait appel à une succession d'organes dont les capacités d'absorption sont différentes, ce qui entraîne une limitation globale de capacité dès que tel ou tel élément est en surcharge. Selon le produit et selon les conditions rencontrées, ces limites peuvent apparaître à différents niveaux (coupe, transferts, battage, séparation). Soulignons que ce n'est pas le système de battage qui est en cause, mais plutôt le traitement de la paille : coupe, alimentation et séparation, c'est-à-dire avant et après le batteur.

En outre, la capacité théorique d'une moissonneuse-batteuse se trouve en pratique fortement altérée par les irrégularités d'alimentation du batteur et donc des organes qui lui succè-

dent. Ces irrégularités proviennent du fait que les produits récoltés sur une largeur généralement comprise entre 4 et 6 mètres doivent tous, en sortie de la table de coupe, passer par un canal d'une largeur de 1,20 m à 1,60 m. De plus, ces irrégularités provoquent des contraintes mécaniques importantes au niveau du batteur et une augmentation sensible de la consommation énergétique.

La nécessaire augmentation de la capacité des moissonneuses- batteuses a été obtenue essentiellement par une augmentation des dimensions des organes (coupe, secoueurs, grilles) et la mise en œuvre d'innovations au niveau de la séparation (séparation forcée). La taille actuelle des machines semble avoir atteint une limite difficile à franchir, notamment pour des raisons d'encombrement (manœuvrabilité), de poids (compaction des sols) et de coût.

En réponse à ces limites physiques d'un accroissement de capacité, il semble que seule une mutation technologique permette d'envisager un saut significatif de productivité.

. Le principe de la récolte par égrenage sur pied :

La paille, non coupée, reste au sol. Ceci conduit à une réduction considérable de la quantité de produits traversant la machine (de l'ordre de 50 % en poids).

Les organes de séparation, dont la fonction est de séparer les grains des pailles, deviennent pratiquement inutiles.

L'organe de battage va à la rencontre de l'épi et non plus l'inverse.

De ce fait, l'alimentation des éléments de battage est parfaitement régulière, puisque liée directement à la répartition spatiale des épis au champ. Le sens et la vitesse relative des éléments batteurs par rapport aux grains sont déterminés et homogènes, la vitesse initiale des grains étant nulle.

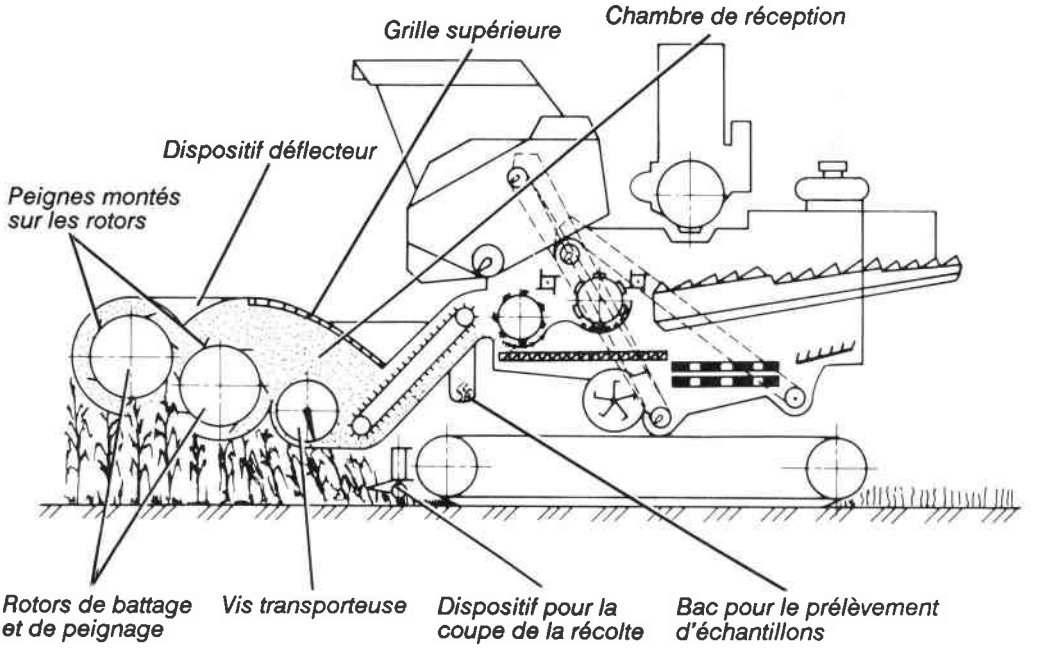
Seuls les épis sont en contact avec les éléments batteurs, ce qui autorise un travail pratiquement indépendant de l'humidité des tiges et donc des périodes disponibles pour la récolte nettement plus longues.

La mise en œuvre de ce principe doit donc conduire à des machines d'un niveau de performance élevé pour des dimensions nettement réduites et un coût modéré. L'allongement du temps d'utilisation peut conduire à une réduction de la capacité instantanée. En revanche, le domaine d'application limité essentiellement aux céréales à paille fait de cette machine un outil spécifique moins polyvalent que les systèmes conventionnels.

Parmi les réalisations existantes, citons la machine Russe "Kolos", la tête égreneuse de l'AFRC et la moissonneuse-égreneuse expérimentale du CEMAGREF.

. La machine Russe "Kolos" (fig. **98**) :

Sur cette moissonneuse-batteuse russe, la SKGD-6 "Kolos", la table de coupe classique est remplacée par un dispositif de battage et de peignage tout à fait particulier, étudié spécialement pour la récolte du riz. D'ailleurs, et afin de pouvoir progresser dans les rizières, cette moissonneuse-batteuse est équipée de chenilles.



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 98 — **Equipement de battage, à deux rotors, d'une moissonneuse-batteuse russe "Kolos".**

Le dispositif frontal comporte, comme équipement, deux rotors munis de peignes (fig. **98**). Ces deux rotors sont placés dans une chambre de réception, ouverte par en-dessous pour que la récolte coupée puisse y accéder. Afin d'assurer de manière efficace la progression de cette récolte, les peignes, sur le rotor, sont courbés dans le sens opposé à celui de sa rotation. Les peignes du rotor sont courbés dans le sens de sa rotation. Comme les rotors tournent en sens contraire, ils accrochent la récolte et l'accompagnent de manière à projeter les grains vers le caisson.

La chambre de réception est divisée en deux parties par le déflecteur. Le flux d'air engendré par la rotation des deux rotors va s'évacuer ainsi vers l'extérieur, à travers la grille.

Une fois un premier battage réalisé dans ce dispositif frontal, une vis transporteuse reprend les grains battus mais aussi le reste de la récolte, pour diriger l'ensemble vers la section principale de la moissonneuse-batteuse équipée d'organes classiques de battage et de séparation. Quand ces dernières opérations sont effectuées, les tiges encore debout et débarrassées de leur grain en quasi totalité sont tronçonnées par un dispositif à disques, avant d'être rejetées et de former un andain entre les chenilles de la moissonneuse-batteuse.

Un auget sert éventuellement à des prélèvements d'échantillons.

. La tête égreneuse de l'AFRC (fig. **99**) :

L'institut de recherche britanique AFRC a mis au point, entre 1984 et 1987, une tête de récolte par égrenage appelée "stripper". Cet équipement fabriqué par Shelbourne Reynolds

(Grande-Bretagne) est diffusé en France par la société AGRAM. L'égrenage est assuré par un rotor transversal équipé de peignes en matière plastique (fig. **99**). L'ensemble constitue une tête de récolte de 3 à 6 mètres de large, conçue pour s'adapter à la place du tablier de coupe des moissonneuses-batteuses.

Cette tête de récolte peut accroître la capacité de la moissonneuse-batteuse de 60 à 80 %, en autorisant des vitesses d'avancement de 12 km/h et la récolte de céréales versées.

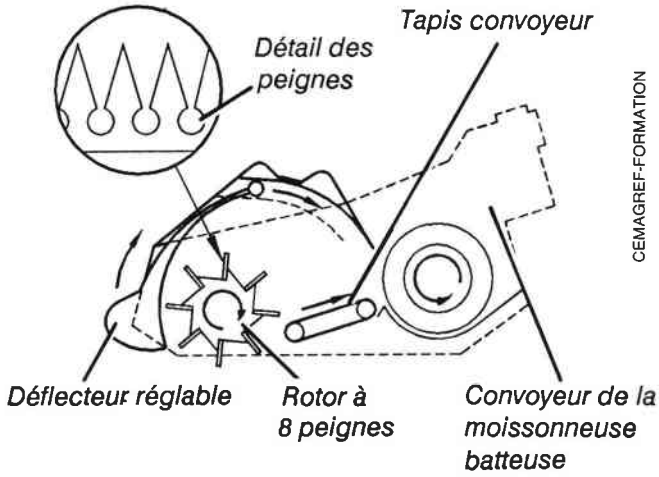


Fig. 99 — **Stripper Shelbourne Reynolds** *(document AGRAM).*

La diffusion encore limitée de cet équipement nouveau conduit à un coût relativement élevé.

. La moissonneuse-égreneuse du CEMAGREF (fig. **100**) :

Il s'agit d'un prototype de recherche étudié par le CEMAGREF à partir de 1984.

La tête de récolte est constituée de rotors longitudinaux, parallèles à la direction d'avancement. Un système de diviseurs-ameneurs sélectionne une bande de céréales, les relève en cas de verse et les engage à l'entrée de la chambre de battage. Les céréales sont battues à l'intérieur de la chambre de battage, entre un rotor et un stator, dont la partie inférieure permet le passage des tiges. Sous l'effet du déplacement de la machine, les céréales sont soumises à l'action du batteur puis les tiges égrenées s'échappent de la chambre de battage sans être coupées, ou arrachées.

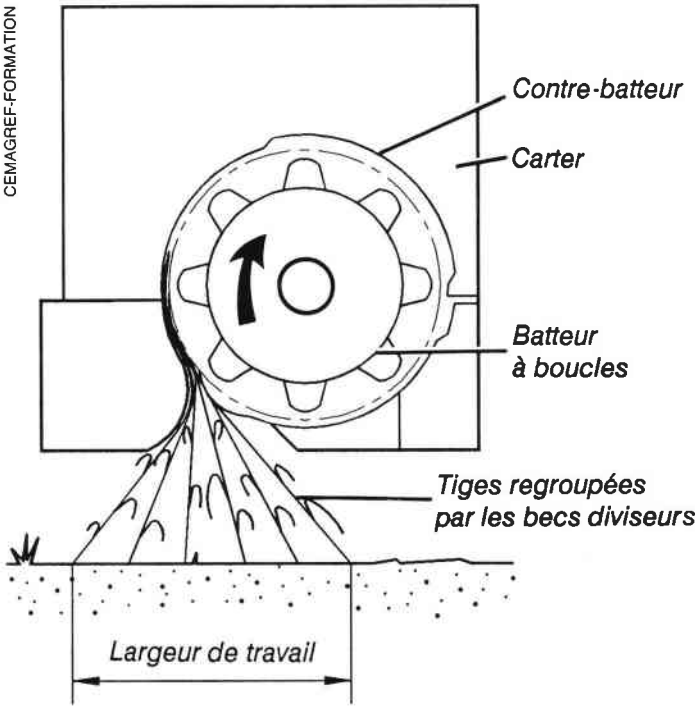


Fig. 100 — **Vue en coupe transversale d'un rotor longitudinal du prototype de récolteuse-égreneuse du CEMAGREF.**

La largeur des bandes travaillées par chaque rotor a été déterminée de façon à pouvoir travailler les céréales à tiges très courtes. Fixée à 40 cm, cette largeur permet de récolter avec des hauteurs de tiges de 35 cm.

La largeur totale de travail est obtenue par juxtaposition de systèmes élémentaires, selon un concept modulaire.

Après de nombreux essais, il a été établi que le batteur à boucles était le mieux adapté à cette machine, car il assurait le meilleur compromis entre l'efficacité du battage et l'agressivité vis-à-vis des pailles, et ceci dans une très large plage d'humidité des produits. De plus, son niveau de performance est peu sensible aux écarts de régime par rapport au régime optimal.

• LE SYSTÈME BATTEUR-VENTILATEUR :

M. A.J. Vogelenzang, d'Andelst, aux Pays-Bas, constructeur de faucheuses rotatives et des faucheuses à fléaux Votex, découvrait au début des années 70, que les faucheuses à tambours utilisées pour couper les céréales battaient, en fait, une bonne partie de la récolte.

C'est donc en partant d'une telle observation que ce constructeur a conçu, fait breveter et mis au point, avec la collaboration du Centre de Génie Rural de Wageningen, un premier prototype (Votex Apollo) de batteuse à disques de petites dimensions, portée, destinée à la récolte du riz (fig. **101**). Quelques années plus tard (en 1976 et 1977), M. Vogelenzang a conçu, fait breveter et mis au point un autre prototype de petite batteuse destinée à la récolte du riz. La batteuse "Votex Ricefan" (fig. **102**), après des essais satisfaisants, a été fabriquée en série et commercialisée essentiellement dans les pays tropicaux où la culture se fait sur de petites parcelles. Cette machine ne possède qu'un seul élément mobile : l'ensemble formé par le tambour de battage et le ventilateur à flux transversal (fig. **102**). Ce ventilateur crée une aspiration au niveau de l'ouverture d'alimentation, mais aussi à l'entrée du canal d'évacuation.

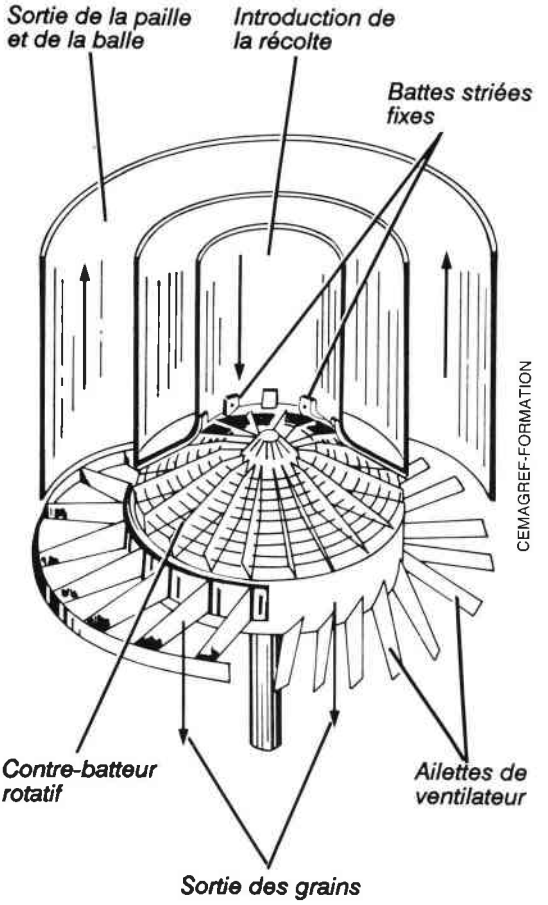


Fig. 101 — **Principe du système de battage "Votex Appolo".**

Afin de réduire les pertes au battage, le concepteur a imaginé de placer deux éléments "Ricefan" l'un derrière l'autre et reliés par un conduit rigide. Le premier dispositif assure le battage et le second, qui n'est pas équipé de barres de contre-batteur, assure la séparation entre le grain et la paille.

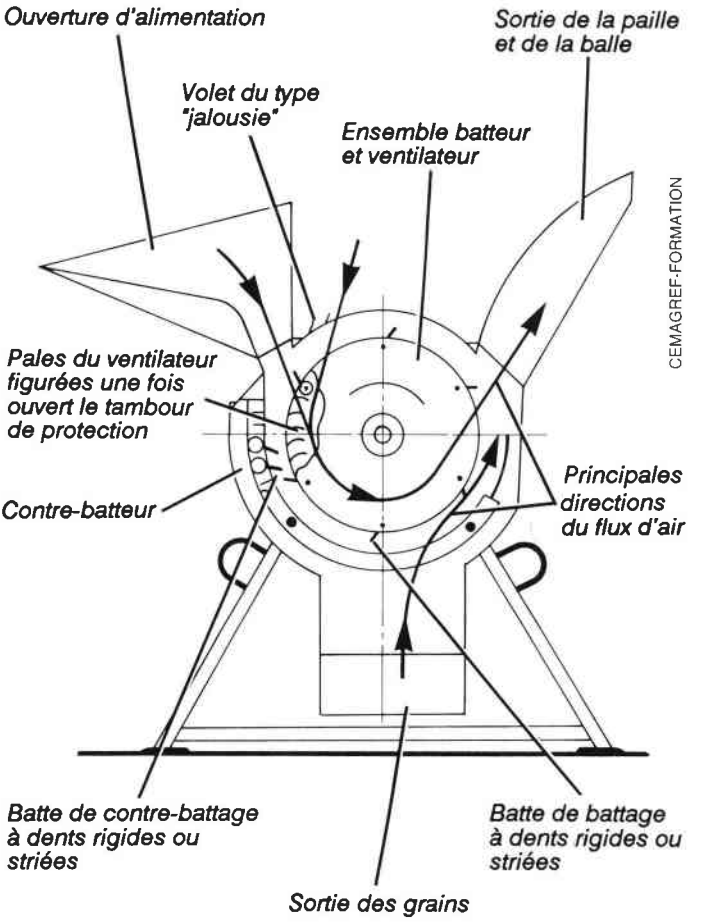


Fig. 102 — **Principe du batteur à riz Votex "Ricefan".**

• LES MOISSONNEUSES-BATTEUSES TRACTÉES :

Rarement utilisée en France, cette technique a connu plus de succès au Canada et au Danemark.

L'idée de base consiste à utiliser un tracteur pour la propulsion et l'animation d'un ensemble de moissonnage-battage. Cela permet de se passer de certains éléments coûteux qui sont indispensables sur une automotrice, tels que le moteur, la boîte de vitesse, les organes de transmission, etc. Parmi les modèles existants, ou ayant existé, citons les marques JF et Massey Ferguson.

. Le système J.F. :

Une vue d'ensemble de ce dispositif est représentée à la figure **103**.

Malgré une visibilité médiocre sur la table de coupe, l'intérêt principal d'un tel montage est qu'il suffit de quelques minutes pour atteler et dételer le dispositif et ce, avec un seul opérateur. En effet, la machine de récolte s'emboîte au tracteur, l'attache rapide s'enclenchant immédiatement au niveau de l'attelage trois points arrière. Un bras mobile est raccordé à l'avant du tracteur, et la prise de force frontale anime l'ensemble. Après attelage, on démonte deux crics à roulettes qui servent au déplacement lorsque la machine n'est pas encore attelé au tracteur.

Quelques données chiffrées permettent de situer les possibilités principales de ce dispositif :

CEMAGREF-FORMATION

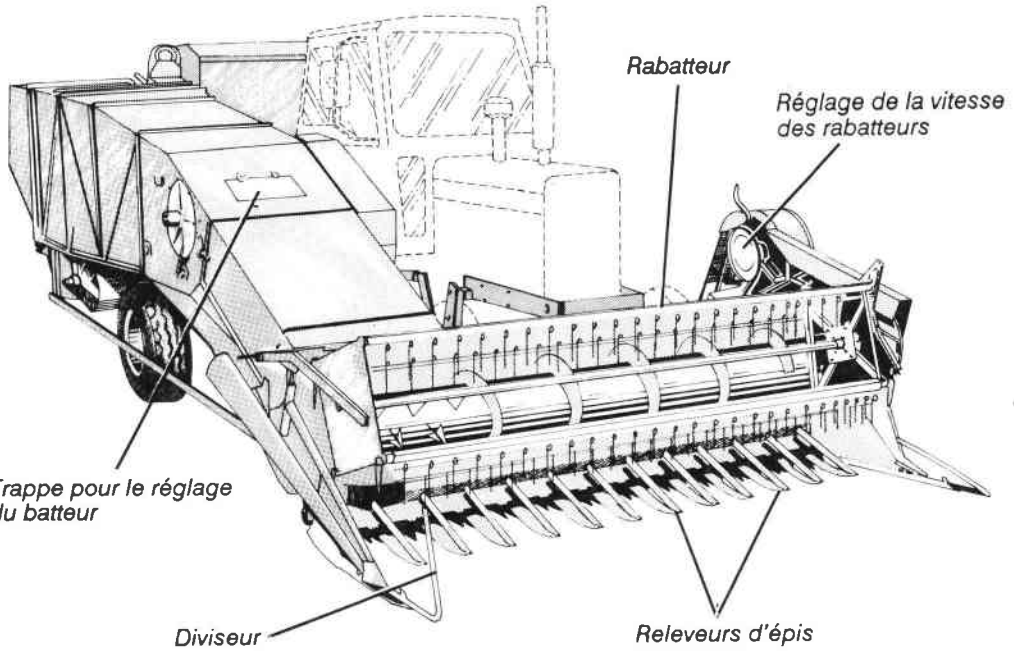


Fig. 103 — **Moissonneuse-batteuse tractée J.F.**

- avec une largeur de coupe de 2,40 m (JF type MS 908), le débit peut atteindre 50 q/heure. La vitesse d'avancement, dans les deux cas, est comprise entre 2 et 6 km/heure et la puissance nécessaire varie de 40 à 45 kW (55 ch à 62 ch),

- le poids de la machine est de l'ordre de 2.500 kg, pour une largeur hors-tout (tracteur non compris) de 3 m et une longueur hors-tout de 7,90 m.

Toutes les fonctions importantes sont commandées à partir de la cabine du tracteur, fermée et donc protégée des poussières. Une console à commandes électriques permet d'agir sur les fonctions suivantes :

- l'embrayage et le débrayage de la table de coupe, - l'embrayage et le débrayage du dispositif de vidange de la trémie,
- le réglage de la vitesse du rabatteur, grâce à un variateur de vitesse à courroie trapézoïdale.

. Le système MASSEY-FERGUSON avec poste de conduite du tracteur en position inversée (fig. **104**) :

En 1982 et 1983, Massey-Ferguson proposait deux modèles poussés, l'un équipé d'une table de coupe de 4,80 m et l'autre avec une table de coupe de 5,60 m présentant un double dispositif de battage et de séparation placé de chaque côté du tracteur, ainsi qu'une trémie centrale, à l'arrière. La puissance conseillée des tracteurs était de 81 à 110 kW (110 à 150 ch). Le transport sur route est facilité par l'utilisation d'une remorque conçue à cet effet. L'ensemble de moissonnage-battage, qui était disposé en U pour le travail, est alors

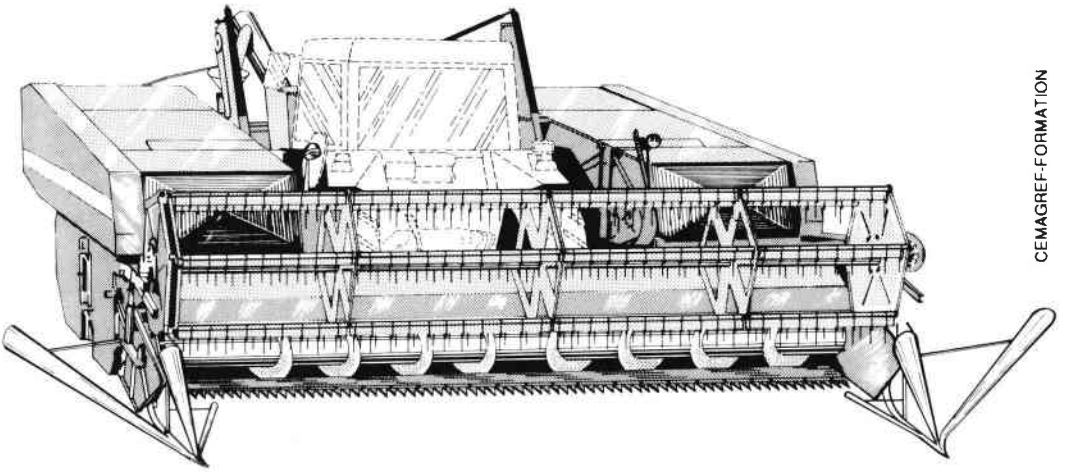
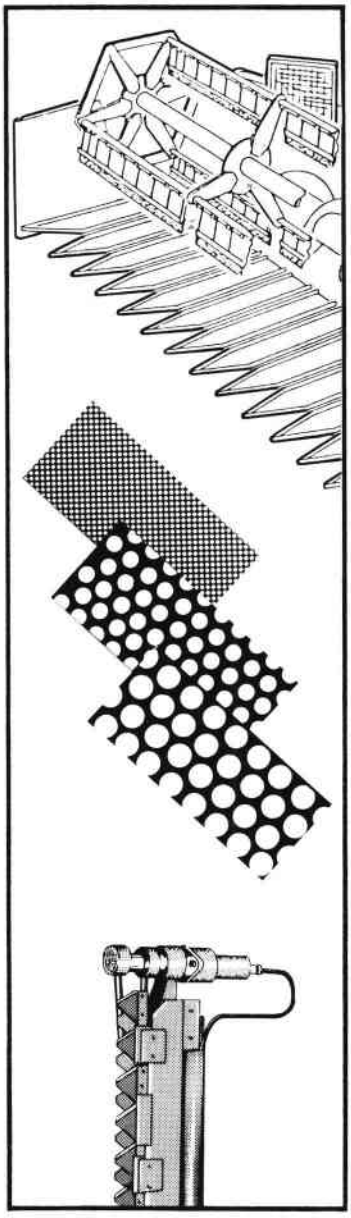


Fig. 104 — **Moissonneuse-batteuse tractée Massey-Ferguson.**

placé tout en longueur, les deux éléments principaux de battage étant disposés bout à bout et la table de coupe plaquée sur leur flanc. Le tout est monté sur une remorque dont la largeur, une fois chargée, n'excède pas 3 mètres ; d'où un transport facile, depuis l'exploitation agricole jusqu'au lieu de récolte et même d'un lieu de récolte à un autre. La largeur hors-tout, au travail pouvant atteindre 6,30 m. Il est exclu de procéder à un déplacement, d'un champ à un autre, sans placer l'ensemble sur la remorque spéciale.

LES ÉQUIPEMENTS POUR LA RÉCOLTE DES OLÉAGINEUX, PROTÉAGINEUX ET SEMENCES

4



- Généralités sur la récolte des oléagineux et protéagineux 111
- La récolte du colza 112
- Les équipements spécifiques et les réglages pour la récolte du colza ... 113
- La récolte des pois protéagineux ... 116
- L'adaptation des moissonneuses-batteuses pour la récolte des pois protéagineux 120
- La récolte du pavot-œillette 123
- L'adaptation des moissonneuses-batteuses pour la récolte du pavot-œillette 123
- La récolte du soja 125
- L'adaptation des moissonneuses-batteuses pour la récolte du soja ... 125
- La récolte du tournesol 127
- Les équipements spécifiques et les réglages pour la récolte du tournesol 128
- La récolte des semences 136
- L'adaptation des moissonneuses-batteuses pour la récolte des semences 137

Moissonneuse-batteuse et son équipement pour la récolte de soja,
(photo Fiatagri).

• GÉNÉRALITÉS SUR LA RÉCOLTE DES OLÉAGINEUX ET PROTÉAGINEUX :

Employés pour la fabrication des huiles destinées à l'alimentation humaine, mais aussi à la préparation des produits de base dans diverses industries, les oléagineux et les protéagineux (colza, tournesol, lin, moutarde, navette, œillette, etc) sont de plus en plus cultivés et utilisés. Des plantes comme le colza et le tournesol sont classées le plus souvent parmi les "oléagineux". Par contre, des plantes comme la féverole, le soja ou le pois fourrager sont cultivées essentiellement pour leur teneur élevée en protéines. Le terme "oléo-protéagineux" s'applique surtout au soja qui est une plante riche en protéines et en huile. Le colza et le tournesol appartiennent aussi à la famille des "oléo-protéagineux".

Pour récolter ces graines, on utilise des moissonneuses-batteuses classiques, partiellement transformées.

Il convient de bien préciser que selon les conditions climatiques et en raison de la taille réduite de ces graines (surtout le colza), les pertes peuvent atteindre 30 à 50 % de la récolte totale, faute de ne pouvoir récolter au bon moment ou de ne pas procéder aux réglages ou adaptations nécessaires. En effet, on doit séparer des graines très petites, déhiscentes et fragiles, dont la forme est spécifique de chaque espèce. Si la récolte s'effectue dans de mauvaises conditions, la chute de rendement peut s'accompagner d'une diminution de la valeur commerciale du produit.

L'époque exacte de maturité doit donc être choisie avec discernement. La période de maturité optimale couvrant un nombre très restreint de jours, il est nécessaire de disposer d'un matériel fiable, équipé de dispositifs évitant notamment les pertes excessives pouvant résulter d'un égrenage mécanique provoqué par le simple contact des tiges avec les rabatteurs ou avec les différentes parties saillantes de la machine.

Pour les graines les plus petites ou les plus légères, il faut aussi éviter les pertes au niveau de la séparation et du nettoyage.

Ces graines, minuscules et très légères, peuvent se trouver mêlées aux impuretés et menues pailles, au niveau des grilles de nettoyage. Pour obtenir un nettoyage correct, il faut que le courant d'air de ventilation soit convenablement réglé, de manière à ne pas chasser vers l'extérieur une proportion trop importante de graines.

Le schéma de la figure **105** indique la localisation des différents types de pertes que l'on peut observer.

En dehors du risque de pertes excessives, il convient d'éviter toute opération de récolte un peu trop brutale. En effet, les graines oléagineuses s'altèrent très facilement, à la suite de chocs mécaniques ou même après un simple échauffement :

- des blessures peuvent survenir à la suite de contacts avec les organes mobiles de la moissonneuse-batteuse. Cela peut entraîner la détérioration de l'enveloppe, l'altération des matières de réserve et, par suite, une importante diminution du pouvoir germinatif. Cela favorise aussi une certaine oxydation qui accroît l'acidité de l'huile et en réduit la valeur,

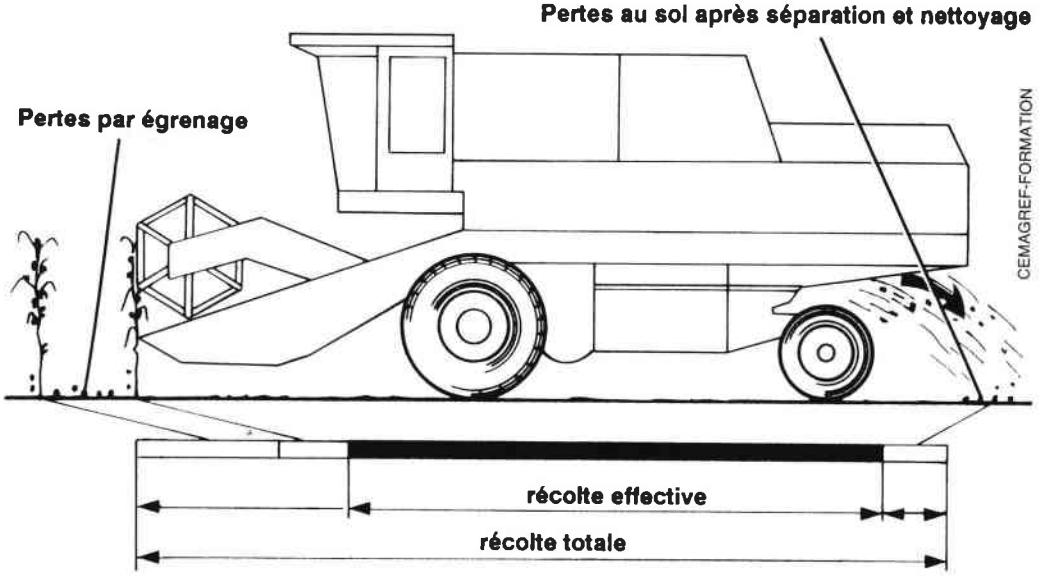


Fig. 105 — **Localisation des pertes à la récolte.**

- l'échauffement du grain stocké en vrac se produit très rapidement s'il est humide ou s'il est mélangé avec des impuretés humides qui transmettent leur humidité.

La description systématique de la récolte des différentes graines oléagineuses dépassant le cadre de cet ouvrage, ce chapitre est consacré aux variétés les plus cultivées : tournesol, colza, pavot-œillette, soja,...

Les conditions de récolte de certains produits sont d'ailleurs assez voisines ; c'est le cas de la **moutarde** et de la **navette**, proches du colza. La moutarde blanche est cultivée pour son huile : ses graines, minuscules, en contiennent de 32 à 34 %. Une variété différente, la moutarde noire, est transformée en condiment. La navette est cultivée pour son huile, mais aussi comme engrais vert.

Rappelons que dans tous les cas le livret d'utilisation du constructeur est un document indispensable pour procéder aux réglages et adaptations nécessaires aux différents types de végétaux à récolter.

• LA RÉCOLTE DU COLZA :

Le colza d'hiver est semé à la fin de l'été (entre le 15 août et les premiers jours de septembre). Il est récolté pour son huile et pour ses protéines, mais aussi en tant que semence.

Le colza de printemps est semé entre le 15 mars et le 15 avril. La récolte s'effectue directement avec une moissonneuse-batteuse spécialement équipée. Quelquefois, dans les régions ventées, où le risque d'égrenage est important pour des graines à pleine maturité, le colza oléagineux est coupé puis regroupé en andains, huit à dix jours avant le moment optimum pour la récolte. Cela permet aux graines de continuer à mûrir près du sol, sans risque de pertes provenant d'un égrenage dû à l'action du vent. Ensuite, au moment opportun, les andains sont repris et battus à la moissonneuse-batteuse.

Avec le colza, il n'est pas toujours facile de choisir opportunément le moment exact pour procéder à sa récolte.

En effet, la maturité des graines de colza n'est pas toujours homogène et le choix du moment opportun de la récolte doit tenir compte du taux de matière sèche, de la teneur en eau de la graine et de sa teneur en huile. Ces éléments constituent aussi des critères de qualité concernant le produit final obtenu après traitement pour l'extraction de l'huile. Ainsi, pour obtenir une bonne teneur en huile sur l'ensemble du lot de graines récoltées, mieux vaut ne commencer la récolte que lorsque toutes les siliques ont viré vers une couleur jaune franc, indice d'une maturité atteinte, avec un taux en huile maximum.

D'une manière générale, l'échelonnement de la maturité, mais aussi la tendance à la déhiscence ou la hauteur des plantes elles-mêmes vont dépendre de plusieurs facteurs : choix variétaux, densité et date du semis, conditions climatiques de l'année, eau et éléments fertilisants apportés, etc...

Par exemple, lorsque la densité dépasse les 80 pieds au m², les plants sont plus courts mais aussi beaucoup moins enchevêtrés. Toutefois, pour une telle densité, la période pendant laquelle la maturité atteint son optimum est beaucoup plus réduite.

Au début de sa formation, la graine a une teneur en eau comprise entre 80 et 90 %. Une quarantaine de jours avant sa maturité, cette teneur en eau a déjà beaucoup diminué, quelquefois au rythme de 3,5 % par jour !... Selon les variétés, on estime que la maturité physiologique des graines est atteinte entre 25 et 35 % ; la coloration des graines est alors très foncée.

Toutefois, c'est avec une teneur en eau de 9 % que l'on considère le produit comme étant stabilisé. Si des grains sont battus alors qu'ils contiennent plus de 9 % d'humidité, un séchage ultérieur peut-être indispensable pour assurer la conservation.

La récolte directe à la moissonneuse-batteuse s'opère, de préférence, sur des graines dont le taux d'humidité est compris entre 9 et 15 %, en sachant que plus la teneur en eau est réduite, plus les graines sont sensibles à l'égrenage sur pied.

Dans la pratique, on récolte plus facilement quand la teneur en eau des graines est comprise entre 15 et 25 %. Mais sur des graines à plus de 15 % d'humidité, l'extraction industrielle de l'huile devient plus délicate, ce qui peut entraîner des pertes au moment du raffinage.

Bref, si l'on tient compte des aléas climatiques en période de récolte, la recherche du moment optimal reste une affaire d'expérience et... de chance : si l'humidité est trop élevée, l'huile obtenue est de mauvaise qualité ; si l'humidité est trop faible, l'égrenage peut devenir important. En outre, il suffit d'un vent un peu fort pour que les pertes par égrenage s'accroissent.

• LES ÉQUIPEMENTS SPÉCIFIQUES ET LES RÉGLAGES POUR LA RÉCOLTE DU COLZA :

La récolte du colza avec une moissonneuse-batteuse comprend :

- des équipements spécifiques : diviseur coupant, table de coupe allongée,...

- des réglages particuliers : rabatteurs, batteur, contre-batteur, nettoyage,...

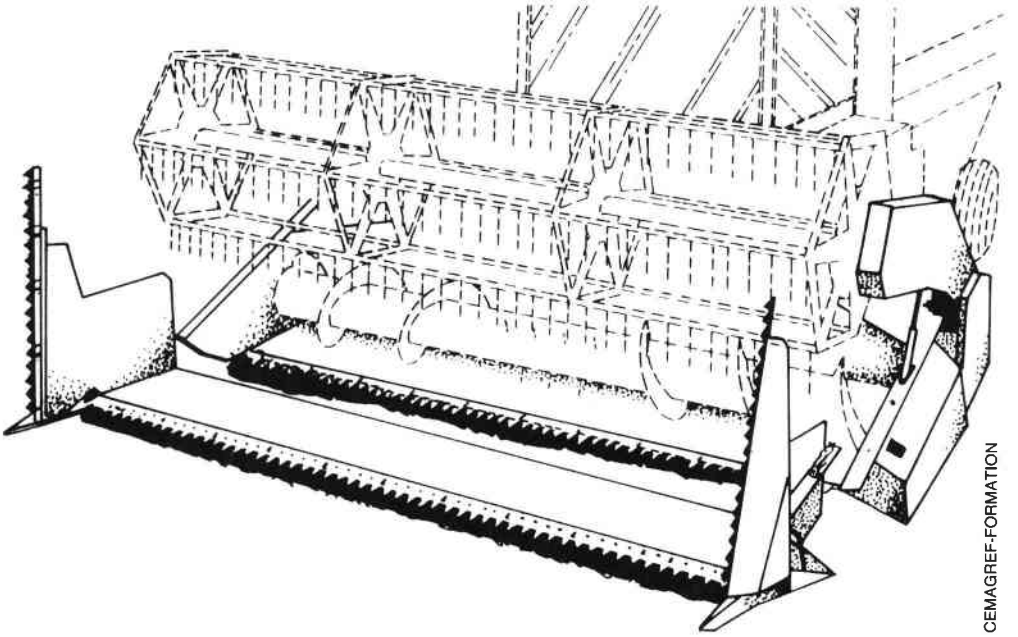


Fig. 106 — **Table de coupe rallongée et diviseurs animés pour la récolte du colza.**

. Diviseur coupant animé (fig. **106**) :

Ce diviseur ou "ciseau à colza" est placé verticalement à droite ou aux deux extrémités de la barre de coupe. Il permet de couper la récolte suivant une bande de largeur constante, sans égrener la partie se trouvant en dehors de la largeur de coupe.

Il comprend une barre de coupe verticale à lame alternative ou à double lame (Busatis) entraînée soit mécaniquement, soit par moteur hydraulique ou électrique (fig. **107**).

. Table de coupe allongée :

Pour réduire les pertes, on peut utiliser une table de coupe rallongée. Les bourrages sont diminués et les graines, sorties de leurs siliques par les rabatteurs, peuvent être recueillies en plus grand nombre grâce à cette rallonge de table.

Ce système a toutefois l'inconvénient de nécessiter des frais supplémentaires relativement importants, ainsi qu'un travail de pose et de dépose, surtout si l'on récolte alternativement des céréales et du colza.

. Les rabatteurs :

Par rapport à un équipement classique, on peut ramener, pour récolter le colza, le nombre de peignes du rabatteur à trois seulement.

Dans certains cas, quand le colza est très dense, on peut même supprimer complètement l'action du rabatteur.

La vitesse de rotation du rabatteur doit être modulée en fonction de la vitesse propre d'avancement de la machine, la vitesse de rotation (environ 20 tr/min) étant en rapport direct et maintenue constante avec la vitesse d'avancement.

Le rabatteur est placé le plus haut possible très en arrière de la barre de coupe, afin que le choc des peignes sur les siliques ne déclenche pas un égrenage qui conduirait les graines à tomber directement ou indirectement sur le sol, sur la partie avant.

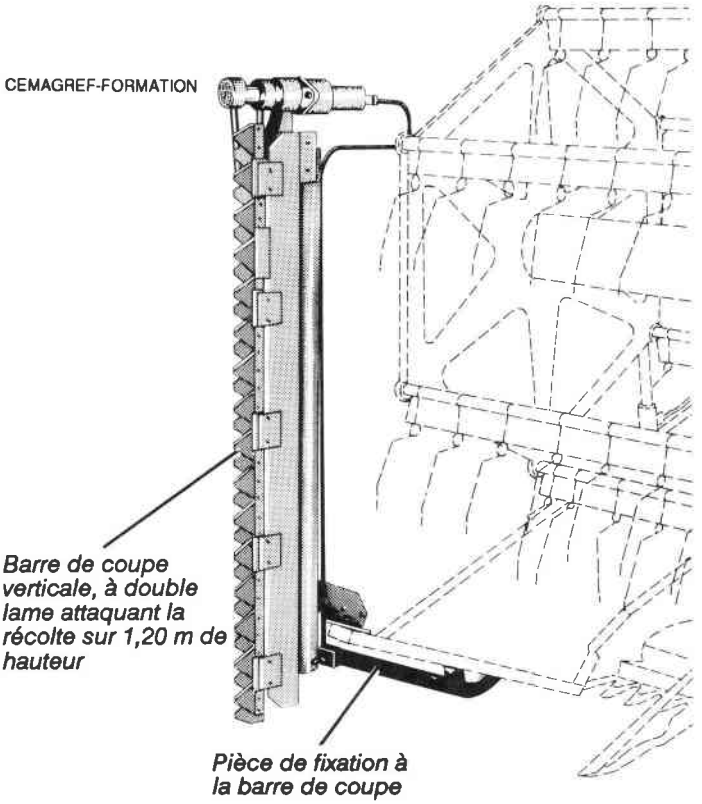


Fig. 107 — **Diviseur coupant animé hydrauliquement, pour la récolte du colza.**

. La hauteur de coupe :

La barre de coupe est placée dans la position la plus haute possible, afin de réduire la masse végétale admise à l'entrée du batteur et dans le circuit de nettoyage, tout en récoltant les premiers étages de siliques.

. Le batteur et le contre-batteur :

Les graines de colza étant très fragiles, le batteur doit tourner à une vitesse moyenne ou réduite (de 500 à 700 tr/min). Cela signifie que la vitesse périphérique du batteur doit en principe ne pas dépasser 20 m/s.

En général, les écartements entre contre-batteur et batteur sont accrus.

. Le nettoyage :

L'opération de nettoyage a comme fonction d'éliminer le maximum d'impuretés et de fragments végétaux. Durant cette opération, il faut éviter que trop de graines ne soient entraînées hors du circuit de récolte. Il faut aussi veiller à ce que certains débris végétaux n'aient pas tendance à remonter en direction du batteur.

Pour cela, on choisit des grilles perforées à trous ronds, d'un diamètre de 5 à 9 mm pour la grille supérieure et de 3 à 5 mm pour la grille inférieure.

La ventilation est appliquée dans le sens de l'aspiration et le débit d'air est minimum afin d'éviter que les graines de colza, très légères, ne soient chassées de la masse végétale et projetées en direction du sol. Il peut être utile, à cet effet, de placer, à l'arrière de la grille supérieure, une toile-écran destinée à retenir les graines qui risqueraient de retomber vers le sol.

Pour éviter des pertes supplémentaires, il convient également de vérifier l'étanchéité du caisson de nettoyage, ainsi que la fermeture correcte des différents regards ou trappes qui équipent la machine.

Dans tous les cas, il convient de bien observer les conseils de réglage du constructeur, afin de tenir compte des possibilités particulières de la machine.

• LA RÉCOLTE DES POIS PROTÉAGINEUX :

Les pois protéagineux ne contiennent ni tanins, ni alcaloïdes, si bien qu'ils constituent un excellent aliment pour les ruminants et les monogastriques.

En dehors du fait qu'il s'agit d'une légumineuse (donc capable de fixer l'azote de l'air), les agriculteurs apprécient le fait que cette culture ne nécessite pas d'investissements spéciaux supplémentaires. Les matériels de semis, de traitement, de récolte ou de stockage sont les mêmes que ceux utilisés pour les céréales à paille.

Les exploitations à dominante céréalière sont donc les plus intéressées par cette culture. L'extension des surfaces cultivées en pois concerne principalement les zones de grande culture, notamment celles situées au nord de la Loire.

Outre les conditions climatiques, les particularités de la récolte des pois protéagineux sont liées à l'état de la végétation et du sol, et, par voie de conséquence, à des pertes plus ou moins élevées.

. L'état de la végétation :

Les difficultés de récolte proviennent de la nature de la plante dont les tiges creuses, non lignifiées, sont peu rigides. Leur taille peut atteindre 80 à 120 cm, et la maturité venue, elles s'affaissent sous le poids des gousses, l'effet du vent et de la pluie venant accentuer le phénomène. La végétation est alors plaquée au sol et ne forme plus qu'une masse végétale de 10 à 30 cm d'épaisseur seulement. Dans ce tapis végétal, les gousses, lorsqu'elles sont desséchées, peuvent libérer les graines au moindre choc.

Si la verse se produit sous l'action d'un vent dominant, la reprise à la moissonneuse-batteuse est possible. Si, par contre, des pluies d'orage accompagnées de turbulences couchent la récolte dans tous les sens, la reprise est plus difficile avec des pertes inévitables en gousses comme en graines.

Il faut, par ailleurs, une masse végétale relativement dense, offrant une prise suffisante à la barre de coupe ; une végétation dense, ramifiée et suffisamment sèche sera bien reprise par la barre de coupe, contrairement à une végétation clairsemée.

Les techniques actuelles de sélection permettent d'obtenir une masse de feuillage plus réduite, des tiges plus robustes, un meilleur rendement des différentes variétés et une résistance accrue à certaines maladies.

. Le choix de la date de récolte :

Le choix de la meilleure date pour procéder à la récolte est difficile, quelles que soient les conditions climatiques, dans la mesure où l'évolution de la maturité du pois protéagineux se caractérise par :

- une chute brutale du taux d'humidité. S'il est, au départ, de 45 ou 50 %, ce taux peut descendre à 15 ou 16 % en l'espace d'une dizaine de jours. Cela représente une diminution moyenne journalière de 4 à 5 points.

Cette dessiccation rapide s'accompagne souvent d'une hétérogénéité de l'humidité des grains à travers la parcelle avec, souvent, des écarts de 5 ou 6 points autour du taux moyen de 20 %.

En pratique, quand l'humidité est de 20 %, les gousses ont presque toutes une coloration jaune.

En dessous de 15 % d'humidité, la sensibilité aux orages est beaucoup plus forte et les pertes par égrenage peuvent augmenter de manière importante.

En cas d'humidité excessive à la récolte, les bourrages sont fréquents, à cause :

- des tiges trop flexibles qui accrochent dans les doigts releveurs, ou sont piquées par la pointe des releveurs qui les arrachent en formant des touffes,

- des talons de la barre de coupe et des diviseurs qui glissent mal sur le sol humide, entraînant l'afflux d'un mélange de terre et de matière végétale,

- des amas végétaux humides, souillés de terre, encrassant les organes (circuit de nettoyage, vis diverses, élévateurs) et provoquant même la rupture de certaines pièces.

. L'état du sol :

Une récolte versée oblige à passer la barre de coupe au ras du sol. Un sol mal nivelé, motteux et caillouteux, provoque une usure accélérée de certains éléments de la machine, pouvant aller jusqu'à la rupture des pièces les plus exposées aux chocs.

Aussi, la préparation du sol doit empêcher la formation de grosses mottes ou l'apparition d'une croûte de battance.

En passant sur un sol trop humide, les talons de la barre de coupe et les doigts releveurs glissent difficilement. Ils accumulent de la terre, arrachent des plantes et, finalement, provoquent des bourrages.

. Les pertes à la récolte (fig. **108**) :

Les pertes à la récolte sont d'ordre qualitatif et quantitatif :

- les pertes qualitatives sont la conséquence de détériorations mécaniques, que l'on mesure par le taux de casse ou par le pouvoir germinatif,

- les pertes quantitatives sont évaluées à partir de la différence entre le rendement potentiel d'une parcelle et la quantité effectivement récoltée sur cette même parcelle.

De bons réglages permettent de limiter les pertes qualitatives. Par contre, les pertes quantitatives sont plus difficiles à maîtriser, car elles dépendent essentiellement de l'état du sol ou de l'aspect de la végétation.

Les pertes totales peuvent varier de 0,5 quintal/ha à 7 quintaux/ha selon les difficultés rencontrées.

- Les pertes qualitatives :

Il s'agit des pertes au niveau des organes de battage et de nettoyage. Elles se traduisent par des graines cassées ou blessées, le taux de casse dépendant des réglages effectués sur la vitesse du batteur et sur l'écartement entre le contre-batteur et le batteur. Ces graines peuvent être à nouveau endommagées au cours de la vidange de la trémie, des manutentions ou du stockage. Le taux de graines attaquées ou cassées constitue une perte qualitative qui se traduit par une chute du pouvoir germinatif.

- Les pertes quantitatives avant la récolte :

Elles sont constituées par les gousses ou les graines qui tombent sur le sol, avant même le passage de la machine de récolte. Ces pertes sont dues au vent, aux oiseaux ou même à la déhiscence naturelle des gousses, qui s'accroît rapidement après maturité.

Quand la maturité est inégale, si l'on attend, on risque alors, en cas d'intempéries, d'avoir une végétation totalement plaquée au sol et commençant à s'égrener et à germer sur pied. Les pertes sont alors considérables.

- Les pertes au niveau de la barre de coupe :

Elles sont dues à l'action des releveurs, de la lame de coupe, des rabatteurs ou de la vis d'alimentation qui peuvent rejeter au sol les graines ou des gousses.. Des gousses peuvent aussi rester accrochées aux tiges couchées sur le sol ou situées dans des ornières.

Par rapport à l'ensemble des pertes, les pertes au niveau de la barre de coupe sont généralement les plus importantes.

- Les pertes au niveau du nettoyage :

Il s'agit soit de gousses imbattues se retrouvant dans l'andain à l'arrière de la machine, en raison d'une maturité irrégulière ou d'un réglage incorrect du batteur et du contre-batteur,

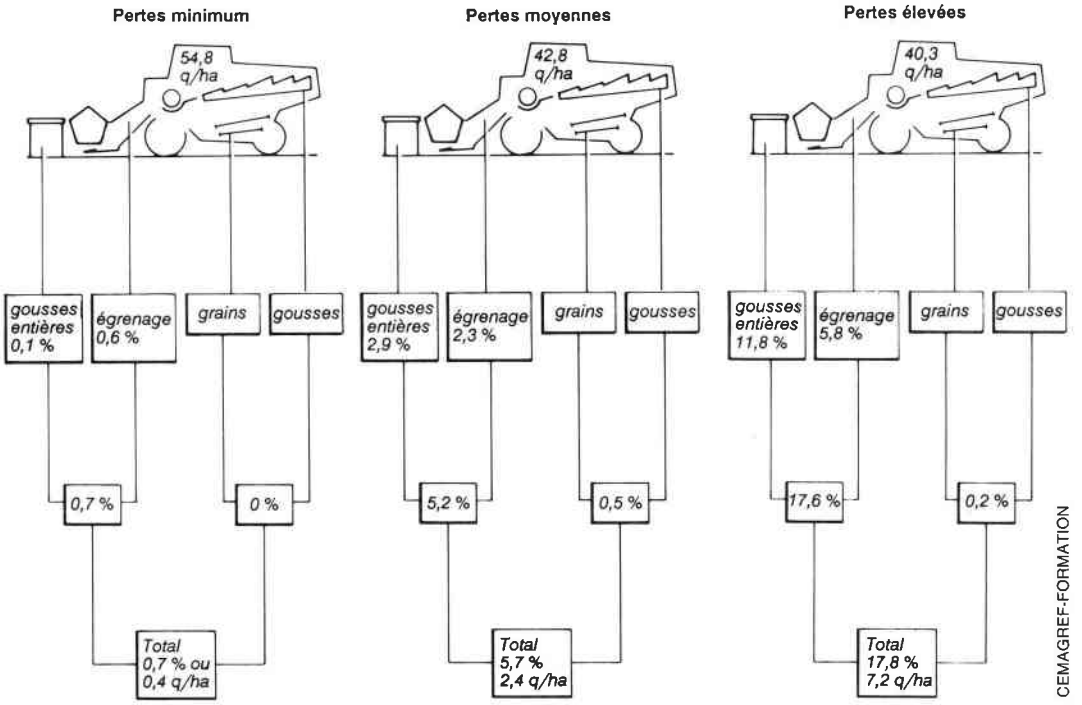


Fig. 108 — **Evaluation et localisation des pertes, lors de la récolte des pois.**

soit de graines présentes dans l'andain, à cause d'une vitesse d'avancement excessive entraînant un encombrement du circuit de nettoyage ou de grilles de nettoyage mal adaptées à la taille des graines, encrassées par l'afflux de débris végétaux mal triés ou trop humides.

La figure **108** donne trois exemples de répartition des pertes qui correspondent à un niveau minimum, à un niveau moyen et à un niveau maximum. Il s'agit là de moyennes obtenues à la suite d'essais menés par l'ITCF, afin de connaître les niveaux de pertes en fonction des conditions de récolte. On constate que les pertes en graines et en gousses imbattues ne représentent, au plus, que 0,5 % du rendement moyen, soit pas plus de 20 kg/ha au total. Par contre, des pertes beaucoup plus importantes se produisent au voisinage de la barre de coupe. A elles seules, elles peuvent représenter 5,2 % de la récolte potentielle (soit 220 kg/ha), alors que le total de toutes les pertes confondues atteint 5,7 % (soit 240 kg/ha).

On observe les pertes les plus élevées lorsque la récolte est plaquée au sol par les intempéries (jusqu'à 600 ou 700 kg/ha). Par contre, les pertes les plus faibles sont obtenues dans des parcelles où la végétation est saine, bien développée, dense et de maturité homogène, récoltée pendant une période de beau temps.

Si l'on est contraint de récolter en conditions d'humidité excessive, les graines, les gousses, les tiges vertes vont constituer, mêlées à la poussière humidifiée, une pâte hétérogène et tenace qui encrasse les organes de la moissonneuse-batteuse.

• L'ADAPTATION DES MOISSONNEUSES-BATTEUSES CLASSIQUES A LA RÉCOLTE DES POIS PROTÉAGINEUX :

La quasi totalité des pertes à la récolte se situant au niveau de la table de coupe, il importe de régler correctement les organes de coupe.

. Les organes de coupe et de ramassage :

- Les doigts releveurs :

Dans une culture presque toujours versée et enchevêtrée comme celle du pois, la présence de doigts releveurs permet la reprise des tiges au ras du sol et leur présentation correcte au niveau de la lame de coupe.

Le montage le plus courant consiste à placer les doigts releveurs avec un écartement de 23 cm, c'est-à-dire un doigt releveur tous les trois doigts d'une barre de coupe normale. Un montage plus serré conduit, en conditions humides, à des bourrages ; un montage plus espacé a par contre pour effet de diminuer l'efficacité de la reprise.

Selon les cas, les doigts releveurs peuvent présenter une pointe très effilée, en vue de limiter les bourrages ou une tige supérieure arc-boutée vers le bas, mieux adaptée à la reprise d'une récolte humide (fig. **109**). D'autres sont équipés de patins. Ces derniers leur permettent d'épouser étroitement les ondulations du terrain. D'autres encore sont téléscopiques afin d'atténuer l'effet de broche.

- Le rabatteur :

Dans le cas du pois protéagineux, le rabatteur ne sert que de manière occasionnelle, seulement pour prévenir un bourrage, en conditions humides, ou pour éviter que la masse végétale récoltée ne vienne s'accumuler sur le tablier de coupe, entre la barre de coupe et la vis d'alimentation, notamment dans le cas des tables de coupe longues.

Afin d'éviter d'accroître le risque d'égrenage, il convient d'observer les deux modes de conduites suivant :

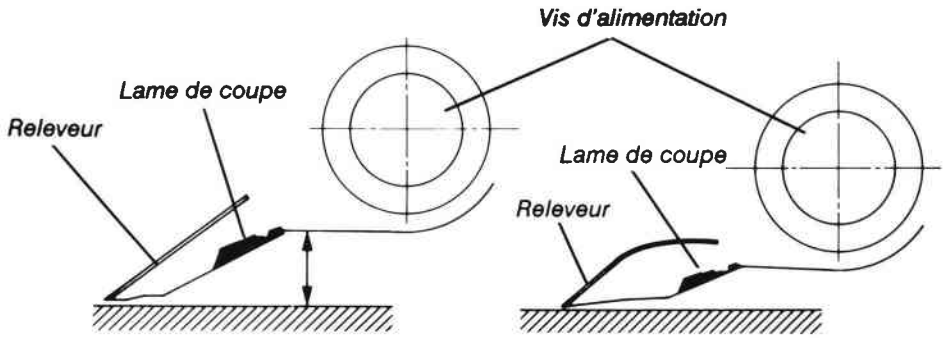


Fig. 109 — **Deux exemples de doigts releveurs oblique** (à gauche) **et profilé** (à droite).

- **en conditions sèches**, le rabatteur est placé beaucoup plus en avant, afin qu'il parvienne à bien décoller le tapis végétal, de façon à faire progresser la récolte nettement au-delà des releveurs,

- **en conditions humides**, il faut, au contraire, reculer le rabatteur, de manière qu'il puisse guider efficacement la récolte vers la vis d'alimentation.

L'inclinaison des peignes est dirigée légèrement vers l'arrière pour permettre de relever les tiges de pois. Elle ne doit pas être excessive, sinon elle entraînerait l'enroulement de tiges.

Notons qu'aux USA, certaines machines comportent des "**rabatteurs pneumatiques**". Il s'agit de diffuseurs qui projettent un puissant courant d'air devant la récolte, afin de pousser les graines sur la table de coupe.

- La vis d'alimentation :

En conditions sèches, adopter une vitesse réduite, afin d'éviter un battage prématuré des gousses et une accumulation de graines sur le tablier de coupe. Ces graines ne pouvant pas être reprises par le convoyeur principal, finissent par se concasser et retomber au sol.

- La vitesse d'avancement :

La vitesse d'avancement dans la parcelle doit être réglée en fonction du volume de récolte à absorber, de l'état du sol ou de la culture (sol mal nivelé, enherbement, verse plus ou moins accentuée,...) et de l'humidité.

Dans une végétation sèche, mais qui se tient bien, une vitesse rapide évite à la récolte de "dormir sur la lame". Cela permet de constituer un matelas végétal régulier qui fait écran aux projections de graines provoquées par la vis d'alimentation. Cette masse végétale entraîne avec elle les graines séparées prématurément.

Avec une végétation humide et plaquée au sol, la vitesse d'avancement est réduite.

Selon la direction de la verse, les difficultés sont plus ou moins grandes lorsqu'il s'agit de procéder à la reprise. Quand la végétation n'est versée que d'un seul côté, il est relativement facile de reprendre la récolte en moissonnant face à la verse ou encore légèrement en biais (30° environ).

Au contraire, si l'on travaille exactement dans le sens de la verse, la barre de coupe achève de plaquer les pois sur le sol et les releveurs aussi bien que le rabatteur, sont inefficaces pour redresser la végétation. Les pertes peuvent alors devenir considérables : plus de 50 % en travaillant dans le sens de la verse, contre 3 à 4 % lors d'une reprise face à la verse ou légèrement en oblique !...

. Les organes de battage :

Pour la récolte de pois protéagineux, les vitesses de rotation du batteur pratiquées varient de 12 à 15 m/s (380 tr/min environ pour un batteur de diamètre 60 cm et 640 tr/min pour un batteur de diamètre 45 cm).

Pour le battage du pois, le contre-batteur est équipé de joncs de gros calibre, écartés de 18 à 20 mm, avec un nombre de contre-battes inférieur à 10 (contre 10 à 15 en général). L'écartement batteur contre-batteur est compris entre 15 et 20 mm à l'avant et 8 à 20 mm à l'arrière.

Certaines machines disposent d'un contre-batteur polyvalent "céréales-pois-grosses graines" dont les joncs sont écartés de 13 à 15 mm (contre 8 à 10 mm dans le cas des céréales à paille).

. Les organes de séparation et de nettoyage ; la vis élévatrice et la trémie :

La séparation de la terre et des petits cailloux qui peuvent parvenir jusqu'au niveau des organes de séparation et de nettoyage pose un problème. Une solution véritablement efficace n'a pas encore été trouvée et il n'est pas rare qu'une récolte de pois protéagineux soit passablement sale. Tout réside dans les conditions climatiques, le choix des grilles et dans la bonne adaptation des réglages.

En conditions sèches, il est toujours possible d'éliminer la terre mêlée à la récolte. On ajoute alors à différents endroits des grilles amovibles, à trous allongés ou rectangulaires, disposées :

- sous le convoyeur,
- sous la vis convoyant le grain vers l'élévateur,
- au pied de l'élévateur à otons,
- sous la vis conduisant le grain à l'élévateur,
- au pied de l'élévateur à grain.

Par contre, quand la terre est humide et qu'elle s'accumule au pied de l'élévateur à grains, les palettes souples ne parviennent plus à nettoyer cette zone et l'engorgement provoque un blocage pouvant entraîner la rupture des chaînes de l'élévateur. Une palette métallique racleuse placée toutes les quatre ou cinq palettes normales peut pallier cet inconvénient.

La ventilation doit être assez forte, afin d'évacuer les gousses vides, les débris de tiges, la poussière et de manière également à dégager les grilles au maximum. Comme les graines de pois sont relativement lourdes, l'intensité de la ventilation a peu d'incidence sur le niveau des pertes en graines.

La grille supérieure, à lamelles, doit être réglée de façon que les graines ne traversent que le premier tiers de sa surface.

En conditions humides, la grille du type GRAEPEL (à trous oblongs) est intéressante, car elle ne retient pas les tiges ou les gousses, comme cela pourrait être le cas avec une grille à lamelles.

La grille inférieure doit être choisie de façon à ne pas recycler une trop grande quantité de produit, afin de limiter les retours vers le batteur, par le circuit à otons.

La vidange de la trémie réclame également quelques précautions, notamment lorsque le grain est humide. Il faut surtout veiller à faire tourner la vis de vidange à un rythme modéré, afin que les arêtes des spires ne cassent pas les graines.

La récolte des pois protéagineux est un travail pénible, notamment en raison de la poussière et du bruit intense. Une protection auditive (casque) est fortement conseillée.

Fig. 110 — **Récolte du pavot avec une moissonneuse-batteuse.**

• LA RÉCOLTE DU PAVOT-ŒILLETTE :

L'œillette est d'abord cultivée pour son huile : de toutes les plantes oléagineuses, c'est la plus riche en huile. Elle est aussi cultivée pour ses alcaloïdes, qui sont utilisés en pharmacie. Les graines contiennent de l'huile et les capsules des produits tels que la morphine ou la thébaïne, dont l'industrie pharmaceutique extrait la codéine.

La maturité est atteinte assez rapidement, quatre mois après le semis (fig. **110**).

La récolte se fait lorsque les graines deviennent brunes et cassantes. A ce stade, elles flottent librement dans leur capsule.

Le tiers supérieur de la plante est récolté vingt à vingt cinq jours avant la floraison avec une moissonneuse-batteuse parfaitement réglée, car l'industrie pharmaceutique a besoin d'un produit très propre, débarrassé de tous débris végétaux.

Le rendement atteint 10 à 15 q à l'hectare, avec des graines dont la teneur en huile est comprise entre 30 et 35 %. Des réglages particuliers doivent être effectués.

• L'ADAPTATION DES MOISSONNEUSES-BATTEUSES POUR LA RÉCOLTE DU PAVOT-ŒILLETTE :

. La table de coupe et les rabatteurs :

La table de coupe est réglée le plus haut possible, de manière à ne pas faire passer trop de tiges et de feuilles (fig. **111**).

Les différents réglages opérés sur le rabatteur sont presque identiques à ceux effectués pour les autres oléagineux décrits précédemment.

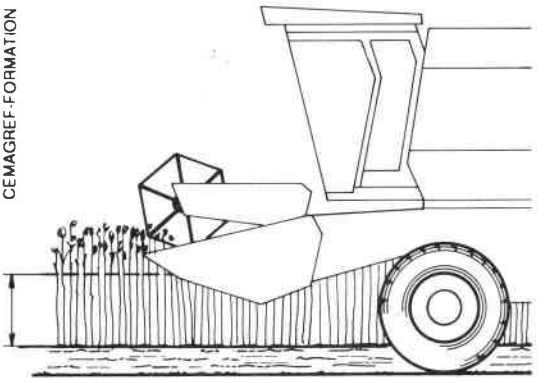


Fig. 111 — **Hauteur de coupe pour la récolte du pavot œillette.**

. Les organes de battage :

Les organes de battage ont comme fonction de détacher des tiges, les capsules et leurs graines. Pendant cette opération, il convient d'éviter de hacher trop de tiges ou de feuilles, afin que la séparation et le nettoyage puissent s'effectuer correctement.

Pour une machine donnée, le choix d'une certaine vitesse du batteur (15 à 20 m/s), dépend essentiellement du taux d'humidité atteint par les graines récoltées.

Lorsque les capsules traversent le batteur sans pouvoir être ouvertes et libérer leurs graines, on peut-être conduit à aveugler, au moyen de tôles rapportées, les zones qui se présentent en creux sur le rotor de battage.

L'écart entre batteur et contre-batteur ne doit pas être inférieur au diamètre que peuvent atteindre les tiges les plus grosses (environ 15 à 20 mm). Aussi, l'écartement à l'entrée est de 30 à 40 mm et celui à la sortie de 15 à 20 mm.

Il est possible d'utiliser des contre-batteurs de type "maïs".

. Les organes de secouage et de nettoyage (fig. **112**) :

La grille supérieure a pour rôle de rejeter vers l'extérieur les morceaux de tiges et de feuilles qui n'ont pu être éliminés au niveau des organes de secouage. Elle doit également permettre aux capsules et aux fragments de capsules de retomber sur la grille inférieure.

Les perforations de la grille supérieure ont un diamètre d'environ 20 à 25 mm s'il s'agit d'une grille à trous ronds ; s'il s'agit d'une grille de type GRAEPEL, les orifices oblongs seront plus grands (30 mm environ, dans leur grande dimension).

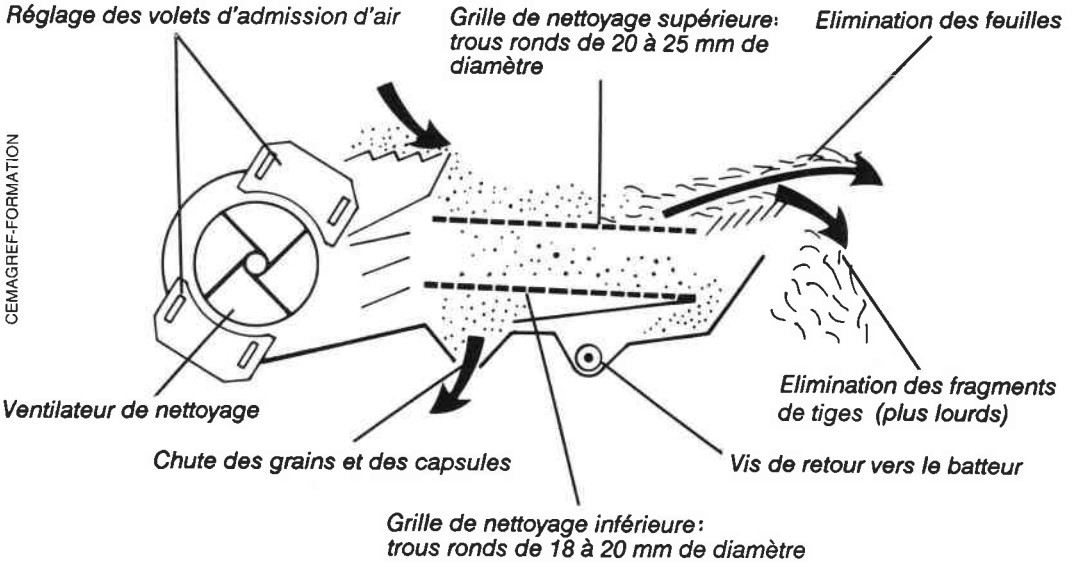


Fig. 112 — **Les organes de nettoyage pour la récolte de l'œillette.**

Pour récolter efficacement le pavot-œillette, il convient de recouvrir les peignes, placés en prolongement de la grille supérieure, avec un grillage. Une autre solution consiste à remplacer ces peignes par une tôle percée de trous ronds, d'un diamètre de 20 à 25 mm.

La grille inférieure de nettoyage est percée de trous ronds d'un diamètre de 18 à 20 mm (fig. **112**).

La grille inférieure constituant le dernier niveau du nettoyage, on considère que le mélange de capsules et de grains qui passe à travers cette grille ne doit pas contenir plus de 10 à 15 % de tiges, même si celles-ci se présentent sous forme de fragments de tailles diverses et souvent très petits.

Tous les réglages proposés, depuis la coupe jusqu'au nettoyage, représentent une valeur moyenne, purement indicative. Ces réglages peuvent, en fait, être modulés et même dans des proportions importantes, en fonction du type de moissonneuse-batteuse et des organes qui la composent, mais aussi selon l'état de la récolte (humidité, verse,...).

• LA RÉCOLTE DU SOJA :

Le soja est cultivé pour ses graines oléagineuses et ses tourteaux.

Dans le cas des variétés courantes, le cycle végétatif couvre 90 à 150 jours et la culture se pratique principalement, en France, dans les zones méridionales.

Quand la maturité du soja approche, les feuilles jaunissent et tombent rapidement. Ceci constitue un signal et la récolte peut commencer quelques jours après le début de la chute des feuilles. C'est en effet le stade où le grain devient libre dans sa gousse. Il est suffisamment dur (difficile à rayer à l'ongle) pour résister à la casse. Son humidité est alors comprise entre 12 et 16 %, au-delà, le produit est récoltable moyennant un séchage forcé. Des appareils destinés à accélérer la défoliation sont parfois utilisés.

• L'ADAPTATION DES MOISSONNEUSES-BATTEUSES POUR LA RÉCOLTE DU SOJA :

La récolte s'effectue sur pied, avec une moissonneuse-batteuse de type classique sur laquelle il suffit de procéder à quelques réglages particuliers.

Pour récolter toutes les gousses, il est nécessaire de couper à ras du sol, qui doit être parfaitement nivelé, dès la préparation du lit de semences.

D'autre part, il faut souvent adopter une vitesse d'avancement plus lente que celle pratiquée pour la récolte des céréales à paille de type classique.

. La table de coupe :

Pour faciliter la reprise, des doigts releveurs sont placés sur la barre de coupe et on dispose latéralement des diviseurs éventuellement complétés par des écarteurs. Selon les cas, il peut être utile de monter un tube épierreur qui joue également le rôle de "gouttière de récupération".

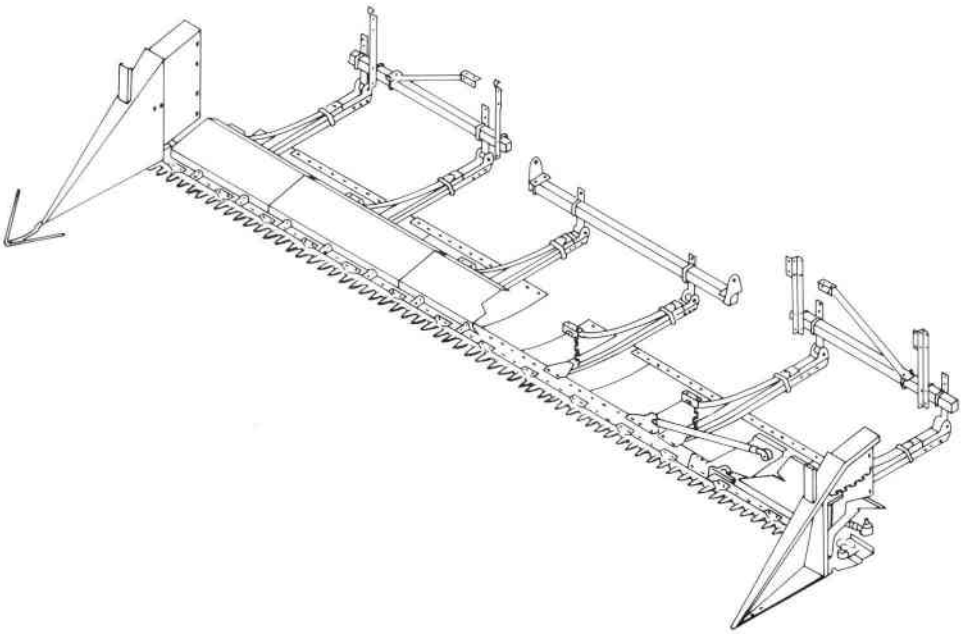


Fig. 113 — **Vue générale d'une barre de coupe flottante.**

Les constructeurs proposent en équipement optionnel une barre de coupe flexible (fig. **113** et **114**), indépendante de la table (Heniker, Love,...), qui permet de couper à ras du sol avec une pression d'appui contrôlée par une suspension.

. Les rabatteurs : afin de permettre une alimentation à un rythme régulier et pour réduire les pertes éventuelles au niveau de la barre de coupe, la vitesse périphérique du rabatteur est réglée exactement sur la vitesse d'avancement. Les griffes sont réglées de manière à travailler selon un angle aussi peu agressif que possible.

. Le batteur et le contre-batteur : le batteur est utilisé à faible vitesse (7 à 15 m/s). Le contre-batteur peut-être du type blé ou du type maïs. L'écartement entre contre-batteur et batteur est assez ouvert, de 20 à 25 mm à l'avant et de 15 à 18 mm à l'arrière.

. Les grilles de nettoyage utilisées sont, dans la partie supérieure, des grilles avec alvéoles (dont les diamètres vont de 15 à 18 mm), prolongées par des rallonges de caisson et, dans la partie inférieure, des grilles avec des trous de diamètre plus petit.

. La ventilation est orientée principalement vers l'arrière des grilles. Sa puissance n'est que les 2/3 ou les 3/4 de celle appliquée dans les caissons pour céréales à paille, pour une récolte sèche.

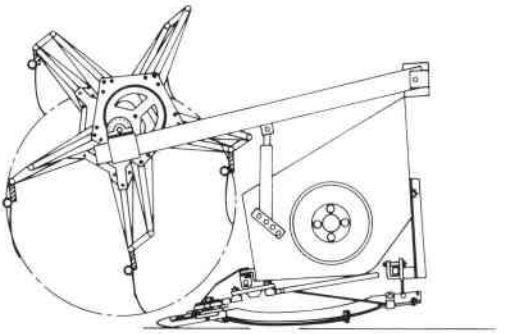


Fig. 114 — **Vue latérale d'une barre de coupe flottante et des rabatteurs.**

Selon les cas, pour améliorer le nettoyage, un rideau en caoutchouc peut-être disposé sur l'extension de la grille supérieure, afin de concentrer le courant d'air sur l'arrière de cette grille.

• LA RÉCOLTE DU TOURNESOL :

Le tournesol est récolté pour ses graines oléagineuses. Le semis se fait au début du mois de mai et, pour la récolte, on attend que les graines soient aussi sèches que possible. Selon les régions, la maturité s'échelonne entre 100 et 150 jours après le semis.

Quand on récolte du tournesol, plusieurs dispositifs particulièrement robustes sont nécessaires, dans la mesure où cette plante présente une longue tige ligneuse, très résistante, ainsi qu'un capitule de grande taille. Ce capitule a l'aspect d'une fleur volumineuse, relativement pesante, pour laquelle un égrenage spontané est fréquent. Cet égrenage risque de se déclencher au moindre traitement un peu brutal.

Le tournesol est également récolté en plante entière, comme fourrage, six semaines seulement après la première formation des capitules.

Les surfaces cultivées en tournesol ne cessent d'augmenter, en liaison avec le progrès génétique qui a permis une extension de la culture vers le nord et vers l'est, mais aussi à cause d'une meilleure connaissance des techniques de séchage et grâce à une bonne maîtrise des procédés de conservation.

La culture du tournesol se développe également parce que cette plante représente une excellente tête d'assolement. En effet, elle libère la sole assez tôt, laissant suffisamment de temps pour la préparer dans de bonnes conditions.

En outre, pour 25 qx de grains récoltés, la restitution à l'hectare peut atteindre :

- 50 kg d'azote,
- 25 kg d'acide phosphorique,
- 225 kg de potasse,
- 7 tonnes de matière sèche (soit l'équivalent de 1200 à 1500 kg d'humus).

Ainsi le tournesol constitue un bon précédent pour le blé. C'est aussi une culture qui nécessite peu d'investissements spécifiques en matériel et la récolte se fait au bon moment parmi les autres récoltes à effectuer. Elle s'insère notamment entre celle des céréales à paille et celle du maïs. Suivant que la variété est précoce ou tardive et selon, par conséquent, la date de semis et le climat de la région agricole considérée, la période de récolte va de fin août à début octobre. Cette récolte est réalisée à la moissonneuse-batteuse réglée de manière à ménager les grains, qui sont fragiles.

Les critères de commercialisation du tournesol sont fixées à :

- 10 % d'eau dans le grain,

- 40 % d'huile (au niveau du traitement industriel),

- 2 % d'impuretés au maximum.

La maturité physiologique est atteinte à partir de 15 % d'humidité, à un moment où :

. le capitule vire du jaune au brun,
. les fleurons des graines fécondées tombent d'eux-mêmes et découvrent les graines nues, non encore décortiquées,
. les feuilles du milieu et de la base de la tige sont desséchées avec, sur l'ensemble de celles-ci, environ les deux-tiers de feuilles déjà tombées.

Souvent commandée par la nécessité de libérer précocement la parcelle et par le souci d'éviter les inconvénients liés à une récolte tardive, une récolte trop précoce (à un moment où le taux d'humidité est compris entre 15 et 20 %) aura comme conséquence de réduire l'efficacité du battage et du nettoyage, par suite de l'afflux de "verts" qui vont engorger le batteur et même, à terme, réhumidifier les grains..., d'accroître le taux d'impuretés et d'entraîner des frais supplémentaires de séchage. En effet, pendant la phase de maturité, les grains peuvent perdre de 1 à 2 points d'humidité par jour, si, du moins, il fait beau. C'est alors autant d'économisé sur le séchage.

A l'opposé, une récolte trop tardive pourrait être préjudiciable au rendement, en particulier en raison des risques d'égrenage spontané, d'attaques par les oiseaux ou de l'apparition de pourritures sur les capitules.

En résumé, un tournesol est récolté normalement tant que son humidité ne dépasse pas 17 %. Quand ce taux d'humidité est dépassé, le battage devient difficile (avec de la casse et des bourrages). Au-delà de 20 % d'humidité, la manutention peut devenir aléatoire, notamment au niveau des vis sans fin d'alimentation et de convoyage, le produit devenant collant et hétérogène.

• LES ÉQUIPEMENTS SPÉCIFIQUES ET LES RÉGLAGES POUR LA RÉCOLTE DU TOURNESOL :

Pour la récolte du tournesol, il convient généralement d'adapter la table de coupe et de modifier les réglages de la moissonneuse-batteuse.

L'extension des surfaces cultivées en tournesol et la diversité des situations rencontrées (densités faibles ou fortes, variétés de taille réduite ou bien de taille plus élevée, verse fréquente, verse partielle ou absence de verse) ont conduit à mettre au point des équipements de coupe et de reprise très variés. Il est pos-

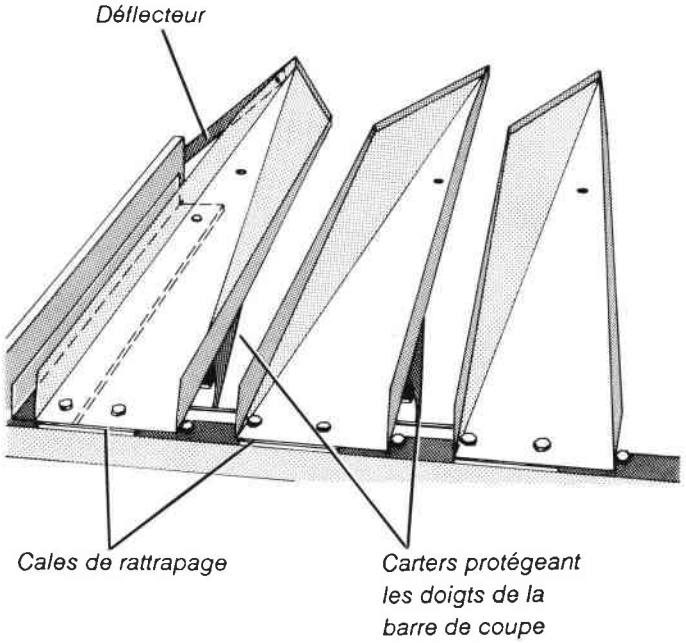


Fig. 115 — **Plateaux fixes pour la récolte du tournesol avec une barre de coupe.**

sible de les classer en trois catégories principales : plateaux diviseurs fixes à pointes symétriques et asymétriques, plateaux diviseurs à pointes articulées ou à pointes flottantes, tables de coupe à becs cueilleurs.

. Les diviseurs à plateaux fixes (fig. **115** et **116**) :

La solution la plus courante consiste à monter sur la table de coupe à céréales, juste en avant de la barre de coupe, des plateaux en tôle à bords relevés (sur une hauteur de 4 cm, afin de retenir efficacement les capitules et les graines). Ces plateaux sont tous de longueur égale (entre 130 cm et 150 cm) (fig. **116**).

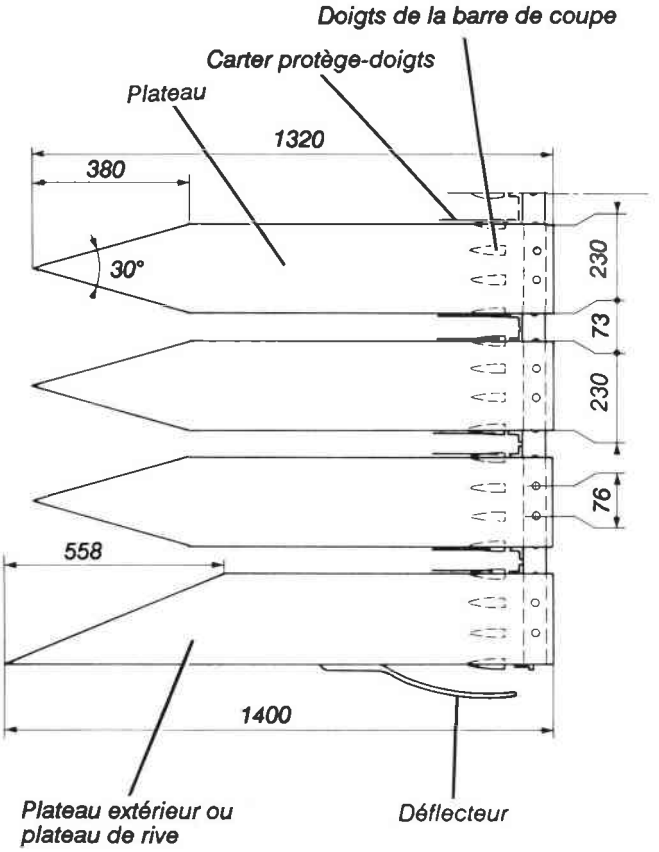


Fig. 116 — **Vue de dessus d'un montage à plateaux fixes.**

Le rôle des plateaux est aussi de guider, rang par rang, les tiges vers la barre de coupe. L'écartement entre les plateaux étant déterminé en fonction de l'écartement entre rangs. Chaque plateau recouvre, en largeur, 3 à 4 doigts de la barre de coupe, l'intervalle entre deux plateaux étant en correspondance avec un intervalle entre-doigts, afin d'éviter tout bourrage. L'efficacité des plateaux symétriques se limite à des rangs espacés de 0,45 m avec, sur la ligne, un pied tous les 30 cm, soit environ 75.000 pieds à l'hectare.

. Les plateaux diviseurs fixes à pointe asymétrique :

Appelés aussi plateaux "cuillère", leur extrémité en pointe asymétrique permet d'incliner toutes les tiges dans le même sens, en évitant qu'elles se croisent à l'entrée (parite gauche de la figure **117**). Ces plateaux sont mieux adaptés à la reprise facile des récoltes denses ou versées, particulièrement en travers des rangs.

Le pli médian des pointes asymétriques a pour rôle d'améliorer le passage des tiges entre deux plateaux.

La figure **117** permet de comparer le travail des plateaux asymétriques avec des plateaux symétriques traditionnels, dans deux cas d'implantation de la culture :

- un semis normal avec 0,55 m d'écartement entre rangs et un espacement de 23 cm sur la ligne,

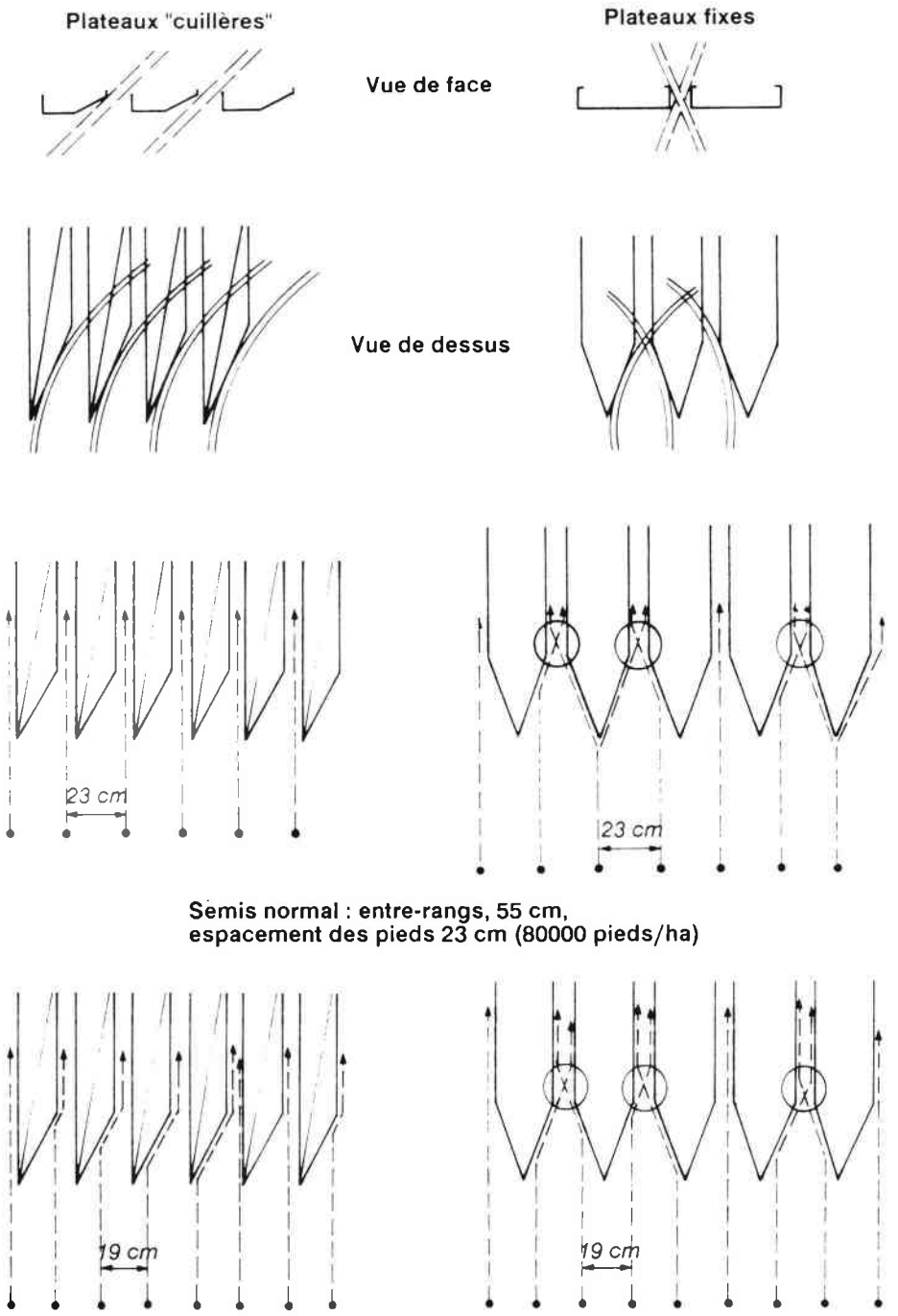


Fig. 117 — **Action comparée des plateaux "cuillères" et des plateaux fixes, en fonction de l'espace entre-pieds.**

CEMAGREF-FORMATION

- un semis dense avec 0,60 m d'écartement entre rangs et un espacement de 19 cm sur la ligne.

La longueur du plateau est fonction de la hauteur des tiges jusqu'au capitule ; elle dépend aussi des conditions de récolte. On a ainsi par exemple :

- des plateaux de 1,25 m pour des tiges de 1,50 m au maximum,
- des plateaux de 1,50 m pour les tiges qui dépassent, en moyenne, 1,50 m,
- des plateaux de 2 m, complétés par un bouclier (voir plus loin), lors d'une récolte sur coteau.

Avec ce type d'adaptation, les rabatteurs ne sont pas très utiles, car les tiges, saisies puis couchées entre les plateaux, sont conduites en direction de la vis d'alimentation.

Lorsque la récolte est partiellement ou totalement versée, il existe des systèmes simples appelés "relève- tiges" ; ils permettent de séparer et de redresser les tiges, afin que les capitules de tournesol soient correctement repris et dirigés entiers vers la vis d'alimentation, sous l'action du rabatteur.

Ces accessoires peuvent être mis en place rapidement en montage flottant (articulation à charnière et à ressort).

Le montage des "relève-tiges" se fait sur des plateaux courts. L'articulation flottante permet d'éviter la casse et l'extrémité en patin arrondi empêche le piquage des tiges ou même celui des capitules.

. Les plateaux diviseurs articulés :

Ce dispositif couramment utilisé consiste à équiper l'extrémité de chaque plateau d'une pointe à tête flottante. Cet ensemble permet de récolter à la fois les tiges droites et les tiges couchées, tout en suivant les irrégularités du terrain.

La pointe articulée est soit de forme triangulaire (fig. **118**), soit de forme conique (fig. **119**), afin de relever les tiges versées. Chaque pointe articulée est munie d'un patin en forme de spatule recourbée, afin d'éviter de piquer les tiges ou les capitules.

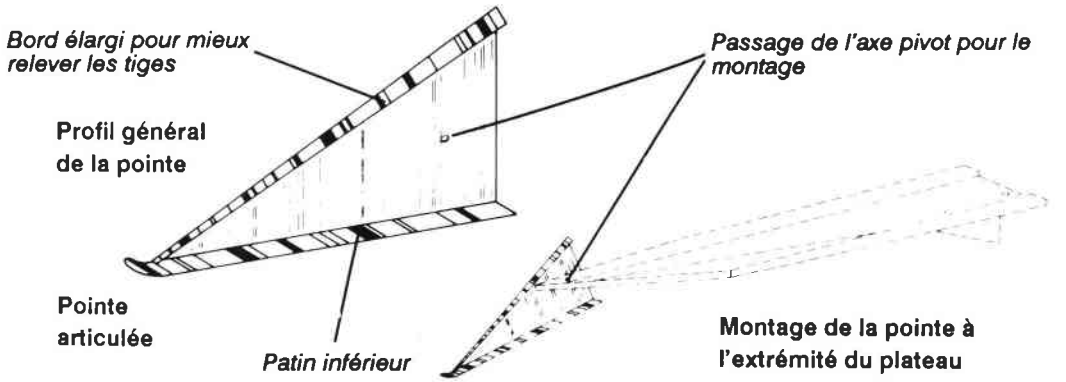


Fig. 118 — **Plateau à pointe articulée.**

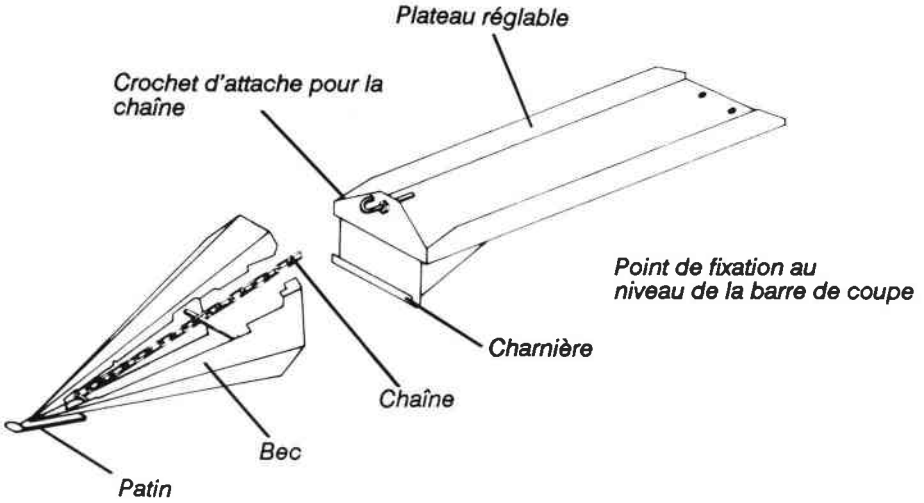


Fig. 119 — **Plateaux à becs articulés coniques.**

Pour faciliter "l'entrée" des tiges vers la barre de coupe, les plateaux articulés à bec en demi-cône flottant présentent généralement, une alternance de plateaux courts et de plateaux plus longs (fig. **120**).

. Les tables de coupe avec becs cueilleurs (fig. **121**) :

Les plates-formes de coupe mises au point spécialement pour la récolte du tournesol dérivent directement des ensembles cueilleurs à maïs. Equipées de becs cueilleurs "spécial tournesol", elles sont adaptables sur tous les modèles de moissonneuses-batteuses pour des largeurs comprises entre quatre et dix rangs. Elles ont été introduites, en France, à partir de 1983, sur des récoltes versées ou non versées.

Les becs cueilleurs sont équipés de pointes amovibles présentant un profil conique et montées sur des joints en caoutchouc qui leur permettent un guidage souple diminuant les risques d'égrenage au niveau de la coupe.

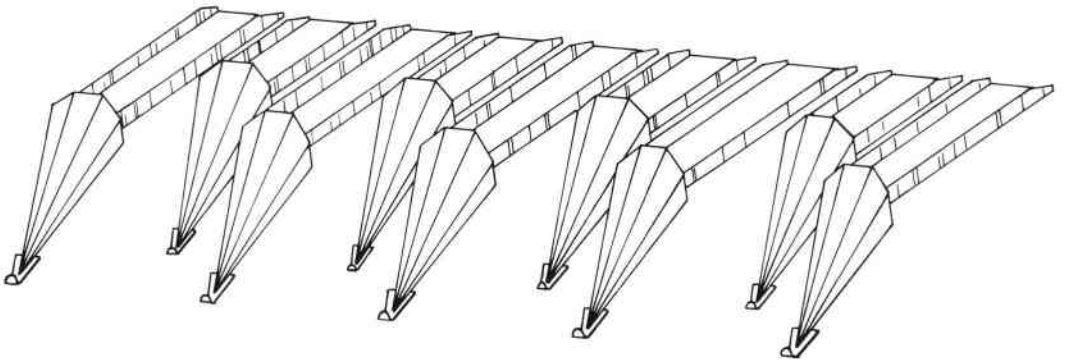


Fig. 120 — **Ensemble de plateaux tournesol à becs articulés coniques.**

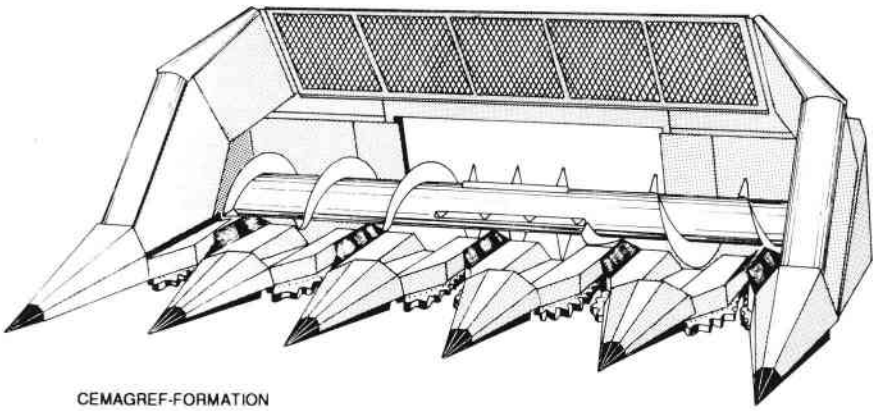


Fig. 121 — **Equipement cueilleur, spécifique, à cinq rangs, pour la récolte du tournesol.**

Des chaînes type "maïs" conduisent les tiges courbées en face des couteaux rotatifs chargés de les sectionner. Les capitules sont alors repris par la vis d'alimentation, classique, puis acheminés vers le convoyeur principal par l'intermédiaire de doigts escamotables. Comme pour les becs tournesol articulés à pointes coniques, le profil des capots est étudié pour récupérer un maximum de fractions de capitules susceptibles de retomber sur le sol. Par ailleurs, des diviseurs réglables, placés aux deux extrémités de la plate-forme de cueillette, réduisent les pertes sur les côtés.

Si le coût de telles adaptations est relativement élevé, le rendement obtenu et la qualité du travail peuvent en justifier l'utilisation pour la récolte de surfaces importantes.

Parmi les équipements spécifiques pour le tournesol, il convient de citer les cueilleurs (DARIO, FANTINI, CRESSONI), apparus en France en 1985.

. Les rabatteurs :

Le rôle du rabatteur est de coucher la récolte en direction de la vis d'alimentation, mais en attaquant les tiges avec précaution, afin d'éviter, autant que possible, que l'égrenage ne devienne excessif.

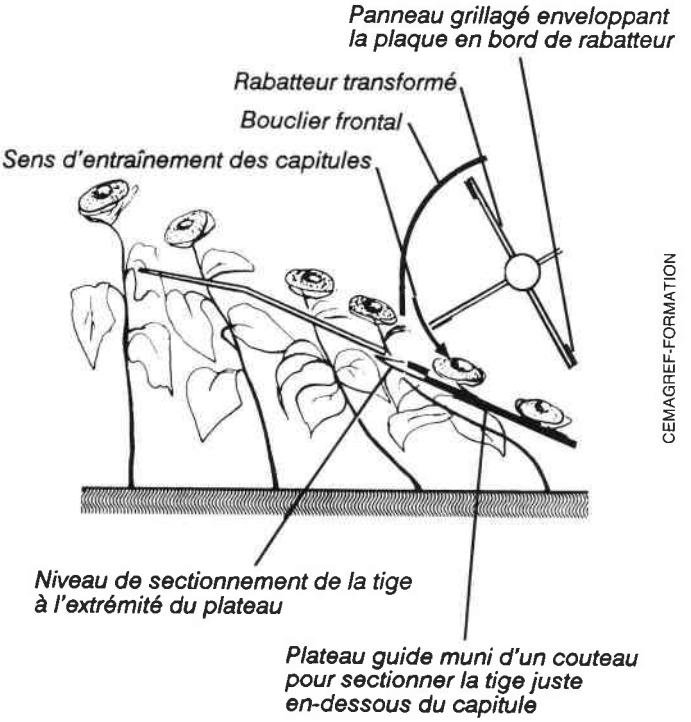


Fig. 122 — **Récolte du tournesol avec rabatteurs grillagés et bouclier frontal.**

Aussi, pour adapter un rabatteur à la récolte du tournesol, il convient de supprimer un peigne sur deux. Cette opération permet, dans une certaine mesure, d'éviter l'enroulement des tiges et de leurs capitules autour de l'axe du rabatteur. Chacun des éléments restant supporte un grillage en métal déployé robuste et suffisamment lisse pour que les capitules ne risquent pas d'être accrochés (fig. **122**). Une autre solution, représentée à la figure **123**, consiste à remplacer les griffes des rabatteurs à céréales par des panneaux grillagés ou en tôle.

Les flasques latérales du rabatteur peuvent être occultées par une tôle, de manière à faire écran à la masse végétale recueillie, sans risque d'enroulement.

Quant aux rabatteurs spéciaux pour le tournesol, ils sont le plus souvent constitués de trois pales convexes en tôle ou en grillage (fig. **124**).

. Le bouclier (fig. **122**) :

Il s'agit d'un bouclier grillagé qui a pour fonction d'incliner progressivement les tiges, afin qu'elles puissent être sectionnées le plus près possible du capitule. Ceci conduit à une réduction sensible de la masse végétale admise au niveau des organes de battage, ce qui a pour effet d'éviter les surcharges. Quand la récolte est humide, on obtient ainsi une diminution de la masse de "verts", qui risquerait de réhumidifier les grains récoltés.

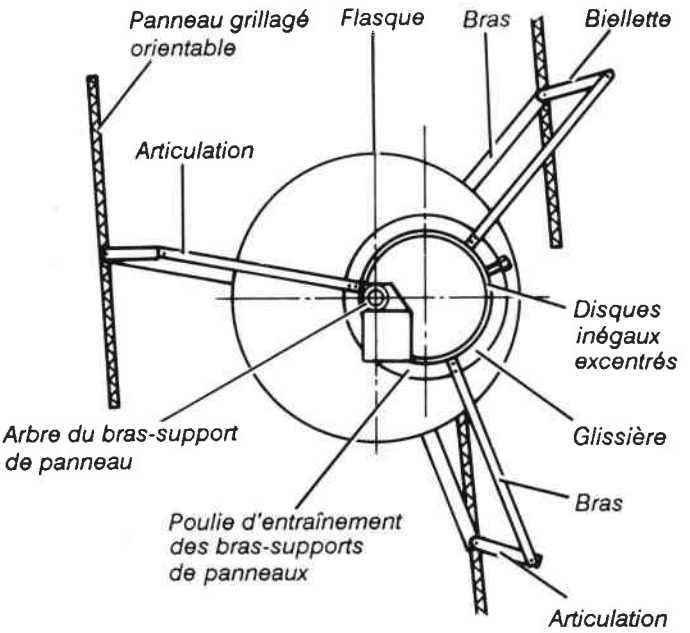


Fig. 123 — **Rabatteurs à panneaux parallèles, maintenus verticaux.**

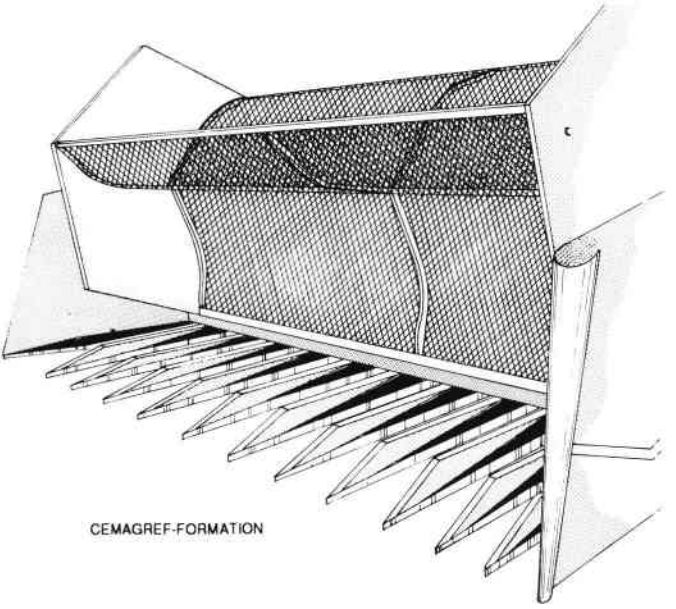


Fig. 124 — **Equipement tournesol avec plateaux à pointes asymétriques et rabatteur à panneaux grillagés**

La fixation du bouclier s'effectue au niveau des diviseurs ou, directement sur les supports du rabatteur. Dans ce dernier cas, il est plus facilement réglable en hauteur et vers l'avant.

. Le batteur et le contre-batteur :

Pendant leur passage dans les organes de battage et de nettoyage, les graines sont détachées du capitule, puis séparées des impuretés.

Durant la première étape, la traversée du batteur, ce dernier doit tourner assez lentement, afin qu'au début de l'égrenage, le capitule ne soit pas fragmenté en plus de deux ou trois morceaux ; un fractionnement plus important des capitules entraînerait l'écrasement de fragments qui seraient alors trop petits pour être séparés de manière efficace.

De plus, un régime trop élevé peut conduire à un décorticage prématuré des graines.

Selon le diamètre du batteur et le nombre de battes qui l'équipent, la vitesse de rotation n'a pas toujours la même incidence sur la qualité finale du battage. Ainsi, avec un batteur de 600 mm de diamètre, les vitesses de 200 à 400 tr/min (6 à 12 m/s) sont souvent pratiquées.

Le batteur peut être "aveuglé" par des tôles de protection placées entre deux battes successives et le contre-batteur être équipé d'une plaque de recouvrement (fig. **125**). Cet aveuglement partiel du batteur donne une plus grande efficacité à l'opération de battage et permet aussi de limiter les bourrages.

L'écartement du contre-batteur par rapport au batteur est le plus souvent à sa valeur maximale, afin que les capitules ne subissent qu'une friction qui suffit à extraire les graines de leur logement, tout en évitant de décortiquer leur enveloppe.

L'objectif est encore le même : obtenir, à l'arrière de la moissonneuse-batteuse, des capitules totalement égrenés, restant entiers ou fractionnés en deux ou trois morceaux tout au plus.

Selon les cas, on peut aussi, sur le contre-batteur, supprimer une barrette sur deux, toujours dans le but d'éviter un fractionnement excessif des capitules.

La mise en place d'une plaque sur l'avant du contre-batteur permet d'en rendre le bord d'entrée moins agressif pour la masse végétale arrivant à l'entrée du système de battage.

. Les grilles de nettoyage :

La grille supérieure de nettoyage est réglable de manière à rendre le tri plus efficace, tout en évitant un encrassement qui pourrait aller jusqu'au colmatage des orifices.

La grille inférieure n'étant pas toujours réglable, on choisit de préférence une grille avec des trous ronds de 10 à 12 mm de diamètre (les grilles à trous allongés sont, rarement utilisées) (fig. **125**).

Selon les cas, il est possible de mettre en place des grilles supplémentaires en "rallonge de caisson", de manière à obtenir un triage de meilleure qualité. Ce montage permet de limiter les pertes dans la partie arrière des grilles de nettoyage classiques, notamment lorsque la machine de récolte progresse avec une inclinaison importante (travail sur les pentes des coteaux).

Une toile arrière (fig. **125**) peut-être disposée de telle manière qu'elle fasse écran aux grains les plus légers chassés par la ventilation.

. La ventilation :

Le réglage de la ventilation se fait essentiellement en fonction de l'humidité des grains, qui sont plus ou moins lourds dans le flux d'air.

Le réglage porte sur l'importance du flux d'air et sa direction.

Seule une observation attentive de la qualité du nettoyage permet de doser correctement la ventilation, afin de parvenir à des pertes les plus réduites possible.

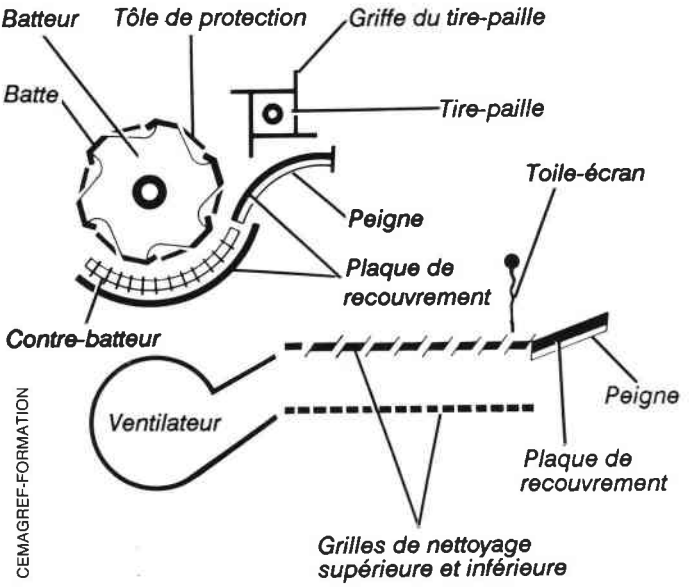


Fig 125 — **Adaptation des organes de battage et de nettoyage pour la récolte du tournesol.**

. L'entretien de la moissonneuse-batteuse à tournesol :

En dehors des opérations classiques et périodiques d'entretien, immédiatement après avoir récolté le tournesol, il est indispensable de procéder à un nettoyage complet de la moissonneuse-batteuse. Le traitement des capitules volumineux et de graines riches en huile a pour effet d'encrasser tous les organes de la machine. De plus, l'acidité des graines de tournesol peut entraîner une corrosion rapide. Il convient donc de nettoyer régulièrement la machine et de procéder en fin de campagne à un nettoyage à grande eau suivi d'un graissage général et d'un traitement anti-corrosion des surfaces métalliques à nu.

• LA RÉCOLTE DES SEMENCES :

Si la récolte des semences de céréales est relativement facile, celle des semences de graminées fourragères ou de légumineuses pose un certain nombre de problèmes, notamment lorsque les plantes présentent un feuillage abondant.

Récolter des semences consiste, en effet, à recueillir des organismes vivants destinés à transmettre un patrimoine génétique. Une semence est donc un élément fragile, particulièrement sensible aux chocs et à l'échauffement.

Il convient d'éviter, au moment de la récolte, l'accroissement des pertes de graines et surtout de maintenir une valeur biologique suffisante, qui se traduit par un pouvoir germinatif élevé : récolter trop tôt aboutit à collecter des graines non mûres et sensibles aux chocs ; récolter trop tard entraîne des pertes par égrenage.

Des semences de bonne qualité doivent se conserver, puis germer rapidement, dès qu'elles sont mises en terre.

Dans tous les cas et pour toutes les espèces, une bonne connaissance de la plante, de ses caractéristiques ainsi que des processus de fructification et de maturation, se révèle très utile pour raisonner les modalités pratiques de récolte. Il faut ainsi prendre en compte la répartition de la fructification sur chaque pied, l'échelonnement de la maturation, la sensibilité de la culture à la verse, à l'égrenage spontané ou provoqué par des chocs plus ou moins brutaux, etc.

De tels éléments permettent de choisir le stade à partir duquel on peut intervenir, mais aussi le type de réglage qu'il faudra adopter pour chaque machine de récolte.

La production de semence ne s'improvise pas du jour au lendemain. Depuis la mise en place de la culture jusqu'au stockage des semences en vue de leur conservation, toute une série d'opérations précises doit s'enchaîner.

En l'absence de précautions particulières, les pertes peuvent atteindre 30 à 50 % de la récolte. Il arrive parfois que celle-ci soit perdue à 100 %.

Pour des graines de petite taille et fragiles, toute négligence dans les réglages peut s'avérer préjudiciable.

Compte tenu de la très courte période de maturité optimale, pendant laquelle on bénéficie des meilleures conditions de récolte, la réussite de celle-ci suppose de bien connaître le matériel, de l'entretenir pour qu'il soit prêt à être mis en œuvre, de l'équiper des accessoires requis et de le régler, plusieurs fois si nécessaire, dans le champ lui-même.

Si tous ces principes sont respectés, la récolte peut-être mieux rentabilisée et de bonne qualité.

Précisons d'ailleurs que la production de semence s'inscrit souvent dans le cadre d'un contrat avec une firme spécialisée, avec un cahier des charges strict, incluant souvent les conseils et le mode opératoire à observer.

Etant donné que les graines de semences peuvent faire l'objet d'un nettoyage ultérieur, il convient lors de la récolte de privilégier les réglages qui les blessent le moins possible. Ne pas hésiter à surveiller constamment le produit qui arrive à la trémie en l'observant minutieusement avec une loupe, si nécessaire.

La Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences publie régulièrement des notes techniques concernant les réglages à adopter en fonction de la graine à récolter et de la marque de machine utilisée (se reporter à l'annexe "Adresses utiles").

• L'ADAPTATION DES MOISSONNEUSES-BATTEUSES POUR LA RÉCOLTE DES SEMENCES :

En dehors de l'utilisation de petites moissonneuses-batteuses spécifiques, l'emploi des moissonneuses-batteuses conventionnelles pour la récolte des semences fourragères

demande un certain nombre de précautions et nécessite plusieurs réglages de base. Ces réglages sont indispensables au niveau de la coupe, de l'alimentation ou du battage ; mais c'est toujours arrivé dans le champ et au cours de la récolte que l'on pourra les affiner, dans la mesure où une même espèce ou variété ne se récolte pas de la même façon selon que l'on passe d'un champ à un autre et même selon l'heure de la journée et l'ensoleillement.

La moissonneuse-batteuse peut-être utilisée en récolte directe ou en andain. Dans ce dernier cas, la récolte est préalablement fauchée au moyen d'une faucheuse-andaineuse. L'opération de reprise, puis de battage se fait avec un pick-up ramasseur d'andains fixé à l'avant de la moissonneuse-batteuse. Il faut attendre, pour cette reprise, que les graines soient mûres et bonnes pour être battues.

La figure **126** indique schématiquement comment s'opèrent le ramassage et la reprise de l'andain.

. La table de récolte :

Dans le cas d'une récolte directe, la barre de coupe est munie de diviseurs-souleveurs ou bien de plateaux-guides qui vont permettre, pendant la coupe, de réduire au maximum les pertes vers l'avant de la table de coupe.

Dans le cas d'une récolte fauchée et andainée au préalable, la barre de coupe est complétée par un pick-up adapté à la récolte des semences (fig. **126**). Plus large que l'andain, il peut le reprendre en totalité en le rassemblant et en dirigeant vers le convoyeur une grande partie des graines tombées par suite de l'égrenage.

La reprise peut s'opérer avec un tablier pick-up en toile. Ce tablier a une vitesse de défilement légèrement supérieure à la vitesse d'avancement de la machine de récolte (0,56 m/s pour le défilement et 0,50 m/s pour l'avancement, par exemple). La bande de toile comporte des dents inclinées jouant le rôle de griffes et le rabatteur pousse la récolte vers la vis horizontale d'alimentation.

Selon que l'on ramasse un seul andain central ou deux andains latéraux, le tablier peut comporter une ou deux toiles.

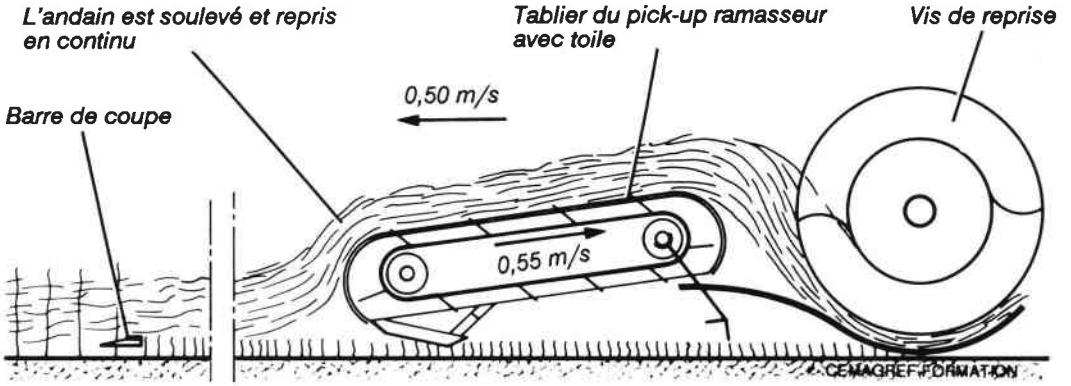


Fig. 126 — **Ramassage d'un andain de graminées.**

Récolte	Vitesse	Vitesse en m/s
Blé	rapide à très rapide	23 à 27
Seigle	très rapide	27
Orge	rapide à très rapide	23 à 27
Avoine	rapide à très rapide	23 à 27
Colza	moyenne	18 à 20
Sorgho	rapide	23
Tournesol	lente	15
Maïs	moyenne	19
Légumineuses	lente	13 à 15
Fétuque Dactyle (récolte directe)	moyenne à rapide	19 à 23
Ray-grass	moyenne à rapide	19 à 23
Tréfle - Luzerne	très rapide	27
Pois	lente	13 à 15

Fig. 127 — **Vitesses de batteur conseillées pour la récolte de différentes graines de semences** *(source FNAMS)*.

. Le batteur et le contre-batteur :

Pour obtenir la qualité de semence requise, il faut une rotation du batteur adaptée à la nature de la récolte et à l'humidité des grains (tableau de la figure **127**).

Parmi tous les réglages possibles, le tableau représente des valeurs moyennes, modulables selon les conditions climatiques.

Le montage d'un réducteur de vitesse sur la transmission du batteur est indispensable lorsque l'on doit obtenir des vitesses réduites (250 tr/min par exemple).

Selon les cas, il peut être nécessaire de procéder à "l'aveuglement" du batteur et d'une partie du contre-batteur par des plaques de protection.

Des plaques d'ébarbage, aveuglant partiellement le contre-batteur, sont utilisées pour l'orge ou l'escourgeon. Mieux vaut toutefois une semence partiellement ébarbée, mais conservant son intégrité physiologique, plutôt qu'une semence totalement ébarbée mais endommagée par cette opération.

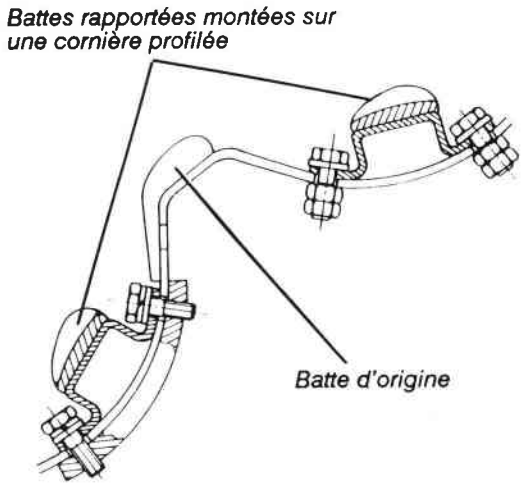


Fig. 128 — **Equipement spécial pour l'adaptation du batteur au battage de graminées.**

Type de récolte		Conditions de récolte		
		Normales	Humides	Très séches
Blé	AV	12 - 14	14	10 - 12
	AR	3	3	3
Seigle	AV	12- 14	14	12
	AR	3	3	3
Orge	AV	14	14 -16	10 - 12
	AR	3	3	3
Avoine	AV	16 - 18	16 -18	12 - 14
	AR	4	3	3
Colza	AV	16	16 - 18	20
	AR	4 - 5	3	4 -5
Sorgho	AV	12 ou +	–	–
	AR	3		
Tournesol	AV	30	–	–
	AR	18		
Maïs	AV	28 - 30	–	–
	AR	16 - 18		
Légumineuses	AV	18 ou +	–	–
	AR	6 - 8ou +		
Fétuque Dactyle	AV	16 - 18	–	–
(récolte directe)	AR	3 - 5		
Ray-grass	AV	12	–	–
	AR	2 - 3		
Tréfle - Luzerne	AV	6 - 10	–	–
	AR	1 - 3		
Pois à gros grains	AV	16 - 20	–	–
	AR	4 - 5		
Pois d'hiver	AV	12 - 14	–	–
	AR	3 - 4		

Fig. 129 — **Ecartements batteur contre-batteur, pour la récolte de différentes graines de semence** *(source FNAMS).*

Pour le battage des graines de graminées reprises dans un andain, le batteur est parfois équipé de battes complémentaires qui sont montées entre les battes d'origine (fig. **128**).

En ce qui concerne l'écartement entre contre-batteur et batteur, comme dans la plupart des cas évoqués, l'ouverture doit être la plus faible possible, à l'entrée comme à la sortie, afin de limiter au maximum la casse des graines (tableau de la figure **129**).

Type de récolte	Conditions de récolte		
	Normales	Humides	Très séches
Blé	8 - 10 - 12	10 - 12	7 - 8
Seigle	8 - 7	10	6 - 7
Orge	8 - 10 - 12 - 14	12	8 - 10
Avoine	14 - 16	16 - 18	12 - 14
Colza	4 - 5	5	3 - 4 - 5
Sorgho	8 - 10 - 12	–	–
Tournesol	12 - 14 - 16	–	–
Maïs	14 - 16	18 - 20	–
Légumineuses	14 à 30 év.	–	–
Fétuque Dactyle (récolte directe)	6 à 10	7 - 8	6 - 10
Ray-grass	4 - 5 - 6	–	–
Tréfle - Luzerne	2 - 3 - 4	–	–
Pois à gros grains	8 - 10	–	–
Pois d'hiver	10 - 12	–	–

Fig. 130 — **Calibres des grilles à utiliser pour la récolte de différentes graines de semence** *(source FNAMS).*

. Les grilles de nettoyage :

D'une manière générale, les dimensions des trous ménagés dans les grilles de nettoyage doivent être adaptées au traitement de chaque espèce récoltée (tableau de la figure **130**).

Les réglages concernent :

- la grille supérieure de nettoyage constituée par un tamis à lamelles réglables, dont l'inclinaison peut varier de 0 à 70°. Le réglage consiste à trouver un degré d'inclinaison tel que la graine passe tout juste entre deux lamelles,
- la grille inférieure de nettoyage, parfois à lamelles, sera alors réglée comme dans le cas précédent. En général, il s'agit plutôt d'une grille interchangeable dont les perforations devront être adaptées à chaque type de graine récoltée.

. La ventilation :

Son réglage est assez délicat dans la mesure où il est lié à celui opéré au niveau des grilles. Le but est de décoller, sur les lamelles, au moyen d'une ventilation suffisante, les impuretés qui pourraient gêner le passage des graines à travers la grille supérieure.

Les semences de graminées étant très légères, la ventilation doit s'opérer plutôt à faible débit (fig. **131**). Aussi les entrées d'air doivent être réduites et le flux d'air orienté vers le tiers arrière des grilles, afin d'agir de préférence sur les impuretés et les rejeter vers l'extérieur. Les volets de réglage d'origine peuvent être obturés partiellement.

En conditions humides, il peut être préférable d'orienter le courant d'air vers la partie centrale des grilles ou même vers l'avant.

Les pertes au nettoyage peuvent provenir autant d'un excès de ventilation que d'une ventilation insuffisante. Un excès de ventilation a notamment pour effet de rejeter les graines vers l'extérieur (au niveau de la grille supérieure) ou bien vers le circuit des otons (au niveau de la grille inférieure), avec le risque de provoquer une casse supplémentaire.

. La vidange de la trémie :

La fragilité des semences rend difficile leur manutention avec une vis de vidange classique. C'est pourquoi on emploie souvent un convoyeur à bande, qui est conçu pour être escamotable si nécessaire.

Les trémies dont les parois sont verticales et légèrement galbées, se vidangent plus facilement.

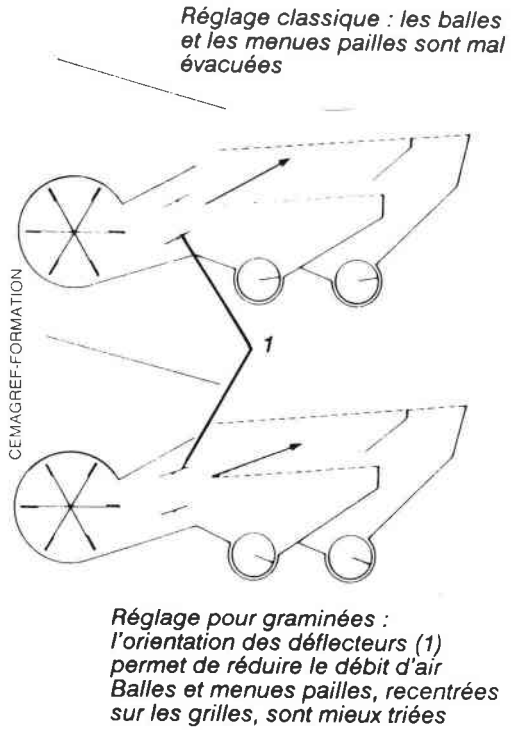


Fig. 131 — **Réglage de la ventilation pour le nettoyage des graminées.**

. La mesure du taux d'humidité :

Si la connaissance du taux d'humidité est très importante pour décider du meilleur moment de récolte, elle devient pratiquement obligatoire lorsqu'il s'agit de semences.

Le taux d'humidité atteint par les graines, mesuré avec une certaine précision, constitue le critère idéal lorsqu'il s'agit de déterminer le stade optimum de dessiccation.

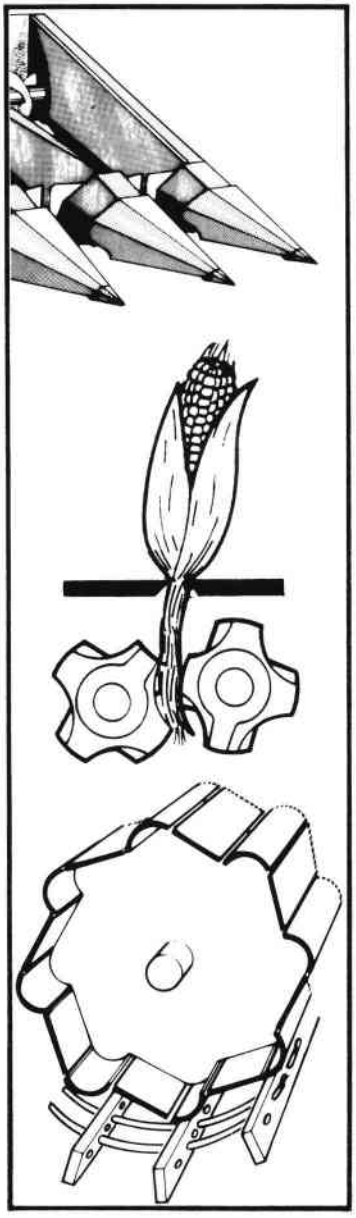
Pour la mesure de l'humidité des graines, on utilise soit les sytèmes d'étuves (étuve de Chopin par exemple), soit des appareils électroniques qui analysent l'humidité en mesurant la résistivité ou la capacité électrique d'un échantillon de produit.

De nombreux fournisseurs proposent des matériels portatifs, lors de leur utilisation, il convient de respecter le mode d'emploi et les procédures d'étalonnage.

Dans tous les cas, la prise des échantillons doit être réalisée avec soin, avec un produit propre recueilli en différents points de la parcelle, afin d'obtenir une valeur moyenne représentative.

LES ÉQUIPEMENTS POUR LA RÉCOLTE DU MAÏS

5



- La culture du maïs 145
- Les cueilleurs de maïs-grain à plaques 147
- La récolte du maïs-grain avec les moissonneuses-batteuses 153
- La récolte du maïs-grain avec les récolteuses-égreneuses 158
- La récolte du maïs en épis 161
- La récolte du maïs humide 165

Récolte de maïs-grain avec une moissonneuse-batteuse équipée d'un cueilleur à 5 rangs, *(photo John Deere).*

• LA CULTURE DU MAÏS :

Originaire d'Amérique centrale, le maïs est une plante annuelle qui présente un développement végétatif important. De ce fait, la masse végétale qu'il faut traiter avant de séparer le grain va occuper beaucoup de volume. Il a donc été nécessaire de mettre au point des techniques particulières pour la coupe, le ramassage, le convoyage et le battage.

Afin de conserver un rythme normal de croissance, le maïs a besoin d'eau en quantité suffisante. Il faut, par conséquent, souvent irriguer.

Culture en ligne, le maïs présente des tiges de section importante, avec une moelle interne humide et des nœuds multiples. Les plants sont hauts de 2 à 3 m et donnent 15 à 20 t/ha d'une matière cellulosique et ligneuse. Chaque épi a un point d'insertion sur la tige situé à une hauteur comprise entre 0,80 m et 1,50 m. L'ensemble possède donc une structure particulièrement hétérogène. Cependant, le rendement d'un maïs est élevé puisqu'il peut donner entre 70 et 110 q/ha de grain sec.

A maturité, la plante se présente sous la forme d'une tige allongée qui porte un ou deux épis bien développés. Lorsque le grain atteint un taux d'humidité qui le rend apte à être récolté, les feuilles, dans leur ensemble, sont sèches. Globalement, l'humidité varie de 32 à 38 %, selon les variétés cultivées. L'humidité optimale varie également selon les années et les régions, mais un taux trop élevé risque de poser des problèmes de conservation et le séchage représente toujours une dépense relativement importante.

L'épi porte les graines, étroitement solidaires de la "rafle", manchon alvéolé en cellulose. Des feuilles allongées, nervurées, appelées "spathes", enveloppent l'épi qui se termine par des stigmates ou "soies", formées en "toupet".

L'épi de maïs se détache assez facilement de la tige qui le porte, par contre, il est plus difficile de séparer les grains de la rafle.

Selon les régions, l'épi est appelé "pomme", "poupée", "panouille"...

Trois méthodes de récolte sont possibles :

- **la récolte directe en grains** avec un cueilleur-égreneur (ou "corn-sheller") ou, le plus souvent, avec une moissonneuse-batteuse équipée de becs-cueilleurs spécifiques,

- **la récolte en épis** avec un cueilleur-épanouilleur ou "corn-picker" suivie d'un séchage final en "crib" ; l'égrenage est réalisé ultérieurement à poste fixe chez l'exploitant ou à l'usine,

- **la récolte en plante entière**, pour être utilisé comme maïs-fourrage conservé en silo. Dans ce cas, la récolte s'effectue avec une ensileuse mobile ou "récolteuse-hacheuse-chargeuse".

Le maïs doux est une variété de maïs dont les grains sont destinés spécifiquement à l'alimentation humaine. Sa consommation ne cesse de se développer, en France et en Europe, avec la vogue grandissante que connaît son utilisation pour la préparation de nombreux types de hors d'œuvre ou de plats cuisinés.

. Les principales utilisations du maïs :

- L'alimentation animale,

- La transformation industrielle : amidonnerie, distillerie ou semoulerie,

- Les biotechnologies : à travers différents processus de fermentation, l'amidon peut être utilisé en chimie, en pharmacie, mais aussi pour des productions qui ne sont pas parvenues encore à un stade industriel et dont on pense qu'elles pourraient avoir, dans le cadre de certaines industries de pointe, un avenir prometteur. Ces procédés reposent essentiellement sur une transformation des hydrates de carbone, sous l'action d'enzymes ou de micro-organismes. D'autres débouchés sont envisagés dans la fabrication de matières plastiques.

A partir des années 1970, quatre facteurs ont joué un rôle essentiel dans l'augmentation de la productivité :

- l'amélioration de la plante grâce au progrès génétique, - le développement des réseaux d'irrigation,
- l'extension vers le nord de la zone de culture du maïs grâce à la sélection d'hybrides plus tardifs,
- l'emploi de techniques de production plus performantes, par suite des progrès intervenus en matière de préparation du sol, de fertilisation ou de mécanisation de la récolte.

Les hybrides présentent une plus grande homogénéité morphologique et résistent mieux à la verse. Cela permet d'accroître la densité de la culture et, finalement, d'obtenir des rendements élevés.

De plus, ces variétés utilisent plus efficacement les potentialités naturelles du milieu (sol et climat). Des variétés, très rustiques, peuvent réussir dans des milieux qui paraissent, a priori, comme peu favorables à la culture du maïs.

Ainsi, des hybrides sélectionnés en France ont remplacé les variétés américaines importées. Leurs rendements élevés et constants restent stables même les années défavorables. Aussi, sur une période relativement longue, le rendement moyen est passé de 22,50 q/ha en 1955, 39,10 q/ha en 1965, 53,30 q/ha en 1980, 71 q/ha en 1990 et pourrait dépasser 85 q/ha en l'an 2000.

. Les conditions de récolte :

Le choix d'une date de récolte, pour un maïs, résulte d'un compromis à trouver entre une récolte hâtive (qui diminue les risques d'égrenage, réduit la verse, mais conduit à des frais importants au moment du séchage) et une récolte tardive (qui permet d'obtenir une plus grande valeur commerciale et réduit les frais de séchage, mais aussi accroît le risque d'égrenage ou de verse, sans oublier les difficultés éventuelles pour entrer dans les champs).

Dans tous les cas, il est intéressant de récolter dès que la maturité est atteinte, car les pertes globales sont, en ce cas, moins importantes.

On considère que les migrations nutritives sont terminées quand l'humidité est comprise entre 35 et 38 % (pour les variétés précoces) ou entre 32 et 35 % (pour les variétés tardives).

Le signe le plus apparent de maturité est donné par les organes aériens de la plante, quand les feuilles et les spathes jaunissent et se dessèchent.

Par ailleurs, quand s'arrêtent les migrations d'éléments vers le grain, une couche cellulaire brune, appelée "point noir", se forme à la base du grain, au niveau où celui-ci vient se fixer sur la rafle. Il est difficile de tirer des conclusions fiables à partir de la formation de ce point noir, car il peut apparaître à différents moments, pour une plante considérée mais aussi parmi les grains d'un même épi.

Pour le maïs en grains, la récolte peut commencer dès que l'humidité des grains est comprise entre 32 et 36 %. Si les conditions climatiques le permettent, la récolte peut évidemment s'effectuer avec un taux d'humidité plus faible. La limite étant le risque de casse des grains au battage.

Toujours dans le cas de récolte en grains, l'ensemble des pertes cumulées ne représente qu'une faible proportion de la quantité récoltée : 3 à 5 % quand les conditions de récolte et de réglages sont bonnes ou assez bonnes, 8 à 12 % quand les conditions sont plutôt mauvaises.

Il s'agit surtout de pertes d'épis, au niveau des becs- cueilleurs (0,5 à 0,8 % environ), si la récolte est trop tardive ou bien quand elle s'opère dans des conditions difficiles ou de pertes de grains, toujours au niveau des becs-cueilleurs (de 0,8 à 1,2 % environ), par suite d'un égrenage mécanique, d'autant plus important que les grains sont plus secs ; les pertes au battage (grains imbattus ou cassés) sont souvent faibles.

• LES CUEILLEURS DE MAÏS-GRAIN A PLAQUES :

Les cueilleurs à maïs (fig. **132**) comprennent les éléments de la **tête de récolte** qui équipent les moissonneuses-batteuses et les corn-shellers. Ils sont généralement constitués de 4 à 6 éléments (exceptionnellement 8), chaque élément appelé bec-cueilleur correspond à un rang de maïs.

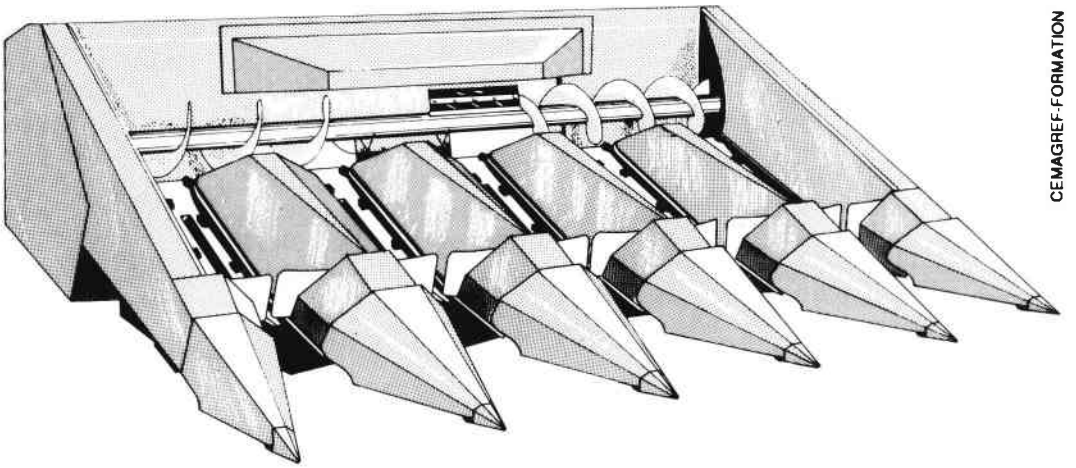


Fig. 132 — **Vue d'un cueilleur à maïs, à cinq rangs, adaptable sur moissonneuse-batteuse.**

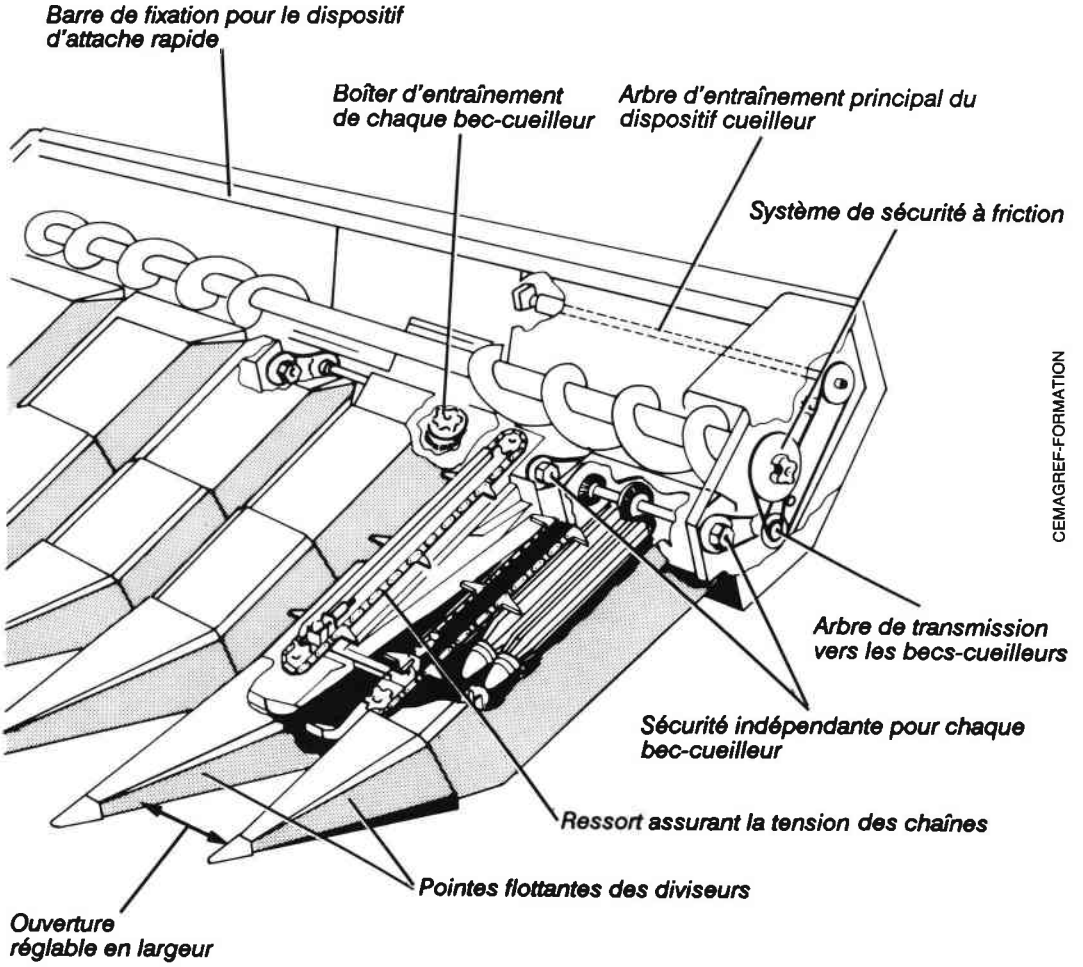


Fig. 133 — **Vue des organes et des transmissions d'un cueilleur à maïs.**

Le rôle des cueilleurs est de saisir les épis sans la tige, afin de ne traiter qu'une masse végétale limitée, comportant seulement les épis et leurs spathes.

Le dispositif de cueillette et de ramassage appelé cueilleur comporte des diviseurs dont les pointes flottantes suivent les ondulations du terrain. Ces diviseurs guident les tiges vers des chaînes ramasseuses parallèles (fig. **133**), munies de doigts (ou ergots). La récolte est conduite entre deux rouleaux preneurs qui sont situés juste en dessous des chaînes ramasseuses et dont la fonction est de tirer les tiges vers le bas et de provoquer l'arrachement des épis grâce à des plaques de séparation (fig. **134**).

Chaque bec-cueilleur comporte essentiellement (fig. **133** et **135**) :

. 2 diviseurs,
. 2 rouleaux preneurs profilés en pointe,
. 2 chaînes ameneuses ou cueilleuses, mobiles, munies de doigts,

. 2 couteaux débourreurs ou lames anti-enroulement,
. 2 plaques ou barres séparatrices réglables.

. Les diviseurs (fig. **133** et **135**) :

Ils sont constitués d'un carénage conique, lui-même composé de deux éléments en tôle profilée :

- un élément supérieur, amovible, qui vient recouvrir les organes de commande des chaînes et des rouleaux,

- une pointe flottante, dont la hauteur est réglable et dont l'extrémité suit le sol dans ses dénivellations, en relevant les tiges couchées. L'angle de chaque pointe par rapport au sol varie de 25 à 35°.

Certaines pointes flottantes sont équipées de plaques d'usure amovibles, que l'on peut remplacer si nécessaire.

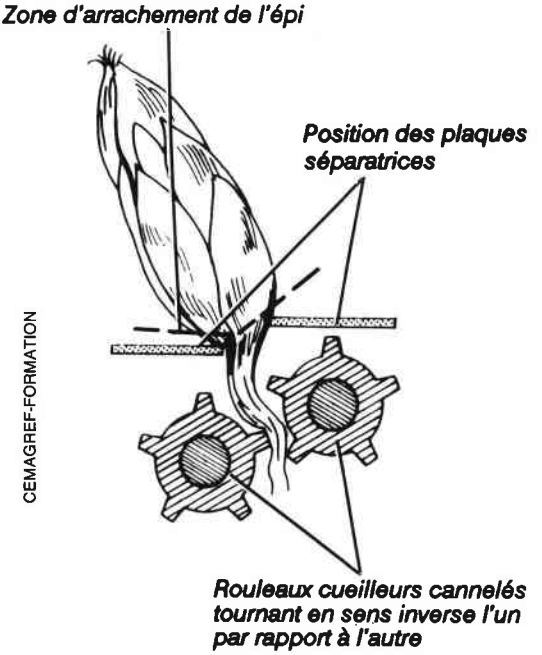


Fig. 134 — **Principe d'action des rouleaux cueilleurs et des plaques séparatrices.**

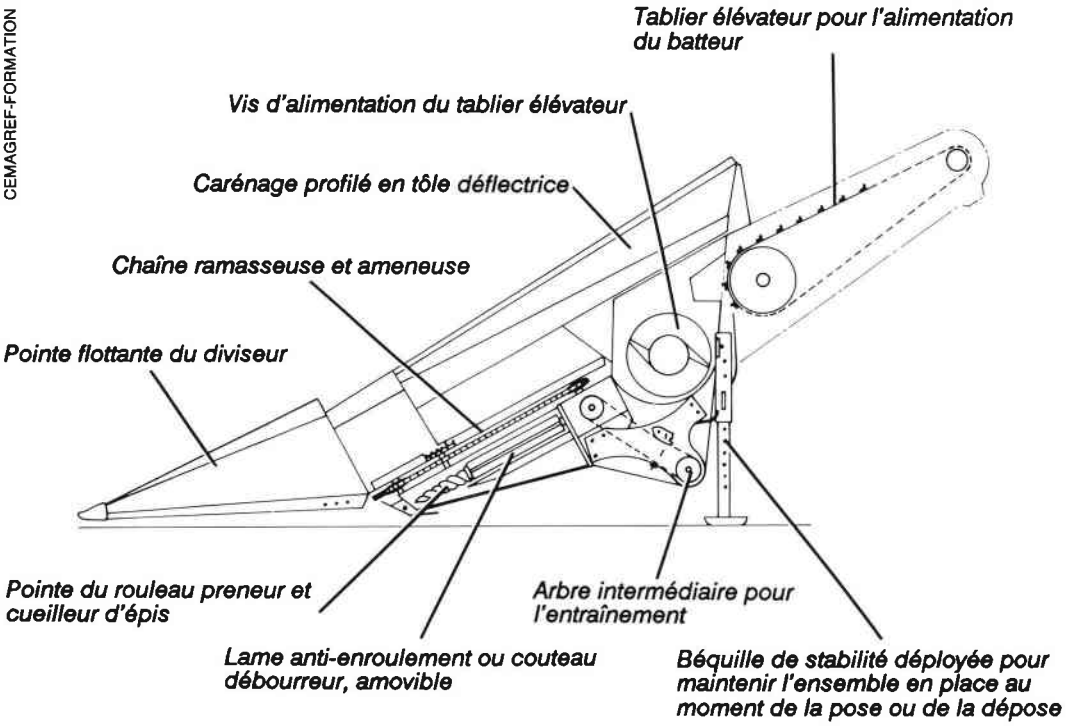


Fig. 135 — **Vue en coupe d'un bec-cueilleur de maïs.**

Selon les cas, l'écartement des becs-cueilleurs peut être modifié manuellement (65 à 85 cm environ).

Le montage articulé des pointes flottantes et le carénage amovible facilite les interventions d'entretien de réglage et de réparation au niveau des chaînes ameneuses et des rouleaux cueilleurs.

Des déflecteurs, dont l'ouverture est variable, sont montés au niveau des diviseurs latéraux extrêmes. Cette disposition permet d'écarter les tiges qui sont situées dans la bande destinée à être récoltée au tour suivant.

. Les chaînes ameneuses (fig. **133** et **135**) sont animées de l'avant vers l'arrière et remontent la récolte en dessous de chaque bec cueilleur. Elles sont équipées de doigts en acier espacés entre eux de 20 à 25 cm. Ces doigts ont pour fonction d'acheminer les tiges vers les rouleaux cueilleurs, qui transportent ensuite les épis détachés de leur tige vers le convoyeur. Les chaînes dépassent de 25 à 30 cm l'extrémité des rouleaux cueilleurs. Une telle disposition va permettre de mieux reprendre une récolte couchée et enchevêtrée, mais contribue également à réduire les risques de bourrage à la pointe des rouleaux cueilleurs.

La vitesse linéaire des chaînes est en général constante, mais doit rester supérieure à la vitesse d'avancement, ainsi qu'à la vitesse de préhension des rouleaux. Ceci est nécessaire pour éviter la casse des tiges au moment où celles-ci sont attirées puis couchées par les pointes de rouleaux, tout particulièrement en conditions sèches ou avec des tiges de maïs rendues fragiles par la présence de parasites.

Certains équipements, notamment ceux destinés à la récolte du maïs doux, comportent des doigts en caoutchouc, afin d'éviter de blesser les grains.

A la place de ces chaînes à doigts, certains becs-cueilleurs possèdent des vis sans fin montées par paire sous les couteaux débourreurs. Chaque élément d'une même paire tourne en sens inverse l'un par rapport à l'autre. Leur extrémité conique facilite un réglage établi en fonction de l'écartement entre les rangs de maïs.

. Les rouleaux preneurs : munis d'arêtes hélicoïdales, les rouleaux tournent en sens inverse, de manière à déplacer les tiges vers la vis d'alimentation, tout en les tirant vers le bas, afin de détacher les épis (trop gros pour passer au niveau des plaques de séparation).

La figure **136** montre une vue partielle du boîtier de commande et des rouleaux d'un bec cueilleur, dont les carénages ont été déposés.

. Le principe de fonctionnement des becs-cueilleurs (fig. **135** et **136**) :

En suivant les inégalités du sol, les pointes flottantes articulées des diviseurs relèvent les tiges de maïs pliées ou versées. Ces tiges sont ensuite canalisées par les diviseurs et amenées jusqu'aux rouleaux preneurs par les doigts des chaînes. Les rouleaux qui reprennent la récolte, sont protégés des enroulements de feuilles par l'action de deux couteaux débourreurs. Ils pincent les tiges et les tirent vers le bas (fig. **136**), tout en arrêtant les épis au niveau des plaques de séparation. Lorsqu'un épi de maïs arrive en butée sur les plaques de séparation, il est détaché de la tige qui est rejetée sous la tête de récolte par les rouleaux. Le réglage de l'écartement des plaques de séparation est très important ; il est établi de manière

à éviter que la base des épis ne puisse entrer (en principe) en contact avec les rouleaux, afin de limiter les risques d'égrenage prématuré.

Les deux rouleaux tournent en sens contraire à des vitesses périphériques comprises entre 5 et 6 m/s. Ils ont pour fonction, aidés en cela par les plaques séparatrices, de détacher les épis de leurs tiges et de rejeter ensuite ces dernières sur le sol. Le carter à bain d'huile renferme les engrenages coniques qui assurent l'animation des rouleaux et des chaînes.

Un couteau débourreur ou lame anti-enroulement est placé le long du rouleau cueilleur. Ce couteau permet d'éviter les enroulements d'adventices ou, éventuellement, de tiges de maïs très humides.

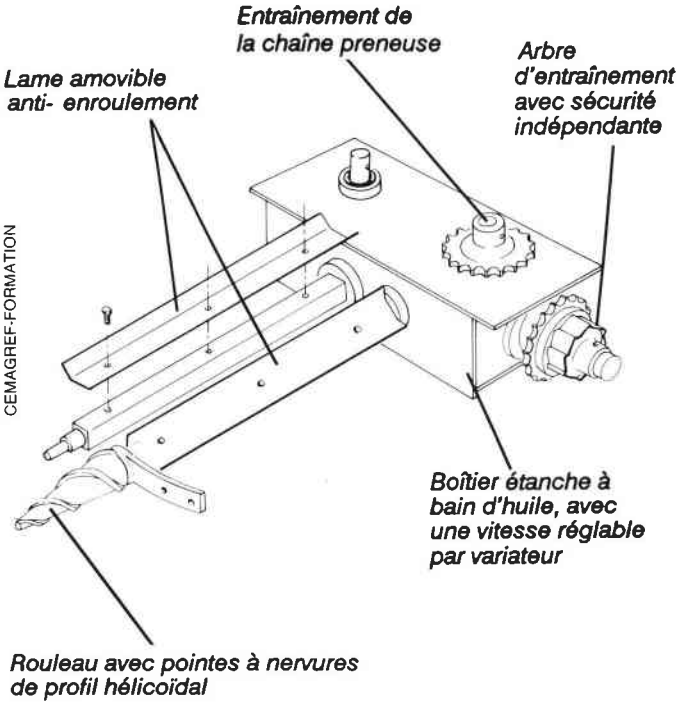


Fig. 136 — **Vue de la transmission des rouleaux-cueilleurs.**

Une fois cueillis, les épis sont repris et guidés par les doigts de la chaîne ou par les vis sans fin du cueilleur vers la vis transversale d'alimentation du convoyeur.

Dans certaines conditions de récolte (maïs versé, végétation abondante, rendement élevé), il peut s'avérer utile d'adapter, au centre de la vis transversale d'alimentation, des doigts spéciaux fournis par certains constructeurs.

Le convoyeur peut être doté d'un capteur actionnant un signal sonore avertissant le conducteur de la machine lorsqu'un bourrage ou corps étranger bloque son fonctionnement et déclenche le limiteur de couple.

L'entraînement du cueilleur et du convoyeur comporte de plus un inverseur de mouvement, afin de faciliter les opérations de débourrage.

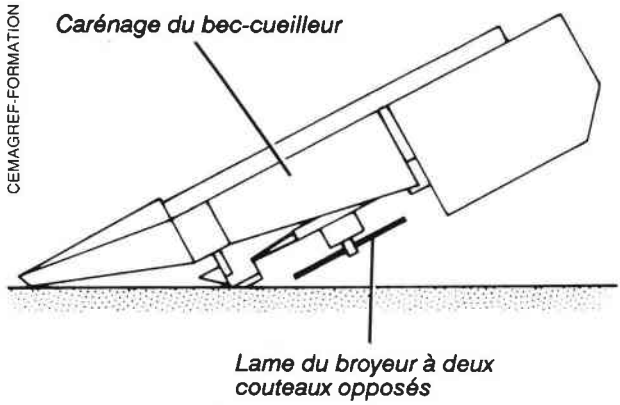


Fig. 137 — **Broyeur à axe vertical placé sous un bec-cueilleur.**

. Les broyeurs associés aux cueilleurs à maïs :

Selon les équipements, le broyage des tiges de maïs peut s'effectuer au moment de la récolte, soit par des rotors de broyage situés sous chaque élément cueilleur, soit par des rouleaux tronçonneurs.

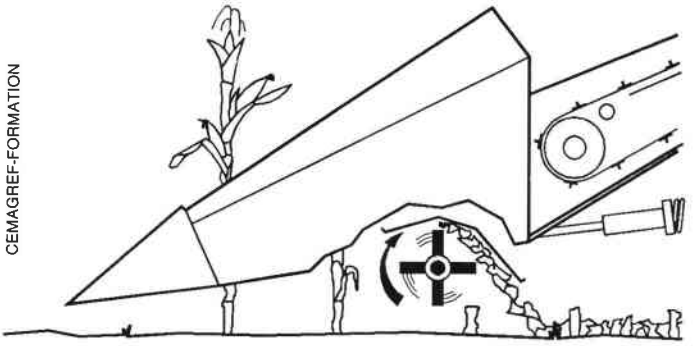


Fig. 138 — **Cueilleur à maïs avec broyeur de tiges à axe horizontal.**

- Les broyeurs rotatifs à axe vertical (fig. **137**) :

Ils sont constitués d'un axe vertical supportant des couteaux horizontaux fixes ou le plus souvent articulés. Chaque bec-cueilleur comprend un élément broyeur.

La vitesse des rotors est comprise entre 2.000 et 3.000 tr/min ; ils peuvent être débrayés séparément des organes mobiles du bec-cueilleur, afin de disposer d'un maximum de puissance pour la récolte.

- Les broyeurs rotatifs à axe horizontal (fig. **138**) :

Dans ce cas, à leur sortie des becs-cueilleurs, les tiges sont broyées par les fléaux d'un rotor situé sous la table du cueilleur.

- Les broyeurs à rouleaux tronçonneurs (fig. **139** et **140**) :

Plus récemment, les constructeurs ont développé des rouleaux cueilleurs à couteaux longitudinaux.

La figure **139** montre un dispositif dans lequel les chaînes cueilleuses guident les pieds de maïs entre les rotors. La vis sans fin située en tête de rotor engage les tiges entre des couteaux fixés sur toute la longueur de chaque rotor. La synchronisation des rotors

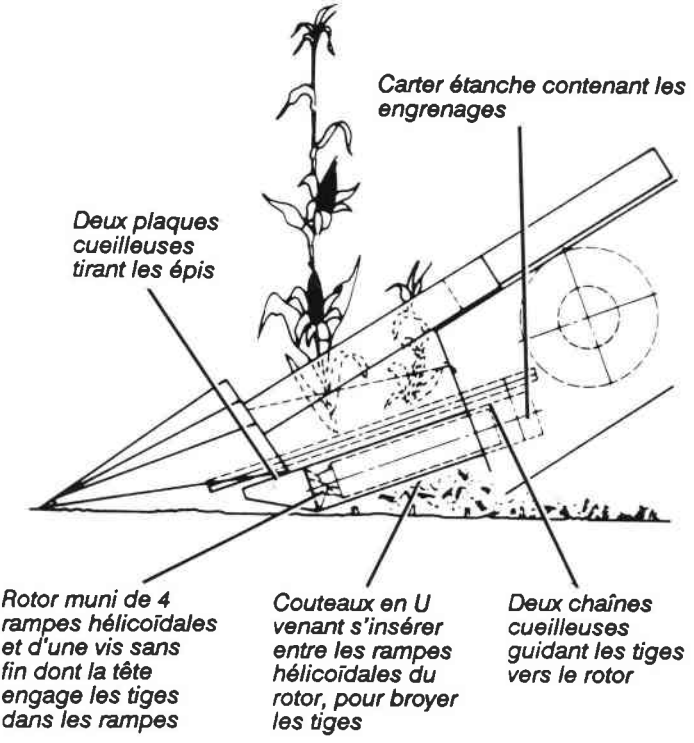


Fig. 139 — **Vue d'un élément cueilleur dont les rouleaux sont munis de couteaux-broyeurs longitudinaux.**

conduit à un effet de cisaillement des tiges de maïs qui sont alors tronçonnées de bas en haut. La figure **140** représente un système de broyeur comprenant des couteaux transversaux fixes, intercalés entre les éléments du rouleau cueilleur principal.

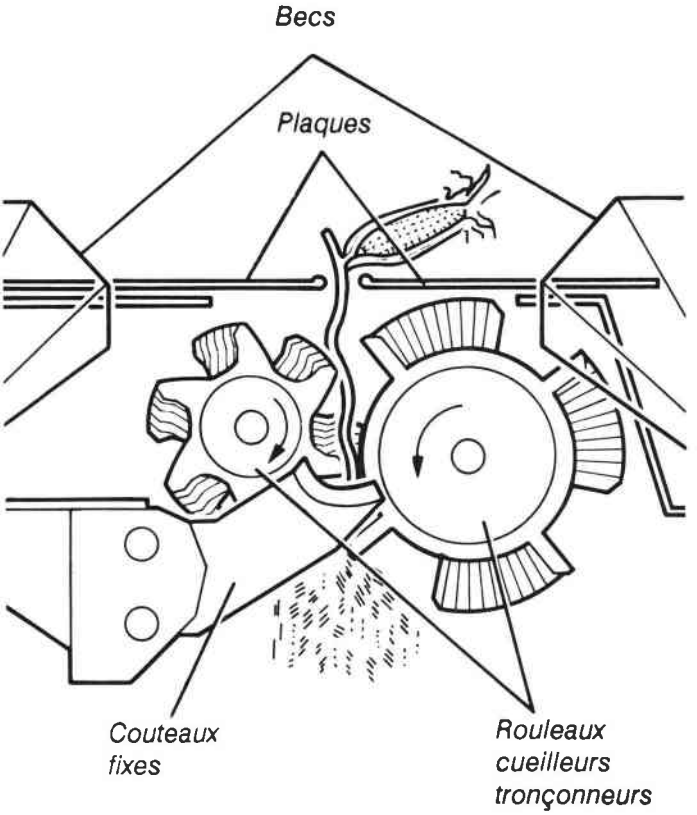


Fig 140 — **Principe du broyage de tiges de maïs avec des rouleaux tronçonneurs.**

• LA RÉCOLTE DU MAÏS-GRAIN AVEC LES MOISSONNEUSES-BATTEUSES :

Les moissonneuses-batteuses sont souvent utilisées pour la récolte du maïs-grain. La tête de récolte pour les céréales est alors remplacée par un équipement cueilleur décrit précédemment et des modifications sont apportées au niveau du convoyeur, du contre-batteur, du batteur et du tire-paille.

. Le convoyeur :

Le convoyeur pour céréales à paille présente un tambour avant monté flottant. Avec le maïs, il est parfois conseillé de brider la suspension qui supporte le tambour.

Compte tenu de la taille des épis du maïs, l'espace entre les barrettes et le fond du convoyeur est accru (35 mm environ). D'autre part, il convient de doubler le nombre des barrettes, afin d'assurer une montée régulière des épis vers le batteur.

. Le batteur :

Le batteur à maïs est aveuglé, entre les battes, par des tôles d'obturation (fig. **141**) qui évitent l'enroulement des spathes autour du batteur et le coincement des épis ou même leur passage à l'intérieur du tambour-batteur. Ces tôles évitent donc la casse de grains et leur éjection vers les secoueurs, sans passer par le contre-batteur. Certains constructeurs proposent, au lieu de tôles d'obturation, de placer une batte supplémentaire, entre les battes d'origine. La vitesse moyenne du batteur est comprise entre 15 et 17 m/s.

L'écartement entre contre-batteur et batteur détermine, en grande partie, la qualité du battage et le niveau des pertes sous forme de grains brisés ou d'épis incomplètement battus.

Il doit être plus important à l'entrée qu'à la sortie, dans le rapport de un à deux (30 à 40 mm à l'avant et 15 à 20 mm à l'arrière).

Des grains endommagés révèlent une vitesse de battage excessive. Quand des grains restent sur les rafles, c'est l'espacement entre batteur et contre-batteur qui est trop élevé.

L'écartement entre contre-batteur et batteur, ainsi que la vitesse du batteur sont deux facteurs étroitement liés. Une vitesse élevée et un écartement trop faible ont pour effet d'accentuer l'agressivité du battage. Si les réglages sont opérés dans l'autre sens, l'agressivité diminue.

Un principe essentiel est à retenir : la vitesse du batteur doit être la plus lente possible. Lorsque le volume de matière végétale admis au niveau du battage croît (récolte plus dense ou vitesse plus élevée), il convient d'écarter le contre-batteur du batteur tout en augmentant la vitesse de rotation du batteur.

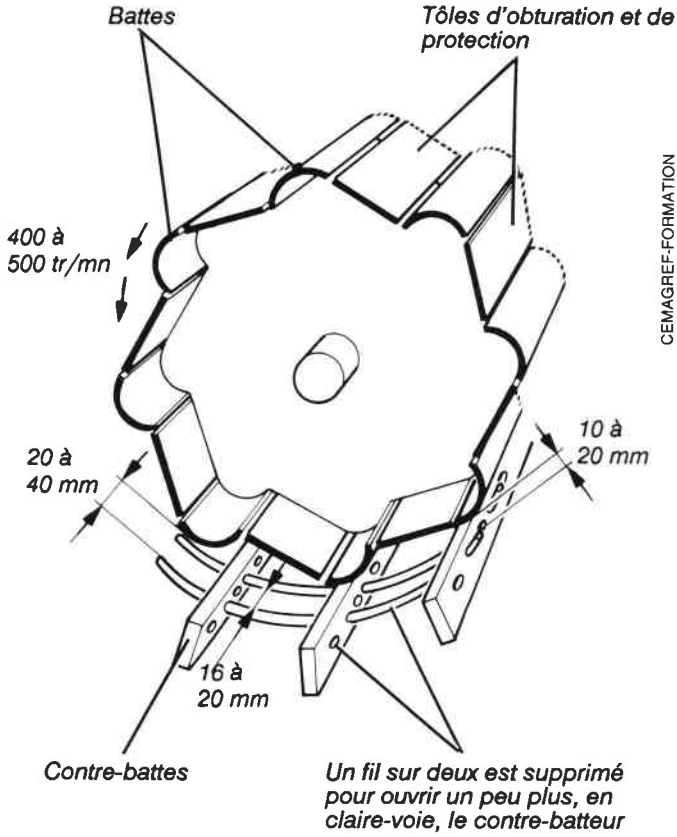


Fig. 141 — **Adaptations et réglages du batteur et du contre-batteur pour le battage du maïs.**

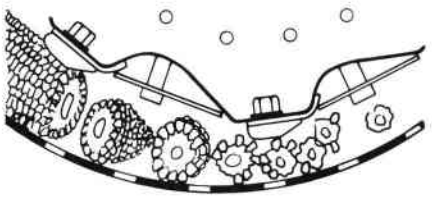
Le parallélisme entre l'axe du batteur et celui du contre-batteur doit être vérifié périodiquement, afin que le battage utilise toute la largeur de travail.

La figure **142** permet la comparaison entre le battage transversal et le battage axial :

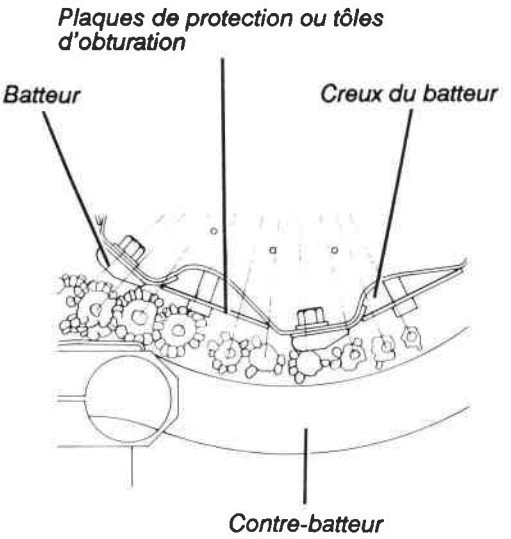
- avec un batteur placé transversalement (partie gauche de la figure **142**), les épis arrivent perpendiculairement au batteur et tendent à rebondir contre celui-ci, sous l'impulsion des battes. Ce n'est qu'après avoir été fractionnés en morceaux de diverses tailles que les épis sont finalement battus,

- avec un batteur axial (partie droite de la figure **142**), les épis arrivent parallèlement à l'axe du batteur. Par suite, sous l'action des battes et des plaques, ils se mettent aussitôt à tourner, ce qui facilite l'égrenage.

CEMAGREF-FORMATION



Batteur placé transversalement



Batteur axial

Fig. 142 — **Comparaison entre les systèmes de battage transversal et axial.**

Ainsi, un batteur axial tend à moins blesser les grains qu'un batteur transversal. De ce fait, il peut permettre de travailler correctement avec une humidité supérieure de 1 ou 2 points à celle préconisée pour l'usage d'un batteur transversal.

. Le contre-batteur :

Les grains de maïs étant plus gros que les grains de céréales, ils doivent pouvoir passer à travers le contre-batteur. Il est possible selon les cas, soit de conserver le contre-batteur à céréales en supprimant un jonc sur deux (fig. **141**), soit de monter un contre-batteur spécial maïs, dont l'écartement entre fils est plus large (18 à 20 mm contre 8 à 10 mm pour les céréales). Un contre-batteur pour maïs est plus "enveloppant" avec environ 160° d'arc, contre 100 à 120° pour les contre-batteurs céréales.

Les machines peuvent également être équipées d'un contre-batteur polyvalent qui convient aussi bien aux céréales à paille qu'au maïs : l'écartement entre fils est alors de 10 à 13 mm ;

- selon leur conception, les contre-batteurs neufs doivent parfois être "rodés" juste avant leur mise en place. Cette opération consiste à meuler légèrement les arêtes les plus agressives, afin de réduire la casse des grains lors du battage.

. Le tire-paille :

Lorsqu'il s'agit de récolter du maïs, le tire-paille est équipé de griffes spéciales recourbées.

. Les organes de séparation et de nettoyage :

Les organes de séparation et de nettoyage (secoueurs et grilles) ont pour fonction de retirer des grains le maximum d'impuretés (brisures, morceaux de feuilles de spathes et de rafles). Les secoueurs n'ont pas à subir de modifications particulières, à l'exception des éventuelles extensions (rallonges) qu'il convient de déposer, afin d'éviter le retour possible de débris vers la table à grain.

En ce qui concerne le choix des grilles, on supprime en général la grille supérieure à lamelles réglables et on la remplace par une grille à trous ronds de 16 à 18 mm ou, mieux encore, par une grille Graëpel (28, 32 ou 36 mm), qui présente l'avantage d'évacuer efficacement les débris vers l'extérieur de la machine. Quant à la grille inférieure, elle est à trous ronds de 12 mm environ, selon les variétés de maïs à récolter. Différents modèles de grilles sont représentés à la figure **143**.

En cours de récolte, l'état de propreté de la table de réception et des grilles doit être vérifié plusieurs fois par jour, de manière à éviter toute perte de grain à l'arrière de la machine. Dans le cas où des fragments de rafle parviendraient encore jusque dans la trémie, on place sous la première grille, une seconde grille, avec des trous ronds de 12 à 16 mm. Ce type de montage a pour effet de réduire le taux d'impuretés et la proportion d'imbattus, mais cela oblige à renvoyer au batteur, par le retour à otons, une quantité non négligeable de grains, ce qui accroît les risques de casse.

L'utilisation du retour à otons doit se faire avec mesure. Selon les cas, il est possible d'enlever la grille inférieure de manière à court-circuiter les retours d'otons.

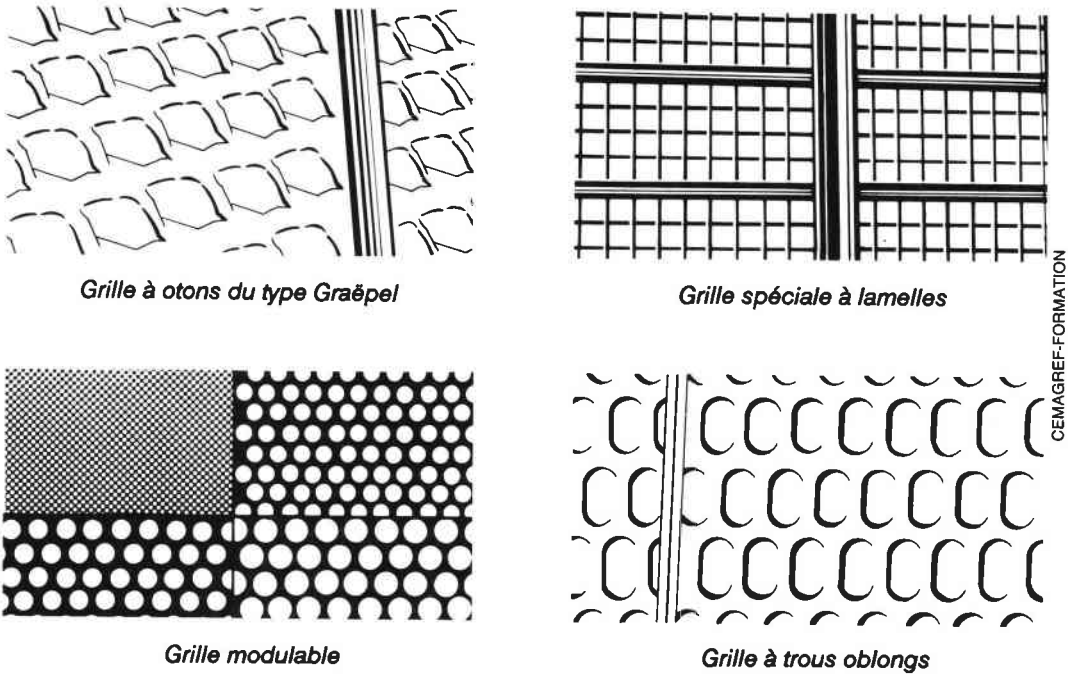


Fig. 143 — **Différents types de grilles pour la récolte du maïs-grain.**

Dans le cas du maïs, on règle presque toujours la ventilation à son niveau maximum, ce qui améliore la propreté du grain, tout en évitant l'encrassement de la grille supérieure.

Tous les réglages de la moissonneuse-batteuse doivent être contrôlés en permanence et adaptés, le cas échéant, aux caractéristiques de la récolte, lesquelles varient souvent en cours de parcelle.

Le tableau de la figure **144** résume les principales causes des pertes et les réglages concernés.

. La vitesse d'avancement :

Comme pour la plupart des réglages d'une moissonneuse-batteuse, le bon choix de la vitesse d'avancement est essentiellement une affaire d'expérience. Rappelons simplement qu'elle

Types de pertes	Localisation	Organe responsable et réglages
Épis	Cueilleur	• Cueilleur réglé trop haut • Pointes de diviseur mal réglées • Vitesse d'avancement trop importante • Vitesse des chaînes mal adaptée
Grains	Cueilleur	• Plaques cueilleuses trop écartées ou écartement des rouleux cueilleurs trop important
Grains	Système de nettoyage	• Grilles encrassées à nettoyer • Augmenter la vitesse du ventilateur • Modifier l'orientation du ventilateur • Grilles surchargées en grains : – adapter une grille de perforations appropriées – réduire la vitesse d'avancement • Récolte trop humide
Grains	Organes de battage	• Présence importante de petits morceaux de rafle: – diminuer la vitesse du batteur, – ou augmenter l'écartement batteur contre-batteur
Grains sur rafles	Organes de battage	• Augmenter la vitesse du batteur • Réduire l'écartement batteur contre-batteur
Grains cassés	Trémie	• Diminuer la vitesse du batteur • Augmenter l'écartement batteur contre-batteur • Maturité insuffisante • Éviter le retour des otons

Fig. 144 — **Localisation des pertes et conseils de réglages pour la récolte du maïs-grain** *(source ITCF et AGPM).*

dépend, pour une récolte donnée de la capacité de la machine et de la vitesse des rouleaux cueilleurs et des chaînes d'alimentation. Une vitesse d'avancement trop élevée peut conduire à l'arrachement des tiges, à des bourrages, à un battage et un nettoyage de mauvaise qualité.

Une vitesse trop lente, en revanche, amène les rouleaux preneurs à tirer trop fortement les tiges vers le bas, ce qui peut être la cause de chute d'épis entiers en dehors des becs-cueilleurs.

Une table de cueillette pèse environ 1.300 kg pour 4 rangs, 1.850 kg pour 6 rangs et 2.800 kg pour 8 rangs. Des masses d'équilibrage de différents types sont placées sur les roues à l'arrière de l'automotrice, afin de contrebalancer en partie le poids élevé de la table. Selon les cas, un vérin supplémentaire peut être monté à l'avant pour renforcer le relevage de base de la machine.

• LA RÉCOLTE DU MAÏS-GRAIN AVEC LES RÉCOLTEUSES-ÉGRENEUSES :

Les récolteuses-égreneuses de maïs, ou corn-shellers, sont des matériels automoteurs spécialisés, d'une conception comparable à celle des moissonneuses-batteuses à batteur axial équipées de becs cueilleurs.

Pour l'essentiel, un corn-sheller comporte des éléments cueilleurs analogues à ceux qui équipent les moissonneuses-batteuses (se reporter au chapitre : les cueilleurs à maïs), des organes d'égrenage (batteurs) et un système de nettoyage (fig. **145**).

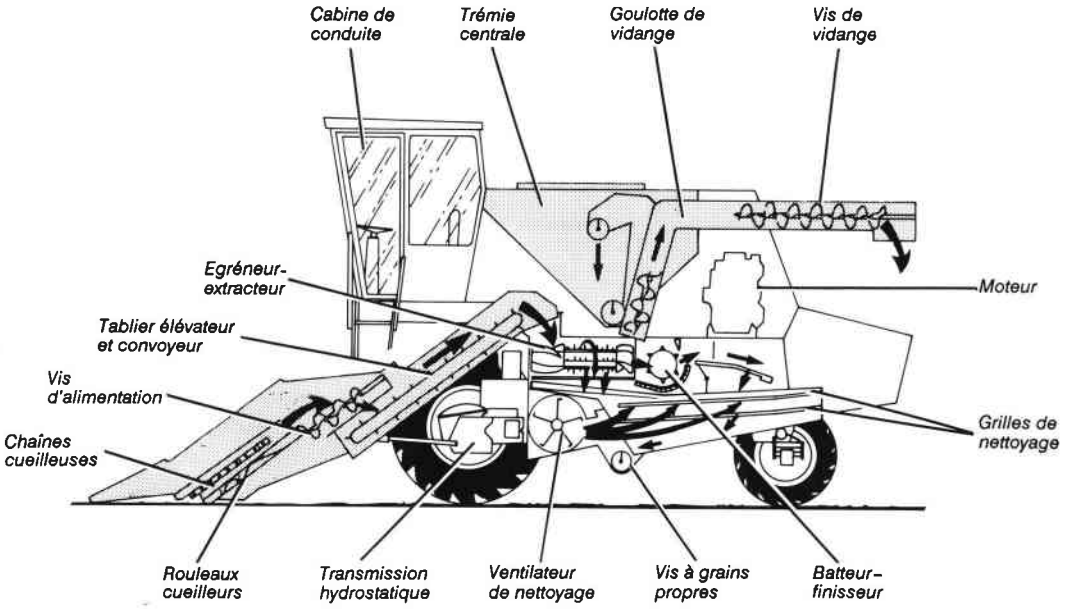


Fig 145 — **Vue en coupe d'une ramasseuse-égreneuse automotrice.**

. Les organes d'égrenage :

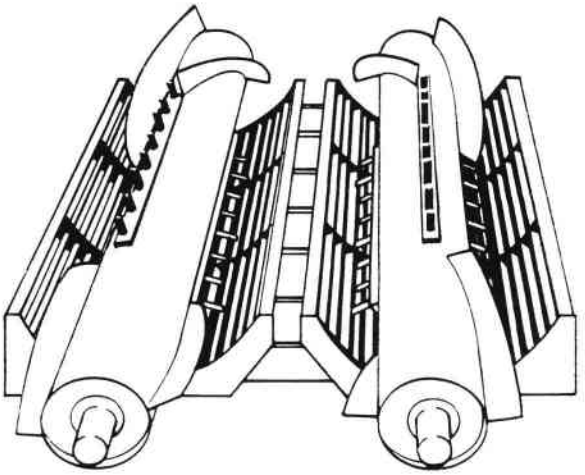
Selon les modèles de machine, il existe un ou deux batteurs parallèles. Des contre-batteurs, adaptés à chaque cas d'espèce, sont disposés contre le (ou les) batteur(s).

Qu'il y ait un ou deux batteurs parallèles, ceux-ci sont toujours disposés en long, dans le sens d'avancement de la machine (batteurs axiaux).

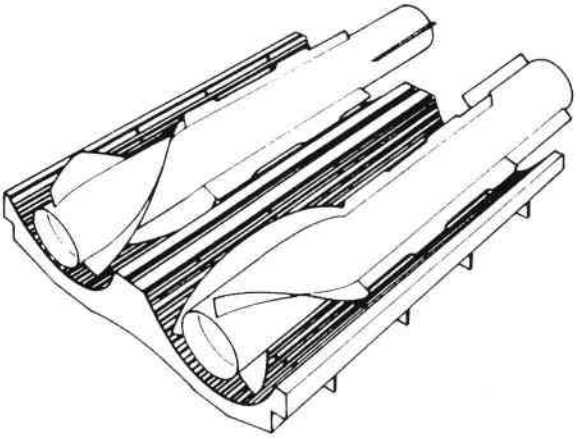
Chaque batteur présente des éléments en relief destinés à assurer l'égrenage. Selon le profil et la nature de ces éléments, on distingue les batteurs à dents et les batteurs hélicoïdaux :

- les batteurs axiaux à dents (fig. **146** en haut) : ce type de batteur axial possède des dents ou des pales alignées selon les génératrices d'un cylindre. Il tourne à l'intérieur d'un contre-batteur en cage cylindrique, constitué par une grille à barreaux parallèles. Les alignements de dents occupent la partie médiane du batteur, les extrémités comportent des pales hélicoïdales, de manière à faciliter l'égrenage des épis mais aussi l'admission et l'éjection des rafles à l'entrée et à la sortie du batteur.

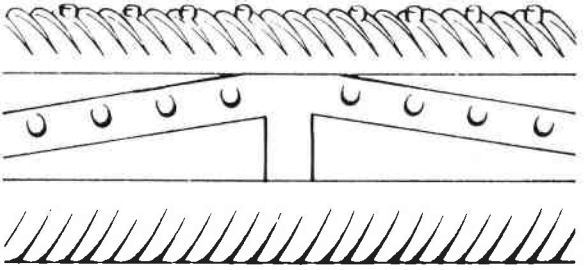
Les épis sont ainsi égrenés autant par l'effet des frottements qui existent entre eux que par l'action des dents du batteur ou de la grille du contre-batteur. Une trappe réglable permet de contrôler le flux des épis à la sortie, afin de les retenir plus ou moins et, de ce fait, améliorer la qualité de l'égrenage.



Cylindres axiaux à dents



Cylindres axiaux à hélices



Egreneur de finition, à dents

Fig. 146 — **Trois types de dispositifs égreneurs.**

CEMAGREF-FORMATION

- les batteurs axiaux hélicoïdaux (fig. **146** au milieu) : certains cueilleurs- égreneurs possèdent deux cylindres égreneurs, à mouvements opposés, munis de pales hélicoïdales dont le profil est discontinu. L'alimentation en épis des cylindres est assurée par une vis axiale ou latérale.

Les batteurs des corn-shellers (à dents comme à hélices) ont, en général, une longueur comprise entre 1 m et 1,30 m et un diamètre de 0,20 à 0,25 m. Leur régime de rotation peut varier entre 450 et 1.100 tr/min et les vitesses linéaires atteintes sont alors comprises entre 6 et 14 m/s. Pour moduler le régime de rotation, on utilise un variateur à courroie à commande hydraulique.

- l'égreneur de finition (fig. **146** en bas) : le batteur principal est parfois complété par un batteur de finition ou égreneur de finition. Il s'agit d'un cylindre à battes ou à dents, placé perpendiculairement à l'extrémité du batteur principal. Son rôle est de procéder à l'extraction des grains qui peuvent encore rester sur les morceaux de rafles déjà traités.

. Le système de nettoyage :

Placé à la suite des organes d'égrenage, il comporte essentiellement des grilles animées d'un mouvement alternatif rapide et soumises à l'action d'un courant d'air produit par un ventilateur de nettoyage.

Le courant d'air entraîne les spathes, les impuretés et les débris de rafles vers l'extérieur de la machine.

Les morceaux de rafles qui contiennent encore des grains sont trop lourds pour être expulsés par le courant d'air. Ils sont alors renvoyés au système de battage-égrenage où ils vont être battus une seconde fois. Le grain récupéré à travers les grilles de nettoyage tombe dans un auget pour être repris par une vis sans fin, puis un élévateur pour être dirigé vers la trémie.

Les opérations de nettoyage du maïs, effectuées dans des conditions normales sont moins délicates que pour les céréales à paille. En effet, au niveau du batteur, un cueilleur-égreneur admet seulement des épis de maïs avec leurs spathes, mélangés à quelques débris végétaux. L'absence de paille évite une opération complémentaire de séparation et donc la présence des secoueurs.

- la grille supérieure de type Graëpel, avec des trous oblongs de 28-32 mm ou 28-36 mm, fonctionne comme un secoueur en permettant ainsi la récupération des grains encore mélangés à de petits fragments de rafles ou de spathes ;

- la grille inférieure avec des trous ronds de différents diamètres (12, 14, 16 ou 18 mm) est traversée par le courant d'air du ventilateur de nettoyage. Cette grille reçoit, en dernier lieu, les grains issus du battage mais également divers petits débris végétaux ainsi que des morceaux de rafle qui peuvent provenir de l'égreneur de finition.

Selon la puissance du matériel de récolte utilisé, la surface des grilles de nettoyage varie entre 1 m² et 1,60 m² (par rang de maïs). Cela signifie que la surface totale des grilles affectées au nettoyage peut atteindre 6 m² et même 8 m² pour des matériels qui disposent de 4 à 6 becs-cueilleurs.

Les récolteuses-égreneuses sont des machines moins complexes que les moissonneuses-batteuses. Les réglages sont plus faciles à opérer. S'ajoute à cela un meilleur comportement lorsque la récolte est particulièrement humide. N'ayant pas la polyvalence des moissonneuses-batteuses, les cueilleurs- égreneurs sont principalement utilisés dans les régions où est pratiquée la monoculture du maïs ou pour la récolte de surface importante (grandes exploitations, entreprises, CUMA,...). Ceci explique le nombre limité de ces matériels en service.

Bien que la récolte du maïs avec une moissonneuse-batteuse puisse être, pour celle-ci, la cause d'une usure plus accentuée, cette solution est rentable, car la plus longue durée d'utilisation dans l'année compense la diminution de la durée de vie du matériel. La période d'amortissement de la machine se trouve automatiquement raccourcie.

- **LA RÉCOLTE DU MAÏS EN ÉPIS** :

Effectuée avec des corn-pickers tractés ou automoteurs, la récolte du maïs en épis consiste successivement à détacher les épis de leur tige, à les extraire de leur enveloppe (dépanouillage), à les stocker dans une trémie et à les transférer dans les remorques affectées à leur transport.

La récolte du maïs en épis est limitée aux exploitations qui pratiquent le séchage en cribs ou qui récoltent des semences de maïs.

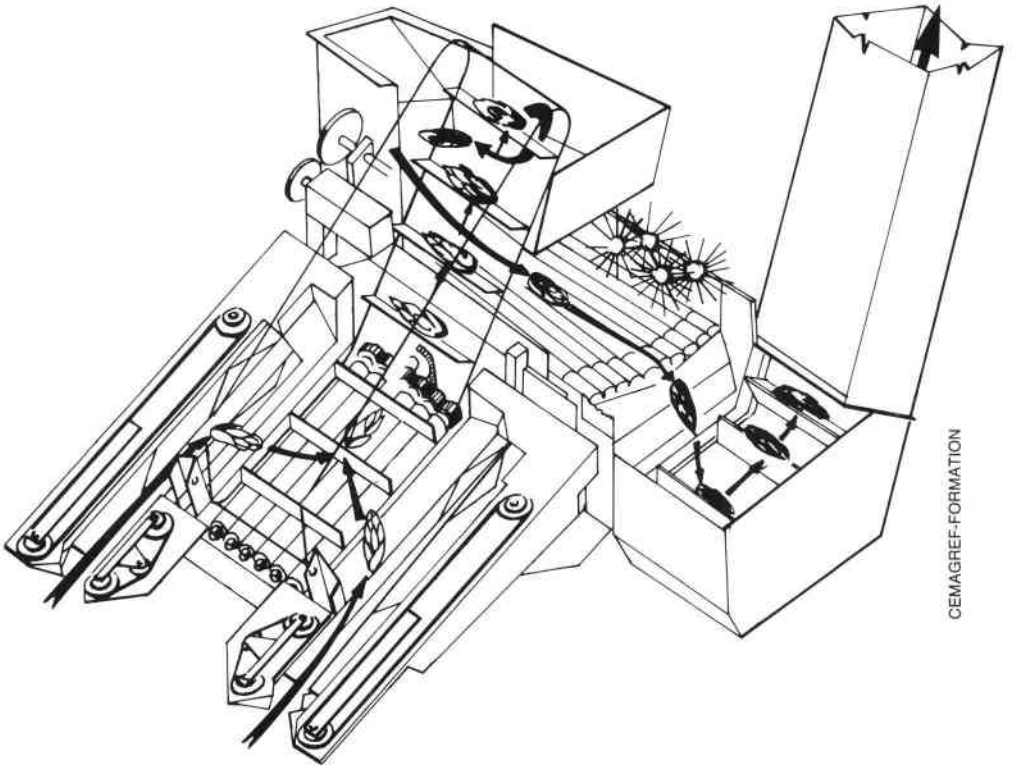


Fig. 147 — **Circuit parcouru par les épis à l'intérieur d'un cueilleur-épanouilleur à deux rangs.**

La figure **147** montre le fonctionnement d'un corn-picker tracté à deux rangs.

Pour atteindre des débits plus élevés, il existe des corn-pickers automoteurs à trois ou quatre rangs (fig. **148**).

Un corn-picker comprend :

- un équipement cueilleur,

- des organes de dépanouillage,

- des organes de chargement.

Fig. 148 — **Récolteuse automotrice de maïs en épis Bourgoin** *(photo Bourgoin).*

. L'équipement cueilleur :

Bien que le principe de cueillette des épis soit différent, la constitution des cueilleurs de maïs en épis est comparable à celle des cueilleurs utilisés pour le maïs-grain. La séparation des épis de la tige n'est pas assurée par des plaques, mais par des rouleaux cueilleurs dont la position et le profil sont conçus pour retenir les épis et commencer leur déshabillage avant leur dépanouillage (fig. **149**).

. Les organes de dépanouillage :

L'opération de dépanouillage consiste à dévêtir les épis en arrachant les spathes et les soies par l'action d'un frottement réalisé par des rouleaux sur une table de dépanouillage.

Une table de dépanouillage est formée par un ensemble de rouleaux longs de 0,80 m à 1,20 m (fig. **150**), dont les diamètres vont de 5 à 7 cm selon les types. Ces rouleaux sont disposés en nombre pair. Deux rouleaux successifs tournent en sens contraire l'un par rapport à l'autre. Leur position en longueur et leur intervalle permettent d'arracher les spathes et les soies grâce à des nervures en spirale (fig. **151**).

Au contact des nervures en spirale des rouleaux, les épis sont entraînés et leurs spathes se trouvent coincées et extraites. Une fois happées, les spathes sont rejetées vers le bas, tandis que les épis, de section beaucoup plus importante, restent sur la table et poursuivent leur progression en tournant sur eux-mêmes.

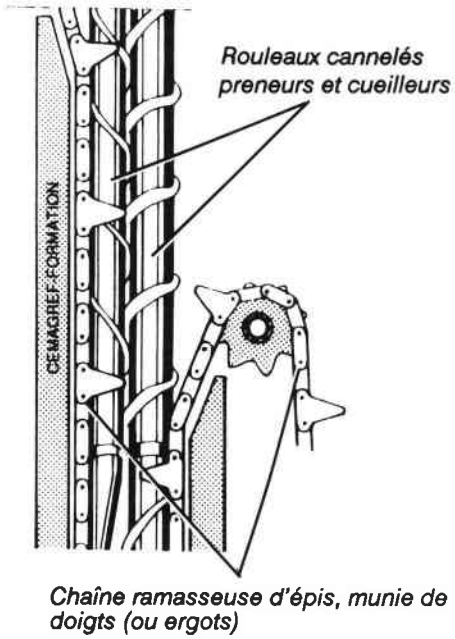


Fig. 149 — **Organes de cueillette d'une ramasseuse-dépanouilleuse.**

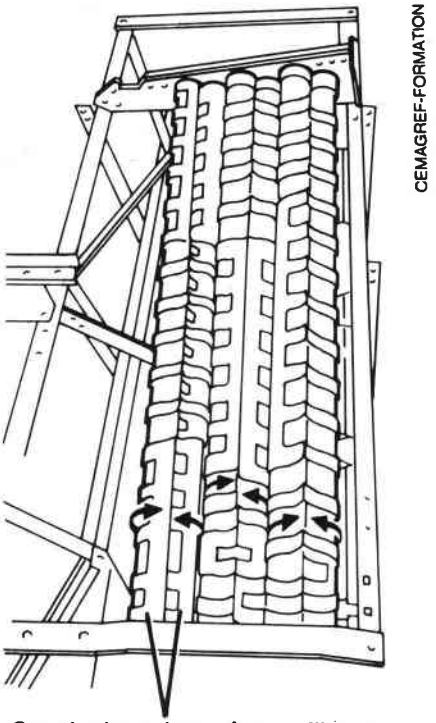


Fig. 150 — **Table de dépanouillage à six rouleaux.**

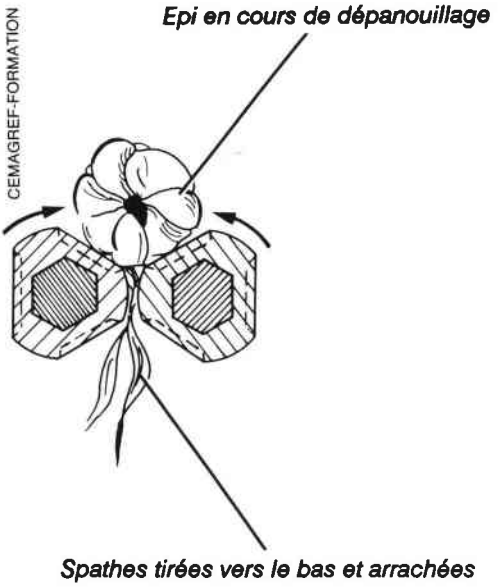


Fig. 151 — **Principe du dépanouillage avec des rouleaux à nervures.**

Afin d'utiliser au mieux la surface de dépanouillage et de régulariser la circulation des épis au dessus de la table, les constructeurs placent soit des palettes en hélice, soit des étoiles en caoutchouc (Brevet Bourgoin fig. **152**). Ces dispositifs forçent les épis à se présenter parallèlement à ceux-ci, dans le creux en "V"

Certaines machines comportent, en plus, un ventilateur de nettoyage placé au bout de la table de dépanouillage. Son rôle est d'activer l'expulsion des spathes et des soies vers le sol.

Selon les cas, un système de récupération des grains est situé directement en dessous de la table de dépanouillage. Ce dispositif est muni d'une grille vibrante à orifices de type Graëpel. Cette grille peut éventuellement être soumise à une ventilation directionnelle. Les grains détachés de la rafle durant le dépanouillage sont ensuite récupérés dans un collecteur.

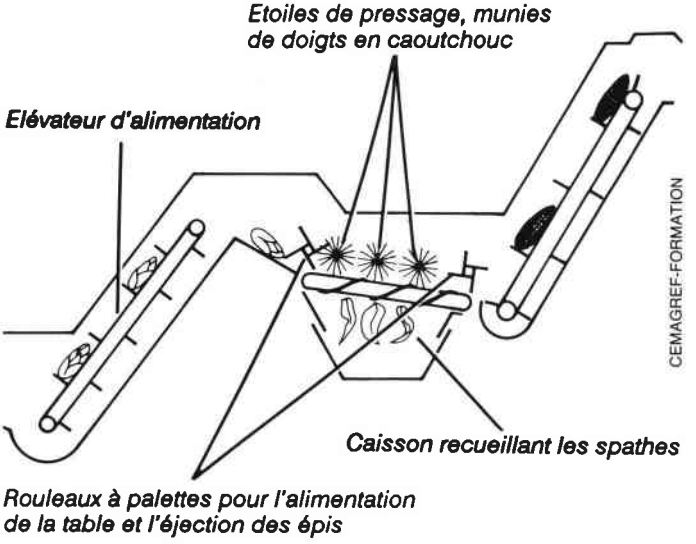


Fig. 152 — **Circuit des épis d'un corn-picker Bourgoin.**

que dessinent deux rouleaux successifs. La progression des épis est plus régulière et leur rotation accélérée accroît le débit du dépanouillage.

Le débit de la machine étant déterminé par la capacité d'absorption de la table de dépanouillage, un corn-picker à un rang, porté, aura une table de dépanouillage comportant 6 à 8 rouleaux (0,5 m² environ). Par contre, une machine automotrice couvrant trois ou quatre rangs dispose d'une table de dépanouillage à 12 et même 16 rouleaux (1,2 à 1,5 m² environ).

Dans certains cas, afin d'accroître le débit des machines, certains constructeurs placent juste après les becs-cueilleurs et en dessous du convoyeur d'épis, une table pré-effeuilleuse. Ce dispositif complémentaire permet de régulariser l'alimentation de la table de dépanouillage et, par suite, d'améliorer le rendement final obtenu.

D'autres constructeurs placent à l'entrée de la table principale un dispositif dont la fonction est d'aligner les épis sur les rouleaux : c'est un simple agitateur, qui a aussi pour rôle de faciliter l'arrachement des spathes en les décollant partiellement de l'épi.

On peut également combiner l'effet d'une table pré-effeuilleuse et celui d'un agitateur. On utilise alors un moulinet répartiteur d'épis, placé également juste à la sortie du bec-cueilleur. Ce moulinet canalise les épis en direction des rouleaux de telle manière que le débit de ramassage se trouve exactement synchronisé avec celui du dépanouillage.

Le coefficient de friction entre les spathes, souvent humides, et les matériaux qui constituent le revêtement des rouleaux est un autre facteur important qui détermine la qualité finale du dépanouillage. La solution la plus fréquente consiste à disposer de manière alternée des rouleaux métalliques et des rouleaux en acier revêtu de caoutchouc. Mais d'autres matériaux sont parfois utilisés, en particulier certaines matières plastiques.

Pour arracher plus efficacement les spathes, on peut aussi jouer sur le profil et la forme particulière des nervures des rouleaux.

. Les organes de transfert et de chargement :

Les transferts à l'intérieur de la machine se font, depuis les organes de ramassage jusqu'à l'élévateur, par l'intermédiaire de convoyeurs à vis sans fin, chaînes à palettes ou à godets.

L'organe de chargement lui-même est constitué par une goulotte dans laquelle circule, de bas en haut, une chaîne à palettes ou une chaîne à barrettes. Cet ensemble élévateur assure le transfert des épis dépanouillés et les déverse dans une remorque tractée en parallèle, ou dans une trémie basculante supportée par le châssis de la récolteuse.

. Les corn-pickers adaptés pour la récolte du maïs doux :

Contrairement aux maïs de consommation courante, le maïs doux doit être récolté quand les tiges sont vertes, pleines de sève et quand les grains parviennent au stade laiteux. On récolte donc des épis entiers qui sont égrenés ensuite à la conserverie. Comme le grain est destiné à être consommé entier, il doit rester intact, ce qui rend la récolte délicate et parfois difficile.

Les machines de récolte du maïs doux sont amenées à fonctionner pratiquement sans interruption, selon le planning d'alimentation de la conserverie.

La figure **153** représente un cueilleur à maïs doux BOURGOIN qui comprend :

- des cueilleurs à rouleaux et plaques,
- un rotor ameneur à palettes,
- un élévateur primaire,
- une soufflerie de pré-nettoyage associée à des rouleaux extracteurs de tiges,
- un élévateur secondaire,
- un aspirateur éjecteur de feuilles,
- une trémie basculante.

• LA RÉCOLTE DU MAÏS HUMIDE :

Pour l'alimentation des animaux, le maïs constitue un excellent produit, généralement récolté en plante entière avec des récolteuses-hacheuses-chargeuses (ensileuses tractées ou automotrices), puis conservé en silos. Le maïs-fourrage peut aussi être valorisé, notamment pour l'alimentation des porcs, sous forme de maïs grain humide ou de Maïs-Grain-Rafle (MGR), récolté avec une moissonneuse-batteuse.

. La récolte du maïs humide en grains :

Ce procédé consiste à récolter le maïs en grains avec une moissonneuse-batteuse conventionnelle équipée de bec-cueilleurs. Le grain récolté par la moissonneuse-batteuse est ensuite broyé à poste fixe et placé en silo.

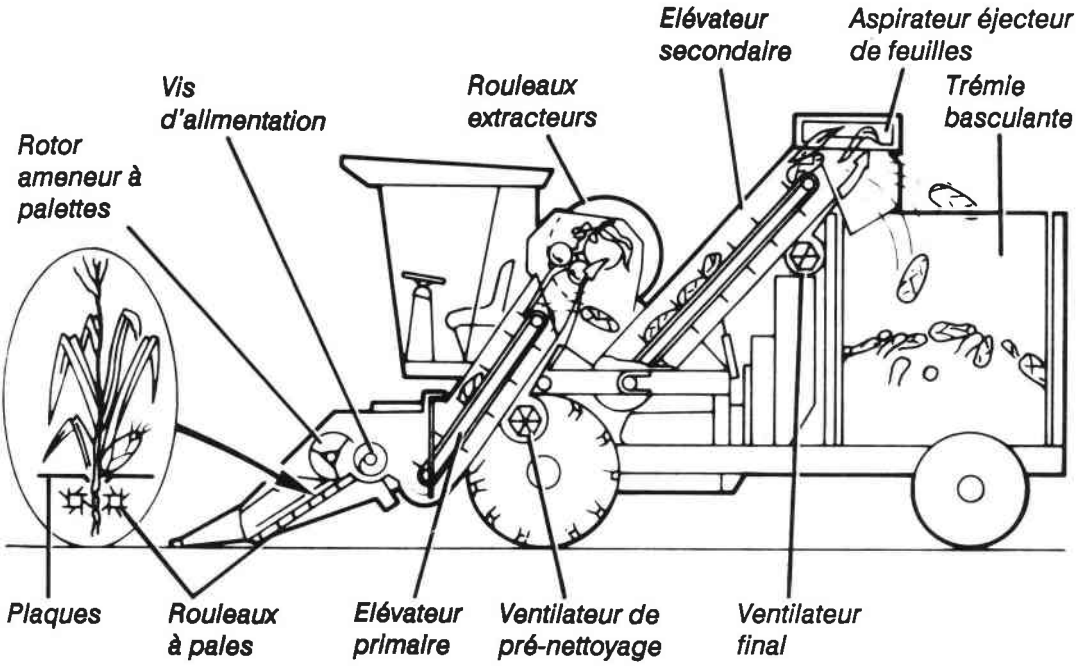


Fig. 153 — **Schéma d'un corn-picker Bourgoin adapté à la récolte du maïs doux.**

. La récolte du maïs-grain-rafle :

Cette méthode consiste à récolter en un seul passage les grains entiers et les rafles, brisées le plus souvent. Le mélange est ensuite broyé et stocké en silos. Le produit obtenu contient 70 à 80 % des rafles de la récolte, avec un minimum de spathes, trop cellulosiques.

La technique du MGR est apparue aux USA à la fin des années 50, puis en Allemagne dans les années 70. En France, la méthode a été étudiée et développée à partir de 1980, notamment dans l'Ouest par le GRETA de Châteaulin (Finistère).

- Les modifications apportées à la moissonneuse-batteuse :

Les organes de la moissonneuse-batteuse sont modifiés en différents points (fig. **154**).

- Le batteur est borné, sur sa périphérie, par des plaques d'aveuglement munies de cornières saillantes qui vont permettre d'améliorer le travail des battes, dont le nombre est multiplié par deux. Ainsi, en général, le batteur comporte 16 battes au lieu de 8 et les épis, mais aussi les spathes, sont traités de manière plus efficace ;

- le contre-batteur est équipé de barreaux ronds, disposés longitudinalement suivant l'axe du batteur. Ce dispositif présente une meilleure résistance lorsqu'il s'agit de briser les rafles. En effet, ces barreaux sont espacés plus largement que les fils traditionnels et permettent le passage facile des morceaux de rafle vers la table de préparation.

Cependant, à défaut d'avoir un contre-batteur avec des barreaux conçus pour un tel travail, on peut se contenter de supprimer, sur le contre-batteur, un fil sur deux ;

- les orifices des secoueurs sont ouverts plus largement (fig. **154**) au niveau des premiers points de chute. Cela permet aux morceaux de rafle qui n'auraient pu traverser le contre-batteur de rejoindre la table de préparation. Des peignes d'un modèle spécial, placés au bord des ouvertures du secoueur, empêchent les feuilles ou les spathes restantes de se mélanger aux rafles. Ces éléments légers sont repris par la ventilation de manière à être éjectés de la machine.

Les grilles utilisées sont de type Graëpel, avec des orifices de 40 x 70 mm ou de 40 x 80 mm.

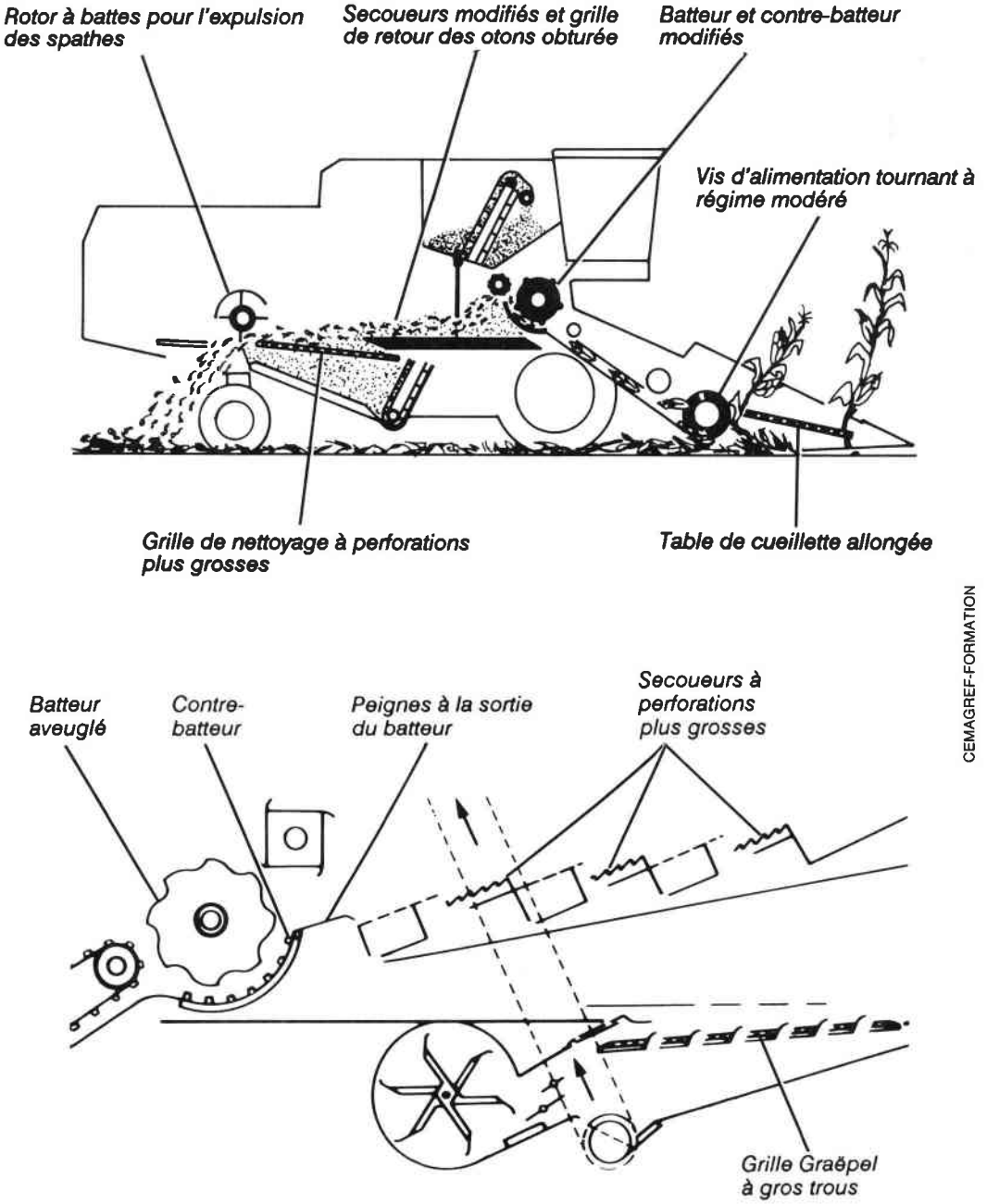
Sur les moissonneuses-batteuses axiales, dont le débit est élevé, les grilles Graëpel employées ont des orifices de dimensions un peu supérieures (47 x 72 mm et même 52 x 80 mm).

Ces aménagements ou remplacements opérés sur certains organes de moissonneuse-batteuse peuvent être effectués pièce par pièce. Il existe également des "kits" pour le M.G.R., proposés par différents constructeurs.

- Les réglages à effectuer :

- le bec-cueilleur n'est pas modifié. Quand la récolte est dense, il peut être nécessaire de régler la vitesse des chaînes ramasseuses. Par ailleurs, une rallonge de table de cueillette peut être adaptée, compte tenu de l'importance de la masse végétale à collecter.

- le batteur doit tourner suffisamment vite, jusqu'à 1000 tr/min (au lieu de 650 à 700 tr/min lors de la récolte d'un maïs-grain), de manière à fragmenter efficacement les rafles. Sur les machines axiales 700 à 800 tr/min suffisent, compte tenu des dimensions plus grandes du batteur.



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 154 — **Principales transformations apportées à une moissonneuse-batteuse pour la récolte du maïs-grain-rafle.**

- le contre-batteur doit être rapproché du batteur pour forcer les morceaux de rafle, éclatés par le batteur, à traverser le contre-batteur et à parvenir aux grilles des secoueurs, puis à la grille supérieure de nettoyage avec les grains.

- la vitesse des secoueurs est réglée au minimum.

- le ventilateur doit fonctionner à régime élevé pour chasser les spathes et les feuilles restantes vers l'extérieur de la machine.

- les grilles doivent être nettoyées régulièrement, en raison du risque de colmatage dû au taux d'humidité élevé des rafles (environ 60 %).

- la vitesse d'avancement peut être réduite (environ 4 km/h), en cas de récolte dense de manière à éviter les bourrages au niveau des vis de transfert ou de l'élévateur qui conduit le mélange vers la trémie.

Selon l'état de la récolte et les réglages de la machine, il est possible de mélanger aux grains 80 à 100 % des rafles contenues dans le produit récolté. S'il le désire, l'utilisateur peut réduire la quantité de rafles à 50 %, avec toutefois une moins bonne régularité de récolte.

L'influence des réglages sur le résultat final peut être résumée de la manière suivante :

- si on augmente la vitesse du batteur dans les limites admises, tout en rapprochant au maximum le contre-batteur, les rafles sont davantage brisées. Les morceaux étant alors nombreux et très petits, une forte proportion d'entre eux traverse le contre-batteur, puis est divisée par les grilles, avant de se retrouver dans la trémie. Dans ces conditions, il est difficile d'incorporer plus de 10 à 20 % de rafles dans le mélange M.G.R., proportion insuffisante pour les usages les plus courants de l'alimentation animale.

- si l'on souhaite récupérer environ 50 % des rafles, il suffit de monter une grille de nettoyage à gros trous (type Graëpel 40 x 70 mm ou bien type à maille carrée 40 x 40 mm). Le montage est rapide et cela facilite le passage, à travers les grilles et la récupération, au bas du caisson, de 40 à 50 % des rafles (si des réglages soigneux sont opérés même durant la récolte).

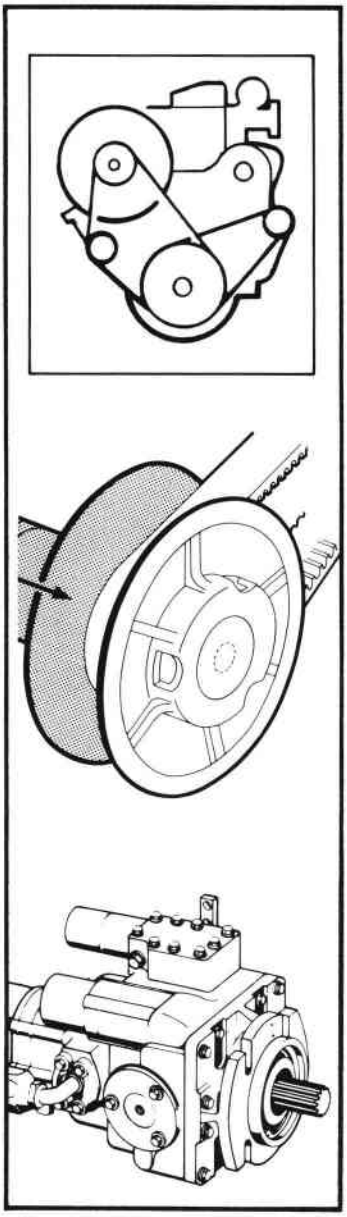
- il est possible de récupérer plus de 50 % des rafles en agrandissant les ouvertures des secoueurs (au niveau des premières chutes). Pour éviter que la quasi totalité des rafles ne passe à travers les perforations, des peignes sont disposés au-dessus des points de chute, avec pour autre fonction de rejeter, au bout des secoueurs et hors de la machine, des spathes qui sont indésirables dans le mélange de M.G.R. Dans ce cas, le taux de récupération des rafles est généralement compris entre 50 % et 60 %.

- pour récolter 90 % des rafles, il faut équiper la moissonneuse-batteuse avec un "kit" complet pour le M.G.R., opération qui peut demander une demi-journée à une journée de travail. Ce dispositif présente des plaques plus agressives, un contre-batteur à barreaux ronds et des grilles à gros trous. Des perforations plus grandes, dans les secoueurs comme dans les grilles, permettent d'assurer la récupération des rafles et, a fortiori, celle du grain. Les pertes au champ deviennent ainsi vraiment minimes.

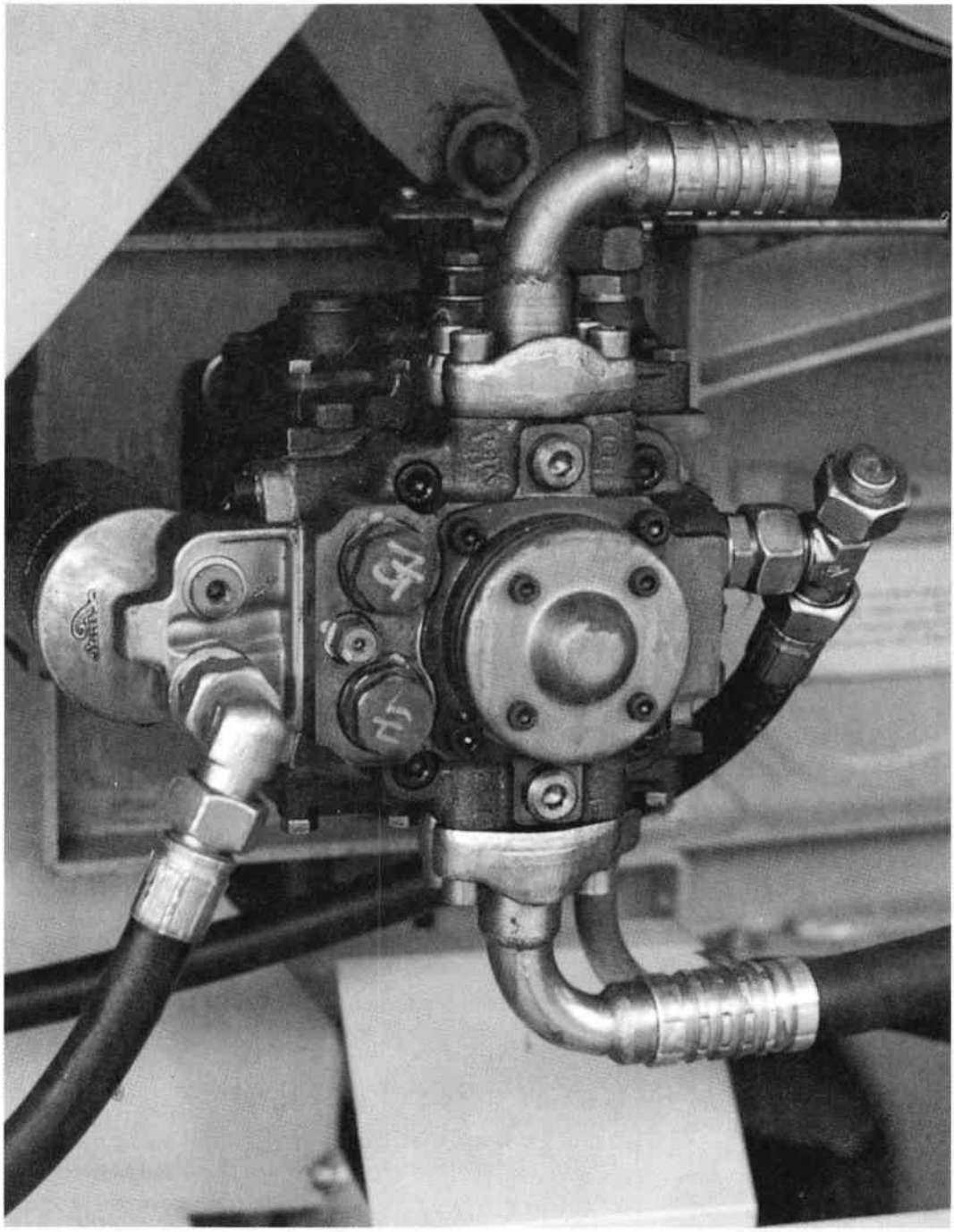
Selon les modes d'utilisation et l'organisation des divers chantiers de récolte, il est possible d'équiper de différentes façons les moissonneuses-batteuses, selon que l'on veuille les utiliser occasionnellement ou exclusivement pour la récolte du maïs-grain-rafle.

LES PARTICULARITÉS DU GROUPE MOTEUR ET DES TRANSMISSIONS

6



- Le groupe moteur 171
- Les transmissions mécaniques des organes de récolte 173
- Les transmissions mécaniques pour l'avancement 177
- Les transmissions hydrauliques des organes de récolte 177
- La direction hydrostatique 181
- Les transmissions hydrostatiques pour l'avancement 183
- L'entretien des transmissions hydrauliques 187



**Pompe LINDE à pistons axiaux et cylindrée variable,
animant une transmission hydrostatique pour l'avancement d'une moissonneuse-batteuse.**

Les moissonneuses-batteuses sont les machines automotrices dont la chaîne cinématique des organes de récolte est la plus complexe. Le moteur doit permettre simultanément **le déplacement de la machine et l'animation des nombreux organes** (coupe, convoyeur, batteur, secoueurs, ventilateur,...), dans des conditions de travail sévères : variations brutales de charge en fonction de l'état de la récolte, taux de poussières très élevé, récolte de produits associés à une végétation humide (tournesol, maïs,..) ou souillés de terre (pois,soja,..) créant des dépôts abrasifs et corrosifs.

- **LE GROUPE MOTEUR** :

Le groupe moteur est constitué du moteur et des prises de mouvement qui le relie aux fonctions de la machine : poulies pour l'avancement, poulies d'entraînement des organes de récolte, prises de mouvement des pompes hydrauliques.

Les moissonneuses-batteuses sont équipées de moteurs diesels à injection directe semblables à ceux utilisés sur les tracteurs ou dérivés des moteurs industriels (fig. **155**). Leur puissance varie selon les machines de 60 à 240 kW.

Fig. 155 — **Vue en coupe d'un moteur diesel Case IH.**

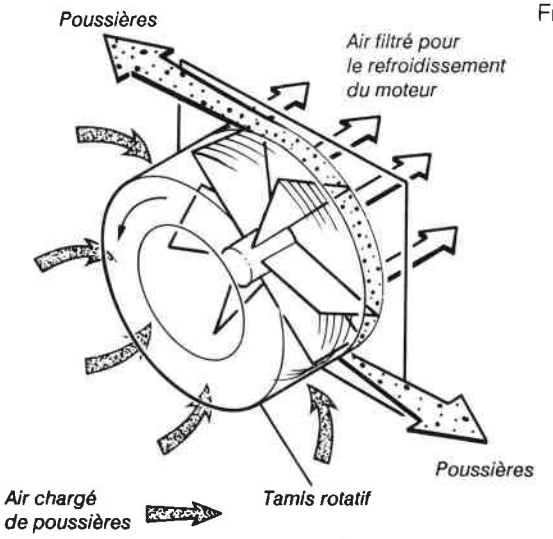


Fig. 156 — **Tamis rotatif auto-nettoyant pour la filtration de l'air de refroidissement.**

Placé le plus souvent à la partie supérieure centrale de la machine, le compartiment du moteur comprend **une filtration de l'air de refroidissement** et **une filtration renforcée de l'air admis dans le moteur**.

. La filtration de l'air de refroidissement :

Que les machines soient équipées de moteurs refroidis par air ou par eau, l'air nécessaire au refroidissement du moteur est généralement filtré par **un tamis rotatif** (fig. **156**). Ce tamis rotatif est entraîné par courroie ou par le flux d'air aspiré par le ventilateur.

La rotation du tamis rejette les poussières les plus grosses (force centrifuge) tandis qu'un système d'auto-nettoyage (balais frotteurs, pales intérieures,...) maintient la propreté du tamis.

Malgré cette filtration de l'air de refroidissement, il convient de surveiller fréquemment la propreté du radiateur et du compartiment du moteur, afin de prévenir toute surchauffe du moteur ou la création d'un foyer d'incendie.

Selon les cas, un système de sécurité coupe l'injection du moteur en cas de surchauffe ou de rupture de courroie de ventilateur.

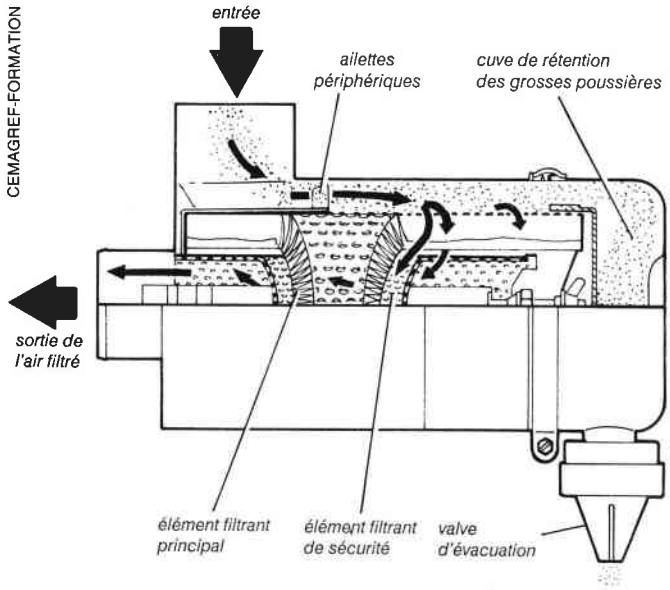


Fig. 157 — **Filtre à air à cartouches sèches.**

A propos de refroidissement, il convient, **pendant l'hivernage de la moissonneuse-batteuse, de ne jamais laisser vidangé le circuit de refroidissement par eau du moteur. Le contact de l'oxygène avec les parois internes des moteurs entraîne une corrosion rapide**.

La préparation vendue "prête à l'emploi" sous l'appellation "liquide de refroidissement" ou "liquide quatre saisons", (norme française NFT-15-601), est préférable à la réalisation par l'utilisateur d'un mélange d'antigel et d'eau dont il ne connaît pas les caractéristiques.

En cours de travail, si le témoin d'alerte de température s'allume, arrêter immédiatement le moteur et en rechercher la cause.

. La filtration de l'air admis par le moteur :

Elle est assurée par un filtre à air à cartouche sèche (fig. **157**) de grande capacité, précédé d'un préfiltre centri-

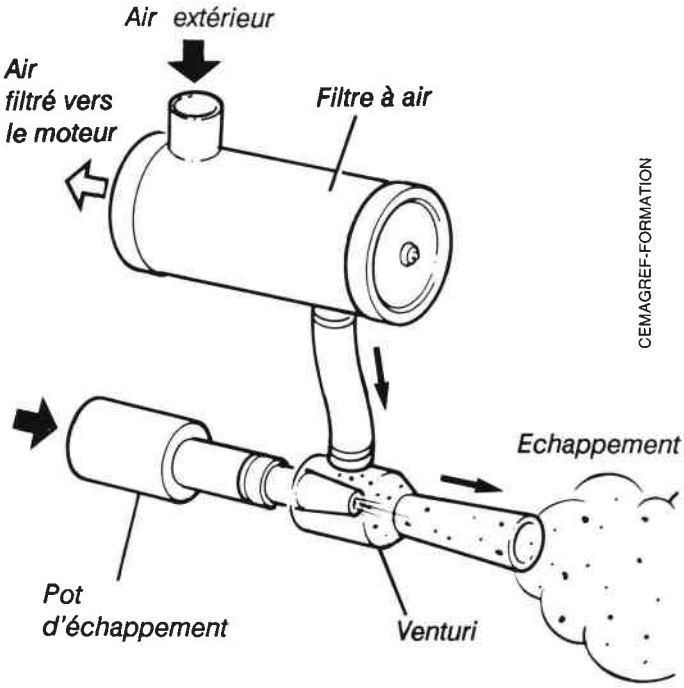


Fig. 158 — **Principe de l'évacuation des poussières du filtre à air par les gaz d'échappement.**

fuge. Afin d'éviter un colmatage trop rapide du préfiltre ou du filtre principal, les constructeurs adoptent souvent un éjecteur de poussières associé à l'échappement du moteur (fig. **158**). Les gaz d'échappement, en passant dans une tuyère, créent une dépression qui aspire les poussières retenues dans le préfiltre ou le filtre principal. En cas de colmatage, un indicateur optique ou sonore prévient le conducteur.

• LES TRANSMISSIONS MÉCANIQUES DES ORGANES DE RÉCOLTE :

La plupart des organes de récolte des moissonneuses-batteuses sont animés par des transmissions à courroies trapézoïdales. A la sortie du moteur une transmission primaire à courroies multiples transmet la puissance à un relai de poulies qui répartit le mouvement aux différents organes (fig. **159**). Cette transmission primaire joue également le rôle d'embrayage grâce à un **galet de tension** commandé depuis le poste de conduite. La transmission au batteur et aux organes nécessitant une vitesse variable est assurée par un **variateur de vitesse** à courroie trapézoïdale et poulies réglables (fig. **160**). La commande du variateur est assurée soit hydrauliquement (fig. **160**) soit électriquement grâce à un **motoréducteur électrique** ou un **vérin électrique**.

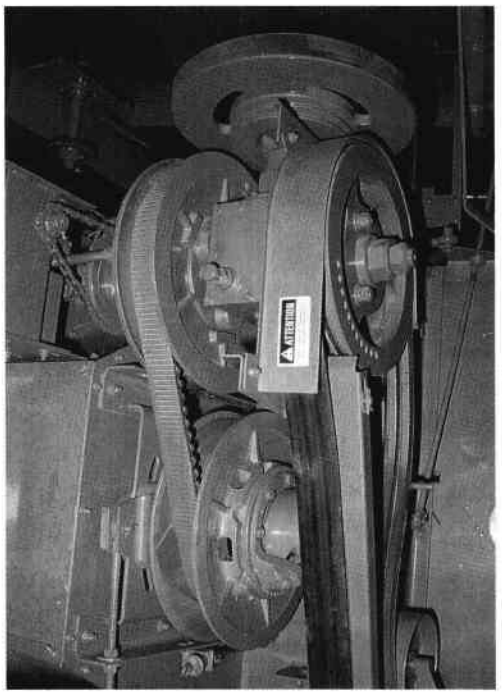


Fig. 159 — **Embrayage par tension de courroie et variateur de vitesse pour l'entraînement du rotor "Axial-Flow" Case IH.**

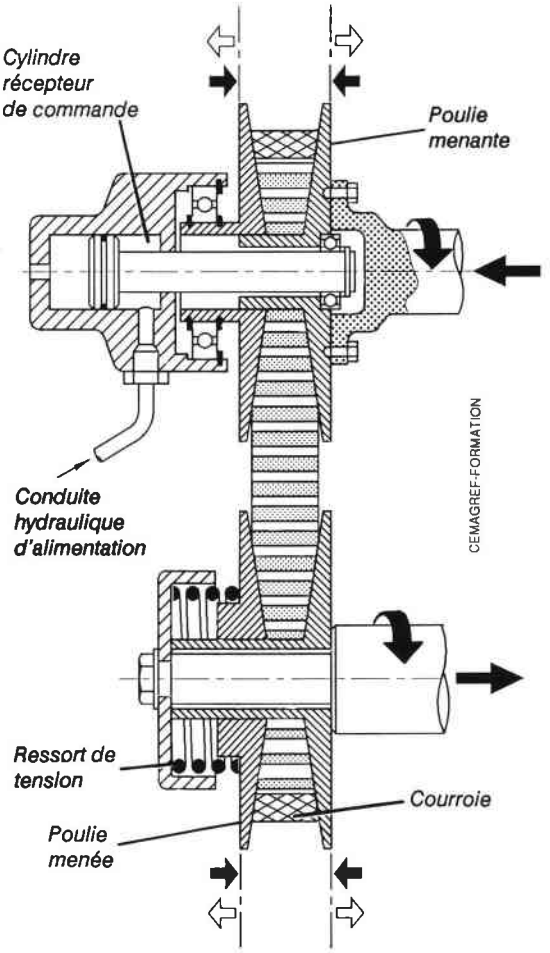


Fig. 160 — **Schéma d'un variateur de vitesse à courroie trapézoïdale.**

Un **vérin électrique** (fig. **161**) est en fait constitué d'une tige actionnée par une vis sans fin animée par un moteur électrique et un réducteur à pignons. Selon les cas, le vérin électrique dispose d'une sécurité contre les surcharges (contacteur à bilame et limiteur d'effort à friction), d'interrupteurs de fin de course ou d'un capteur de position. Les vérins électriques constituent des actionneurs faciles à associer à des commandes électriques à distance ; outre la commande des variateurs ils sont utilisés à des fonctions très variées : orientation des goulottes de vidange, mise à niveau des systèmes de nettoyage des machines à correction de dévers,...

Les transmissions aux organes exposés aux bourrages (vis d'alimentation, convoyeur, ...) sont protégées par des **limiteurs de couple à friction** (fig. **162**). Afin de limiter de graves dégâts, ces limiteurs doivent être périodiquement vérifiés : tarage, nettoyage, remplacement des éléments usés ou corrodés,...

Les figures **163** et **164** montrent un exemple des chaînes cinématiques d'une moissonneuse-batteuse vues du côté gauche et droit de la machine.

Fig. 161 — **Vue en coupe d'un vérin électrique** *(coupe et photo CEMAGREF).*

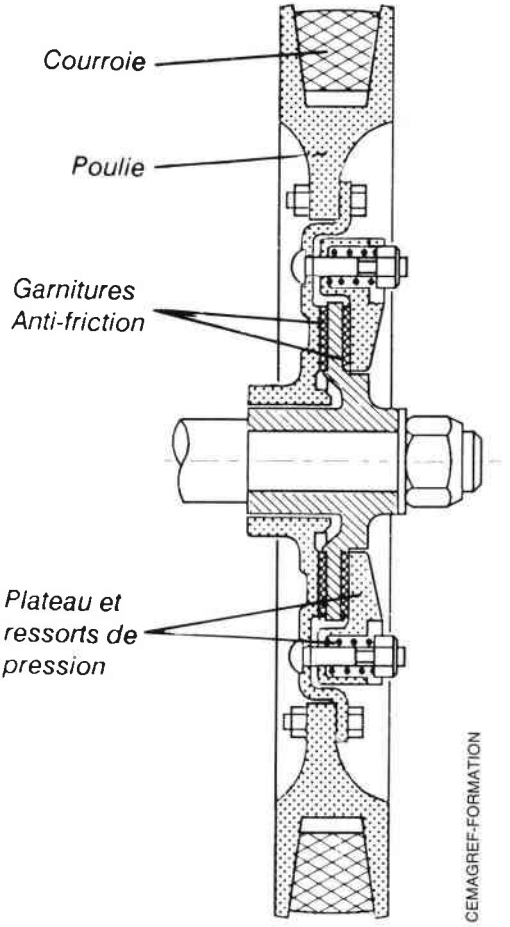


Fig. 162 — **Limiteur de couple à friction, associé à une poulie.**

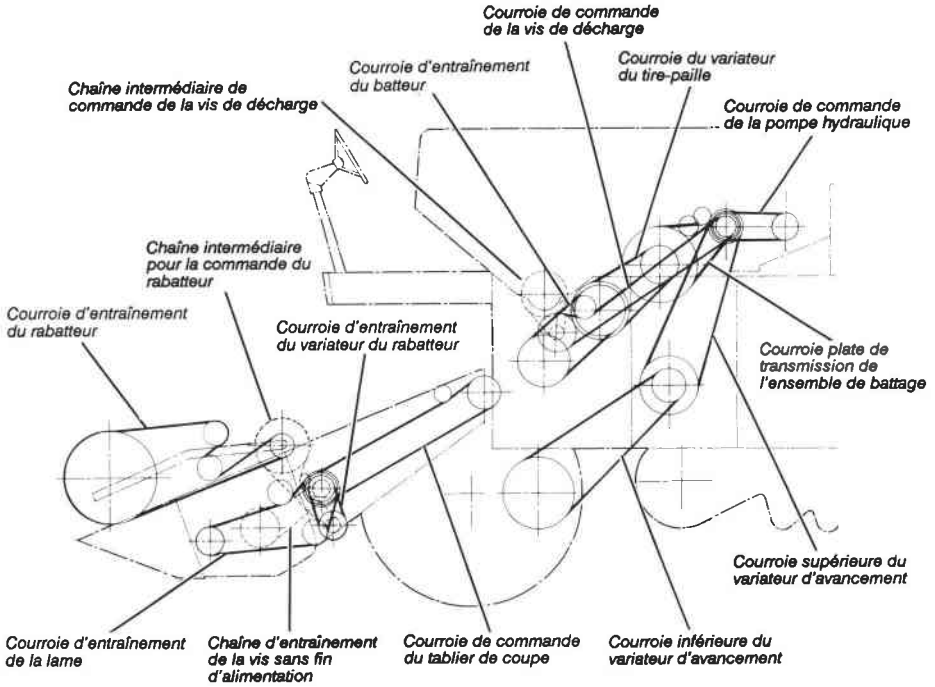


Fig. 163 — **Chaîne cinématique, côté gauche, des transmissions des organes de récolte d'une moissonneuse-batteuse.**

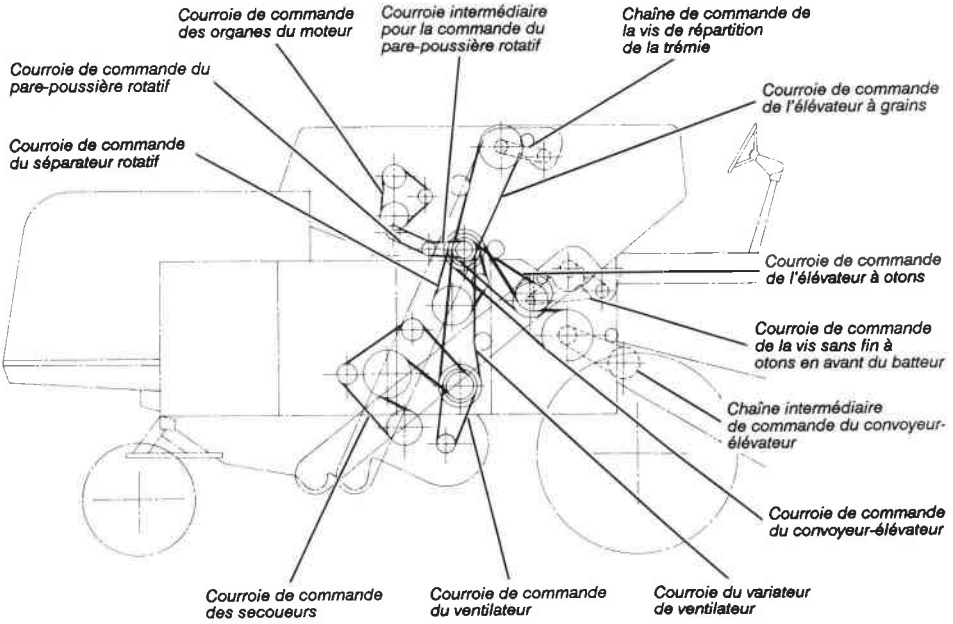


Fig. 164 — **Chaîne cinématique, côté droit, des transmissions des organes de récolte d'une moissonneuse-batteuse.**

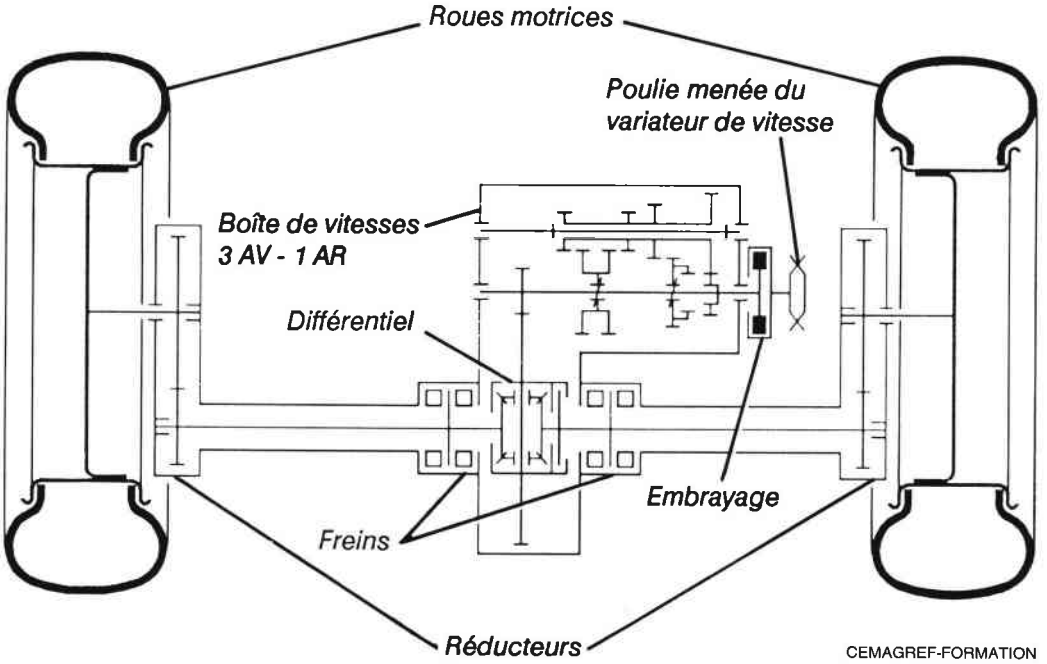


Fig. 165 — **Chaîne cinématique de la transmission pour l'avancement d'une moissonneuse-batteuse.**

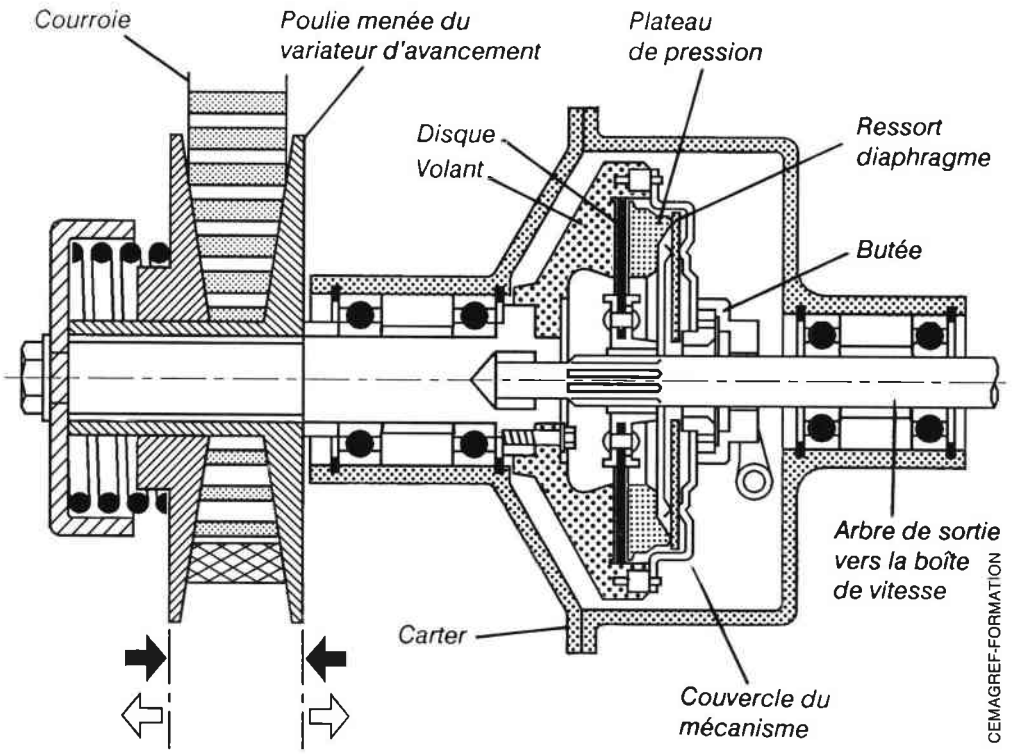


Fig. 166 — **Embrayage pour l'avancement d'une moissonneuse-batteuse.**

• **LES TRANSMISSIONS MÉCANIQUES POUR L'AVANCEMENT** :

Dans le cas d'une transmission mécanique, l'avancement des moissonneuses-batteuses comprend généralement (fig. **165**) :

- **un variateur de vitesse à courroie**,
- **un embrayage monodisque à sec** (fig. **166**),
- **une boîte de vitesses à trois rapports avant et une marche arrière**,
- **le différentiel**,
- **l'essieu moteur avec les freins et les réducteurs finals**.

Fig. 167 — **Moissonneuse-batteuse Fiatagri à chenilles, pour la récolte du riz.**

Il convient de préciser que les moissonneuses-batteuses peuvent être équipées de chenilles, notamment pour la récolte du riz (fig. **167**).

• **LES TRANSMISSIONS HYDRAULIQUES DES ORGANES DE RÉCOLTE** :

Les circuits hydrauliques qui commandent les fonctions de récolte des moissonneuses-batteuses sont ouverts. Rappelons que dans un **circuit ouvert** (fig. **168**), on utilise **une pompe à sens unique de débit**. L'alimentation des récepteurs (vérins ou moteurs hydrauliques) est alors assurée par l'intermédiaire d'un distributeur dont le nombre d'orifices et de positions correspond aux fonctions à assurer. Dans tous les cas, l'huile revient au carter ou au réservoir après avoir accompli son travail. Ce type de circuit est le plus utilisé lorsqu'il s'agit d'alimenter des récepteurs hydrauliques (vérin, moteur) actionnant des organes de machines (relevages hydrauliques, élévateurs,...).

Les fonctions généralement commandées hydrauliquement sont (fig. **169**) : **le relevage de la table de coupe, la position verticale des rabatteurs, l'orientation de la goulotte de vidange, la direction, la position horizontale des rabatteurs**. Selon les machines, d'autres organes peuvent être commandés hydrauliquement : **l'entraînement des rabatteurs, les variateurs de vitesse du batteur et de l'avancement, l'inverseur de mouvement de la vis d'alimentation et du convoyeur, l'entraînement du ventilateur de nettoyage, la correction d'assiette de la table de coupe, les systèmes de correction de niveau**,...

L'organisation des circuits hydrauliques des moissonneuses-batteuses varie selon les constructeurs et le type de machine ; la figure **170** représente, de façon simplifiée, le schéma des circuits hydrauliques d'une moissonneuse-batteuse, qui comprend :

- **une pompe principale** à sens unique de débit et à cylindrée fixe, pour la commande des fonctions de la machine,

- un limiteur de pression principal,

- quatre distributeurs hydrauliques à simple effet, avec clapets anti-retour (variateur d'avancement et de vitesse du batteur, relevage de la coupe et des rabatteurs),

- un distributeur double effet à commande électro-magnétique (position horizontale des rabatteurs), avec des clapets anti-retour séparés,

- un distributeur double effet pour la commande de la goulotte de vidange de la trémie,

- un distributeur 2/2, commandé par la pédale d'embrayage, pour le rappel du variateur de vitesse d'avancement,

- neuf vérins de commande. Les vérins des variateurs sont munis d'un limiteur de débit qui règle la vitesse de variation ; les vérins double effet, pour la position horizontale des rabatteurs, sont alimentés en série et de diamètre différents, afin que leur course soit synchronisée ; les deux vérins simple effet pour le relevage de la table de coupe sont alimentés en parallèle et associés à un accumulateur oléo-pneumatique qui joue le rôle de suspension ; le relevage des rabatteurs est assuré par un vérin double effet et un vérin simple effet, de diamètres différents et placés en série, afin de maintenir le parallélisme des rabatteurs avec la table de coupe.

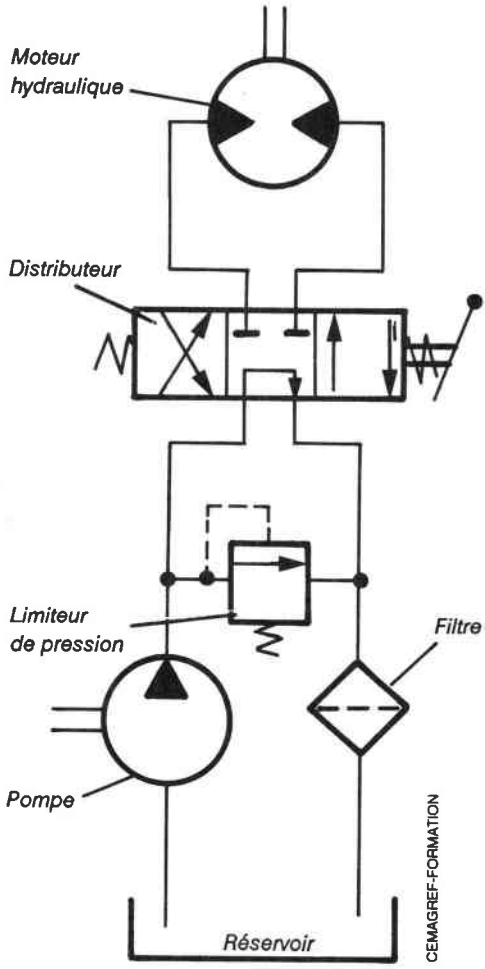


Fig. 168 — **Principe d'un circuit hydraulique ouvert.**

- une pompe pour la direction,

- un boîtier de direction hydrostatique avec son limiteur de pression et ses **clapets anti-chocs**,

- un vérin de direction,

- deux filtres de retour (retour général et direction),

- un réservoir.

Dans le but d'améliorer l'**ergonomie du poste de conduite**, les constructeurs font de plus en plus appel **aux commandes électriques à distance**. Plusieurs fonctions peuvent être ainsi commandées par un seul **levier manipulateur** (fig. **171**). La figure **172** décrit le principe d'une **commande multi-fonction** et d'un distributeur hydraulique à commande électro-magnétique.

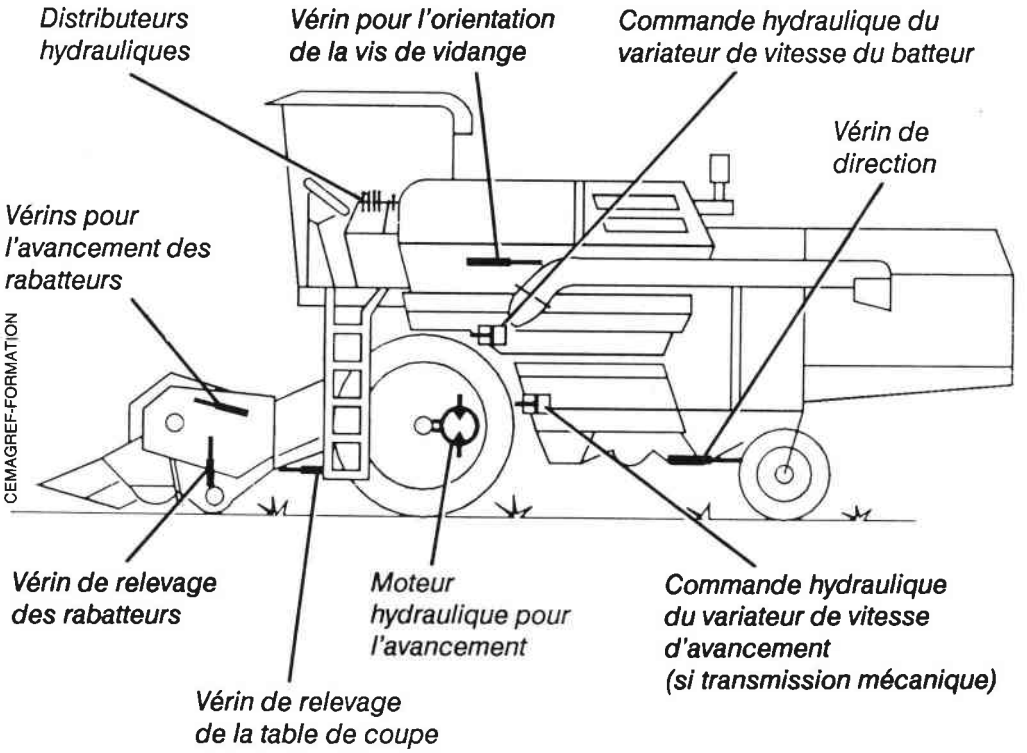


Fig. 169 — **Principaux récepteurs hydrauliques d'une moissonneuse-batteuse.**

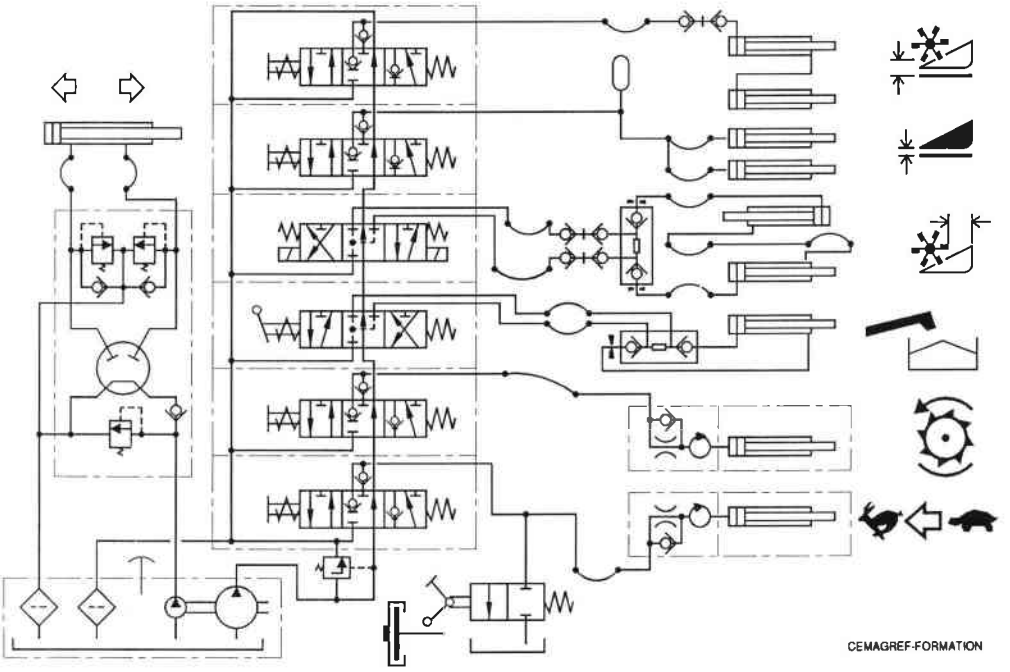


Fig. 170 — **Schéma des circuits hydrauliques principaux d'une moissonneuse-batteuse.**

Des **moteurs hydrauliques** peuvent être utilisés pour l'entraînement de certains organes : rabatteur, ventilateur,... Il s'agit soit de **moteurs hydrauliques à engrenages**, soit de **moteurs hydrauliques à rotor hypocycloïdal** (fig. **173**). Appelés aussi **moteurs "orbit"**, les moteurs sont constitués d'un rotor à bossages extérieurs roulant à l'intérieur d'un stator comportant lui aussi des bossages en nombre égal à ceux du rotor plus un. Si, par exemple, le rotor comporte six bossages, son "excentration" constante pendant sa rotation à l'intérieur du stator permet d'assurer avec celui-ci sept points de contact étanches et **autant de chambres dont le volume augmente puis diminue au rythme du chevauchement des bossages**.

L'appellation **"hypocycloïdal"** provient de l'hypocycloïde, qui est la courbe décrite par le point d'un cercle qui tourne lui-même en roulant à l'intérieur d'une circonférence.

Malgré une apparente complexité, ce moteur présente l'avantage de développer **un couple important** pour un encombrement réduit. En effet, la cylindrée, c'est-à-dire le volume engendré durant un tour de l'arbre du moteur, correspond à six révolutions du rotor (dans le cas d'un rotor possédant six bossages).

Le changement de sens de rotation s'effectue en inversant le sens de l'alimentation en huile à l'entrée du moteur, à l'aide, par exemple, d'un distributeur à double effet.

Fig. 171 — **Levier combiné : fonctions machine et avancement.**

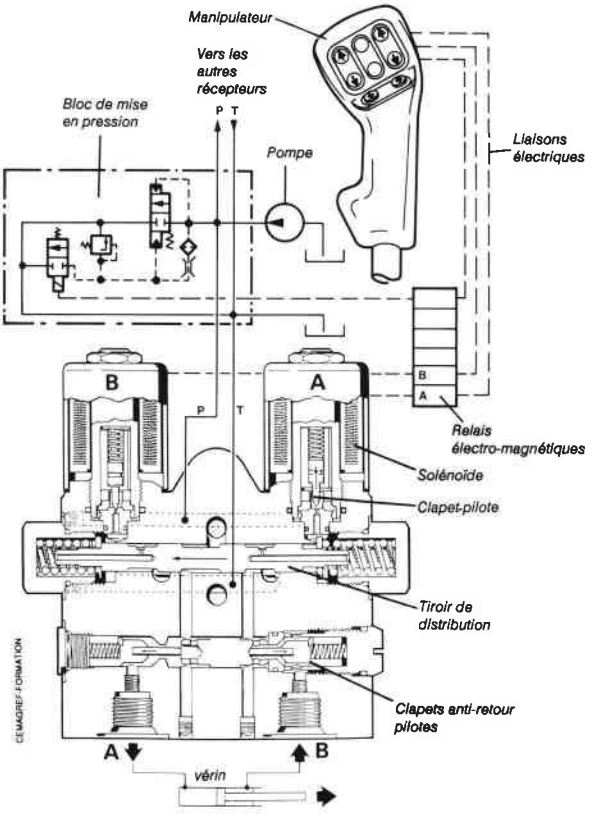


Fig. 172 — **Principe d'une commande électro-hydraulique pour un récepteur double effet.**

• **LA DIRECTION HYDROSTATIQUE** :

Seulement réservées aux véhicules lents,(moins de 30 km/h), les directions hydrostatiques équipent de façon courante les tracteurs et les machines agricoles automotrices dont le train directeur est souvent éloigné du poste de conduite.

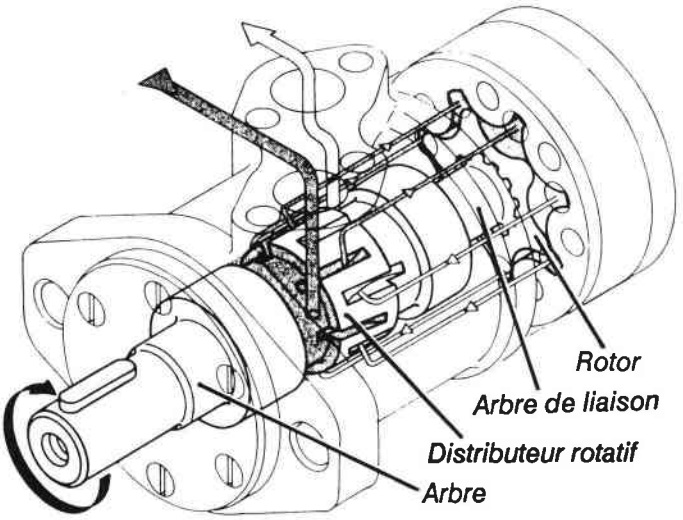


Fig. 173 — **Moteur hydraulique à rotor hypocycloïdal** *(document Danfoss).*

Une direction hydrostatique est un dispositif entièrement hydraulique qui comprend essentiellement (fig. **174**), **un boîtier de distribution et de contrôle**, commandé par le volant. **Deux conduites hydrauliques** relient le boîtier de distribution au **vérin de direction**.

L'énergie nécessaire au fonctionnement du dispositif est fournie par le débit d'**une pompe indépendante** ou d'**un diviseur de débit à une voie prioritaire**.

La figure **175** montre le principe de fonctionnement du boîtier de distribution et de contrôle qui comprend :

- **un boisseau** actionné par le volant,
- **une douille de distribution**,
- **un moteur d'asservissement**,
- **un clapet anti-retour**.

Le boisseau est placé à l'intérieur de la douille de distribution, où il peut pivoter de quelques degrés dans un sens ou dans l'autre. La douille est par ailleurs reliée au rotor du moteur d'asservissement par un arbre cannelé. L'ensemble boisseau-douille constitue un distributeur rotatif.

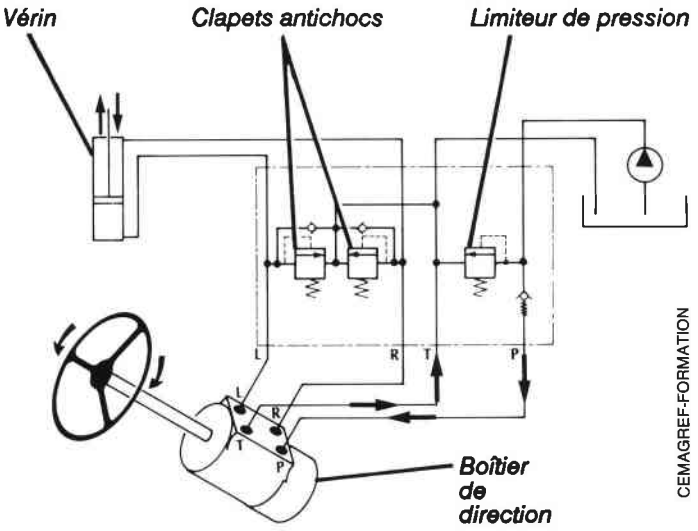


Fig. 174 — **Schéma de principe d'une direction hydrostatique.**

Lorsque le conducteur actionne le volant à droite par exemple, **le décalage angulaire du boisseau** permet à l'huile de la pompe d'aller d'abord dans le moteur d'asservissement, puis dans le vérin de direction. Le rôle du moteur est en fait d'entraîner la douille afin que celle-ci accompagne la rotation du boisseau et donc du volant. Dès que le conducteur immobilise le volant, la douille, animée par le moteur, rattrape le boisseau pour assurer aussitôt l'arrêt du braquage. Il s'agit donc d'un **asservissement par mouvement de poursuite**.

De cette façon la quantité d'huile envoyée au vérin est proportionnelle au nombre de tours de volant.

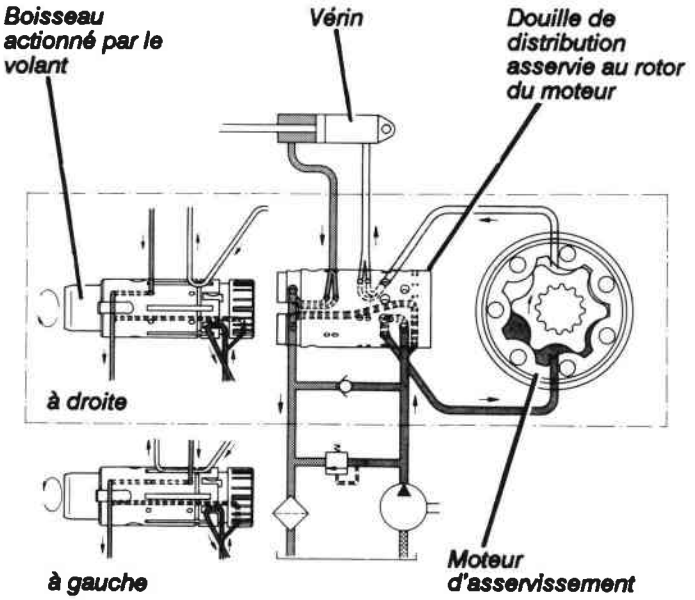


Fig. 175 — **Vue du système de direction hydrostatique Danfoss "Orbitrol".**

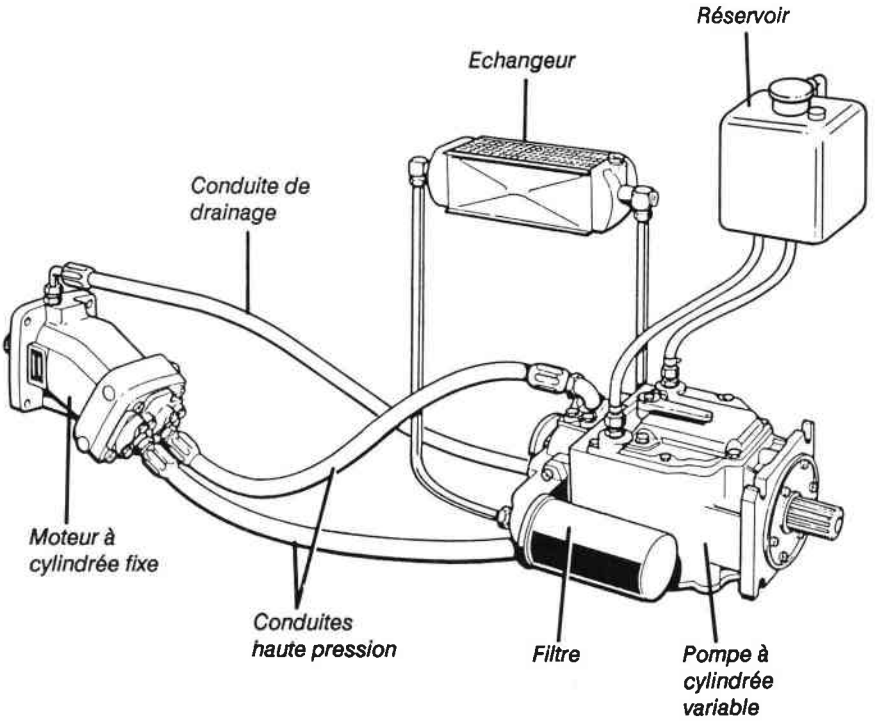


Fig. 176 — **Schéma d'organisation d'une transmission hydrostatique** *(document Linde).*

De plus, en cas de panne d'alimentation hydraulique et au prix d'un effort musculaire de braquage beaucoup plus élevé, c'est le conducteur qui actionne "en pompe", le rotor du moteur d'asservissement, afin de conserver le contrôle de la direction du véhicule. Dans cette situation, le clapet anti-retour permet au rotor de réaspirer l'huile à son retour du vérin.

Fig. 177 — **Moissonneuse-batteuse Case IH, à quatre roues motrices.**

• LES TRANSMISSIONS HYDROSTATIQUES POUR L'AVANCEMENT :

De plus en plus utilisées en option ou en série sur les moissonneuses-batteuses de haut de gamme, les transmissions hydrostatiques (fig. **176**) permettent une meilleure gestion de la puissance du moteur, grâce à la possibilité qu'elles offrent de régler la vitesse d'avancement avec précision et en continu, dans une large plage de vitesse. Elles permettent également la mise en place d'un essieu arrière moteur pour les moissonneuses-batteuses à 4 roues motrices (fig. **177**).

La figure **178** montre un exemple de transmission hydrostatique en circuit fermé, pour une moissonneuse-batteuse à 2 roues motrices. Ce schéma comprend en fait trois principaux circuits :

- **le circuit de puissance**,
- **le circuit de gavage**,
- **le circuit de retour des fuites**.

. **Le circuit de puissance** (fig. **178**) :

Il est constitué d'une pompe principale de type à cylindrée variable et à double sens de débit, qui est reliée en circuit fermé à un moteur hydraulique de type à cylindrée fixe et à double sens de rotation.

En inversant le débit de la pompe, on peut réaliser l'inversion du sens de marche de la machine, puisque le moteur hydraulique se met alors à tourner en sens contraire. Ainsi, l'huile circulant dans chaque conduit du circuit de puissance est soumise tantôt à la pression de refoulement, tantôt à la pression d'aspiration de la pompe principale, selon le sens d'avancement de la machine. C'est pourquoi deux appareils limiteurs de pression sont placés entre les deux conduits du circuit de puissance, afin d'assurer une sécurité en cas de surpression pendant la marche avant ou la marche arrière de la machine. La pression maximale des circuits pour l'avancement varie selon les cas de 300 à 420 bars.

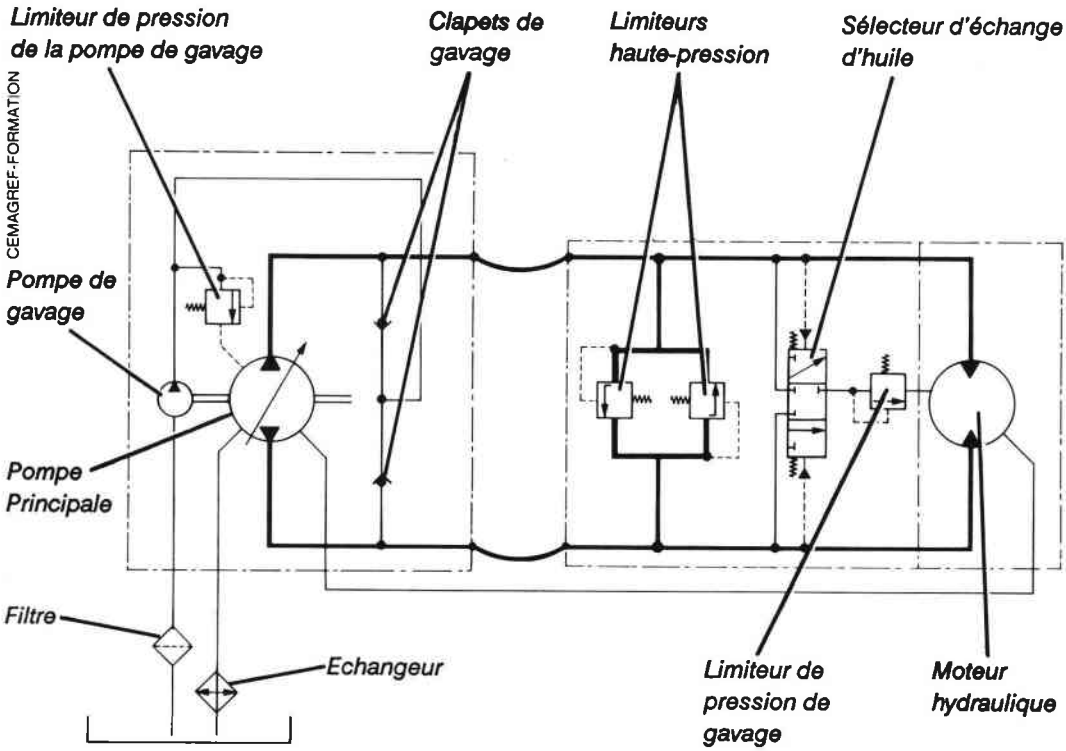


Fig. 178 — **Schéma d'une transmission hydrostatique en circuit fermé.**

. Le circuit de gavage (fig. **178**) :

C'est un circuit constitué d'une pompe auxiliaire (entraînée par la pompe principale), qui aspire au travers d'un filtre, l'huile contenue dans un réservoir et la refoule, sous pression réduite (15 à 25 bars), vers deux **clapets de gavage**. Ces deux clapets de gavage sont disposés de manière à permettre à l'huile de pénétrer dans l'un ou l'autre des conduits du circuit de puissance, c'est-à-dire celui qui se trouve orienté vers le côté "alimentation" de la pompe principale. La compensation des fuites est ainsi assurée par un gavage permanent à l'alimentation de la pompe principale.

Le circuit de gavage a une autre tâche très importante qui consiste **à réaliser l'évacuation d'une partie de l'huile ayant subi un échauffement dans le circuit de puissance**, pour la remplacer par de l'huile refroidie.

Le débit de la pompe de gavage est bien supérieur à celui qui est nécessaire pour compenser les fuites, afin d'échanger une certaine quantité d'huile circulant dans le circuit de puissance pour la remplacer par une quantité équivalente d'huile à une température normale. Cet échange est rendu possible par la présence d'un distributeur automatique appelé **sélecteur d'échange d'huile**, qui est piloté par la différence de pression existant entre la conduite haute-pression et la conduite basse-pression de la pompe principale.

Au travail, la pression de gavage est maintenue à une valeur suffisante par un **limiteur de pression** placé à la sortie du sélecteur d'échange d'huile. Ce limiteur est taré à une pression inférieure d'environ 5 bars à celle du limiteur de la pompe de gavage.

. Le circuit de retour des fuites (fig. **178**) :

Dans l'exemple de la figure **178**, le circuit des fuites est commun avec l'évacuation de l'huile sortant du sélecteur. Il traverse successivement le carter du moteur, le carter de la pompe et un échangeur de chaleur avant de retourner au réservoir. Outre la simplification des raccordements, ce montage permet de maintenir les principaux éléments du circuit à la même température.

Les transmissions hydrostatiques pour l'avancement utilisent des pompes à cylindrée variable et pistons axiaux, appelées aussi pompes à barillet rotatif. C'est **l'ensemble constitué par le barillet et les pistons qui tourne devant un plateau inclinable** (fig. **179** et **180**).

Ainsi, la course des pistons peut être modifiée en fonction de l'inclinaison du plateau. Si le plateau se trouve placé perpendiculairement à l'axe du barillet, la course des pistons devient nulle et l'on est alors en position neutre. Toute modification de l'inclinaison du plateau de part et d'autre de cette position neutre permet de changer **le sens** et **la valeur** du débit de la pompe.

Les phases d'alimentation et de refoulement dans les cylindres en rotation sont assurées par **un collecteur à lumières** qui vient en appui contre le barillet. Ce dispositif d'alimentation, appelé aussi **"glace"**, doit être usiné avec une grande précision, un parfait état de surface étant une garantie de bonne étanchéité.

L'ensemble du dispositif constitue par conséquent une pompe à **cylindrée variable** avec **double sens de débit**. L'inclinaison du plateau est assurée par un dispositif de servo-commande qui comprend (fig. **180**) :

- deux vérins antagonistes qui assurent le positionnement du plateau,

- un distributeur hydraulique qui alimente les vérins de servo-commande, en prélevant une partie de l'huile du circuit de gavage,

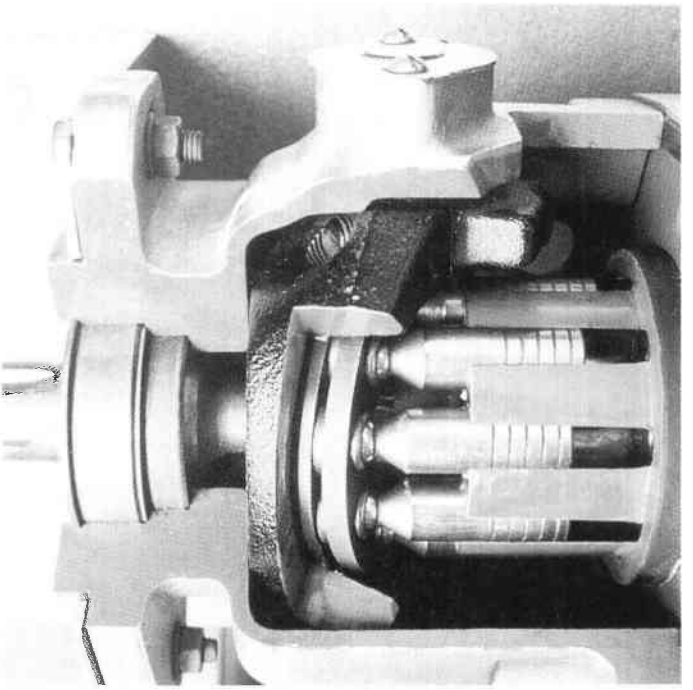


Fig. 179 — **Vue en coupe d'une pompe Vickers à pistons axiaux et plateau inclinable** *(photo et coupe CEMAGREF).*

- un asservissement mécanique qui lie le distributeur à la manette de commande et au plateau, afin d'**asservir le débit de la pompe principale (angle du plateau) à la position de la manette de commande**.

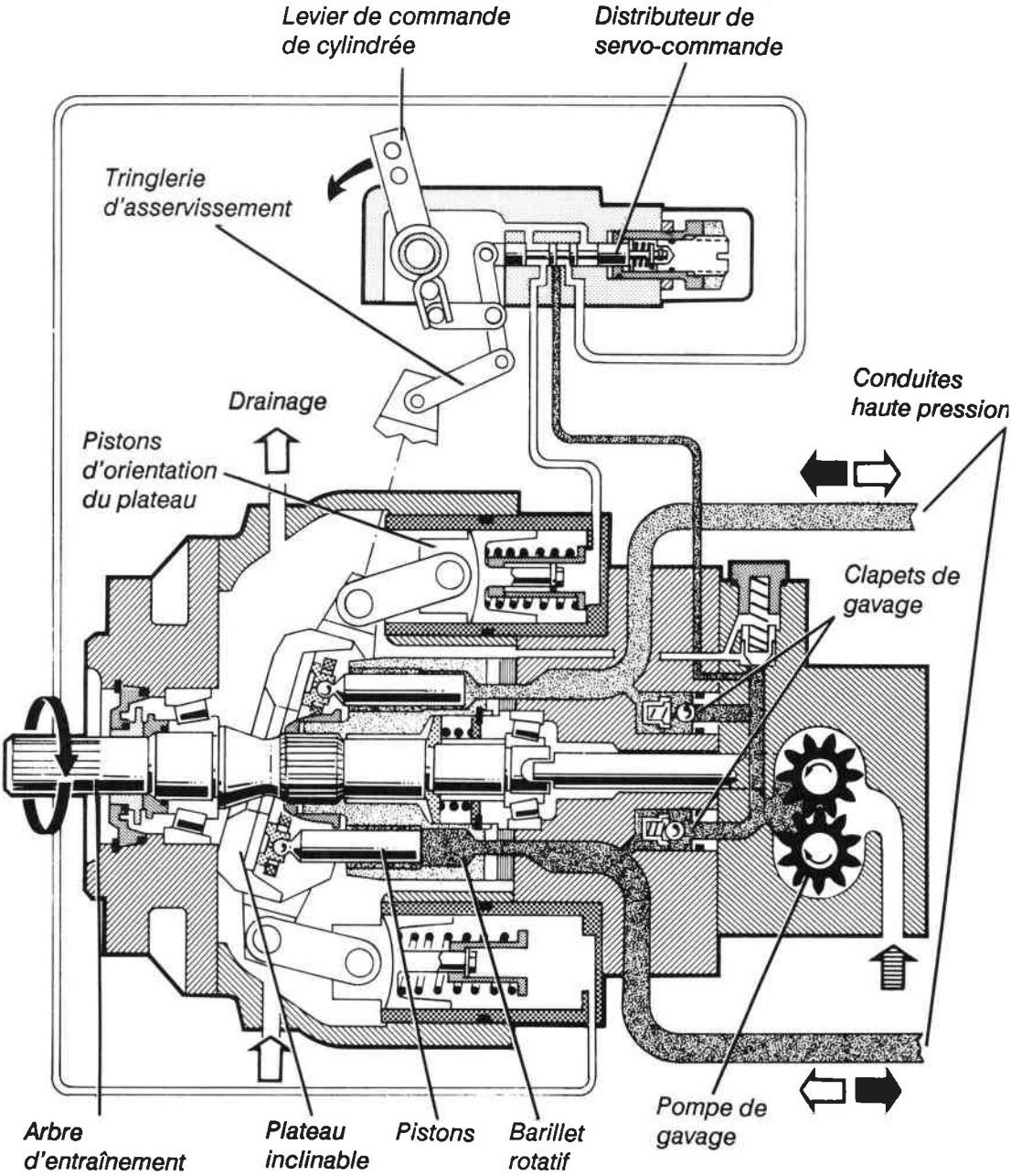


Fig. 180 — **Principe d'une pompe hydraulique à pistons axiaux et cylindrée variable** *(document Sauer).*

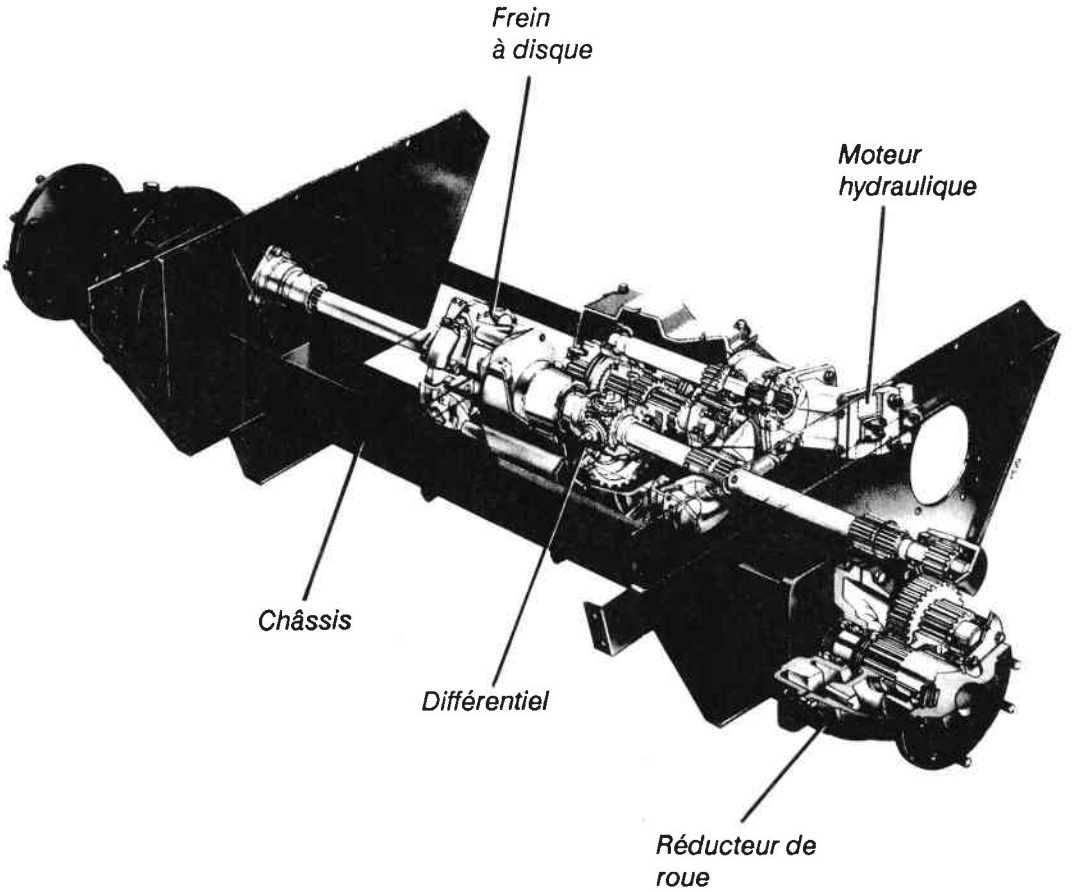


Fig. 181 — **Transmission mécanique finale d'une moissonneuse-batteuse à transmission hydrostatique.**

La transmission hydrostatique pour l'avancement est généralement assurée par un seul moteur hydraulique entraînant le pont moteur (fig. **181**). Selon les cas, il s'agit soit d'un **moteur à pistons axiaux** de conception semblable à la pompe décrite précédemment, mais avec un plateau à inclinaison fixe ; soit d'un **moteur à pistons axiaux à barillet incliné** (fig. **182**). Dans ce cas, la liaison plateau-pistons est assurée par des **bielles à rotules** et la course des pistons correspond à l'angle d'inclinaison du barillet par rapport au plateau. La culasse du moteur porte les orifices haute pression et le sélecteur d'échange d'huile.

• L'ENTRETIEN DES TRANSMISSIONS HYDRAULIQUES :

. Les huiles :

Compte tenu de la précision de construction des dispositifs hydrauliques, les huiles hydrauliques doivent être exemptes :

- de particules métalliques provenant de l'oxydation et de l'usure,

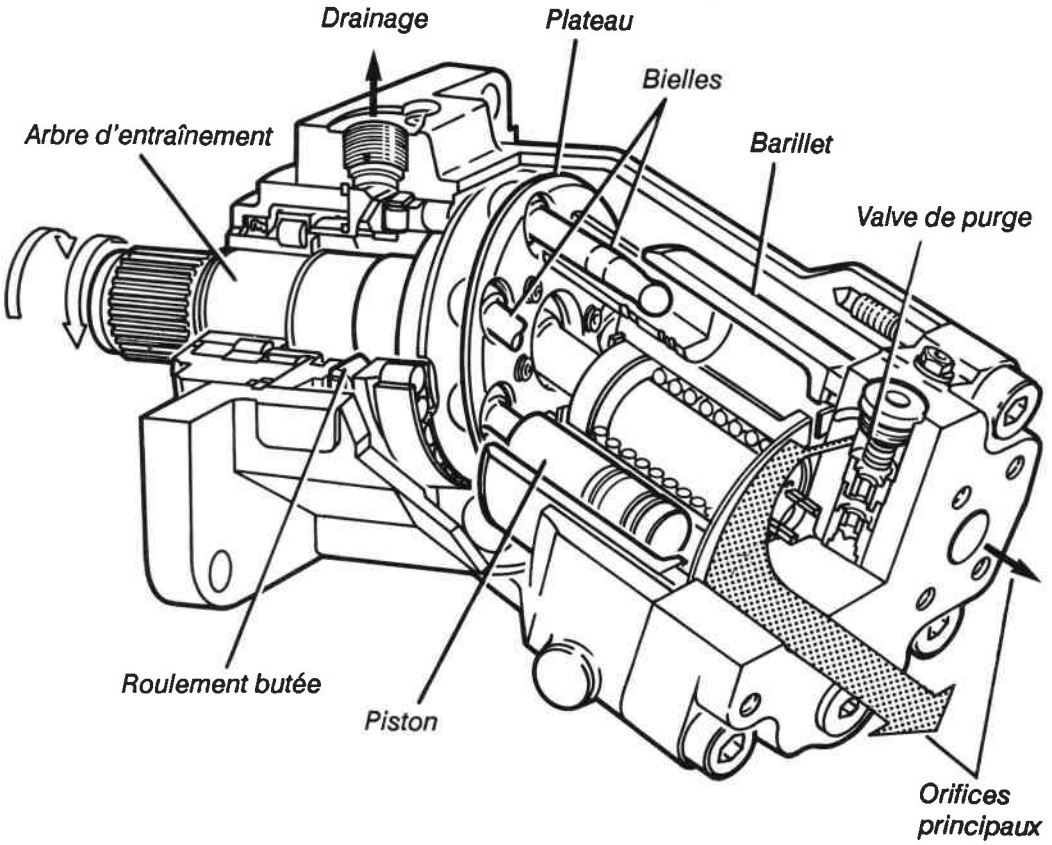


Fig. 182 — **Moteur hydraulique à barillet oblique et cylindrée fixe** *(document Linde).*

- de bulles d'air qui rendraient le liquide moins incompressible,
- de toute émulsion avec l'eau qui serait nuisible à la conservation des surfaces actives des valves et des clapets.

Outre le respect de sa périodicité de remplacement, l'huile utilisée doit posséder les qualités de viscosité et les spécifications de performance prescrites par les constructeurs. Les huiles hydrauliques sont classées selon deux critères, la **classification de viscosité** d'après la norme ISO 3448, (32, 46, 68 et 100 mm²/s à 40°C), et la **classification de performance** indiquée par la norme française NFE 48-603 (**HR**, **HM**, **HV**,...).

. Les filtres :

Les filtres (fig. **183**) peuvent être disposés en un ou plusieurs endroits du circuit : en amont de la pompe principale en circuit ouvert ou de la pompe de gavage en circuit fermé, mais aussi sur le circuit haute pression, sur le circuit de retour au réservoir, sur le circuit de retour des fuites.

Selon la technologie des composants et l'emplacement des filtres, la **finesse de filtration** des éléments filtrants varie de **5 à 40 microns**.

Il importe de remplacer les filtres aux échéances prescrites par les constructeurs, car la fiabilité et la durée de vie d'une installation hydraulique dépendent en grande partie de la constante et parfaite propreté de l'huile utilisée.

. Les échangeurs de chaleur :

Ce sont en général des **radiateurs d'huile** (fig. **176**) destinés à éviter que le fluide hydraulique n'atteigne une température trop élevée. Situés le plus souvent sur la conduite de retour général ou sur le circuit de gavage des circuits fermés, ils doivent être fréquemment vérifiés et nettoyés, afin d'éviter tout risque de colmatage pouvant entraîner une surchauffe et des dégâts importants (grippage des pompes ou des moteurs hydrauliques,..).

Rappelons que les perturbations des circuits hydrauliques sont essentiellement causées par **les impuretés, la chaleur, les pertes de charge, les coups de bélier et la cavitation** :

- les impuretés constituent le principal ennemi des transmissions hydrauliques. Il s'agit soit de particules provenant du fonctionnement des organes (limailles, débris de joints...), soit de particules extérieures (poussières de terre ou de récolte...), ou bien d'eau provenant en particulier de la condensation de l'air dans les carters et les réservoirs.

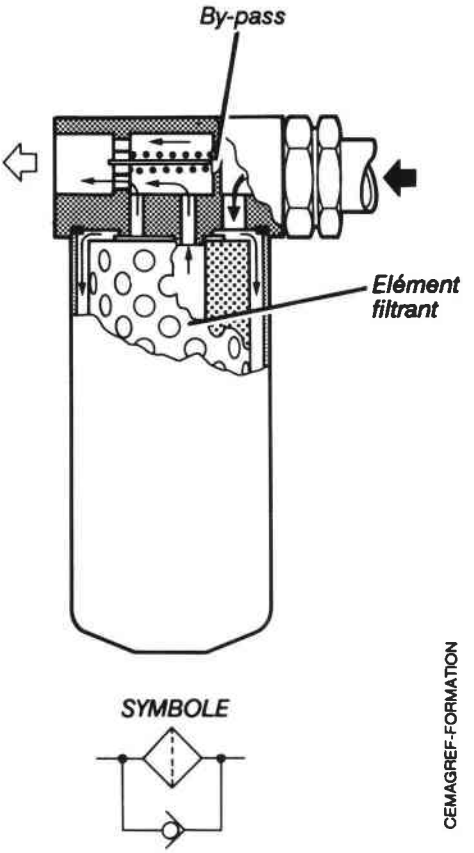


Fig. 183 — **Filtre hydraulique.**

L'eau corrode les surfaces métalliques, tandis que les particules solides sont à l'origine d'une usure prématurée et de rayures entraînant des fuites internes.

La meilleure protection contre les impuretés consiste :

- à respecter les échéances de remplacement des filtres et de l'huile,

- à effectuer, dans la plus grande propreté, les opérations d'entretien (vidanges, filtres), de raccordement et de remplacement des flexibles,

- à veiller à la présence et au bon état des bouchons de remplissage.

- la chaleur est le résultat des frottements mécaniques et hydrauliques. En fonctionnement normal, elle est échangée, avec l'air ambiant, par les tuyauteries, carters et radiateurs (échangeurs). Le plus souvent, la température maximale de l'huile se situe entre 60 et 80°C. En cas d'échauffement anormal (échangeur colmaté, fuite interne importante, surcharge...), la température peut dépasser 120°C et entrer dans une spirale dangereuse.

L'expression spirale évoque l'interaction entre la température et la viscosité de l'huile : plus la température s'élève, plus la viscosité diminue, plus les fuites internes augmentent, plus la température croît et ainsi de suite jusqu'au grippage des organes.

- les **pertes de charge se traduisent par une chute de pression et par une élévation de la température.** Leur valeur est d'autant plus importante que l'on s'éloigne de la source d'énergie.

Elles sont essentiellement fonction de la rugosité interne des conduites, des accidents du parcours (coudes, étranglements,...), de la vitesse d'écoulement du liquide et de la viscosité cinématique de l'huile utilisée.

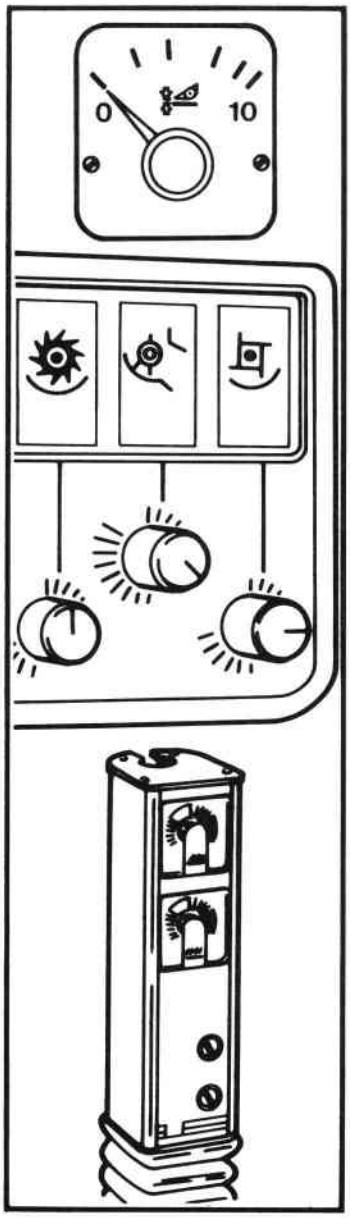
- les **coups de bélier** sont la conséquence d'une très brusque modification du régime d'écoulement d'un liquide dans une conduite. Les circuits sont alors soumis à des surpressions importantes qui détériorent les systèmes d'étanchéité, fatiguent les composants et peuvent provoquer l'éclatement des conduites.

- **la cavitation** est un phénomène physique caractérisé par des ondes vibratoires (pression intense et hautes fréquences), capables de détériorer, voire de détruire des éléments de pompes ou de moteurs hydrauliques. La cavitation est due à la présence, dans l'huile, de nombreuses micro-bulles de vide ou d'air causées par des difficultés d'alimentation, des prises d'air intempestives ou de la mousse.

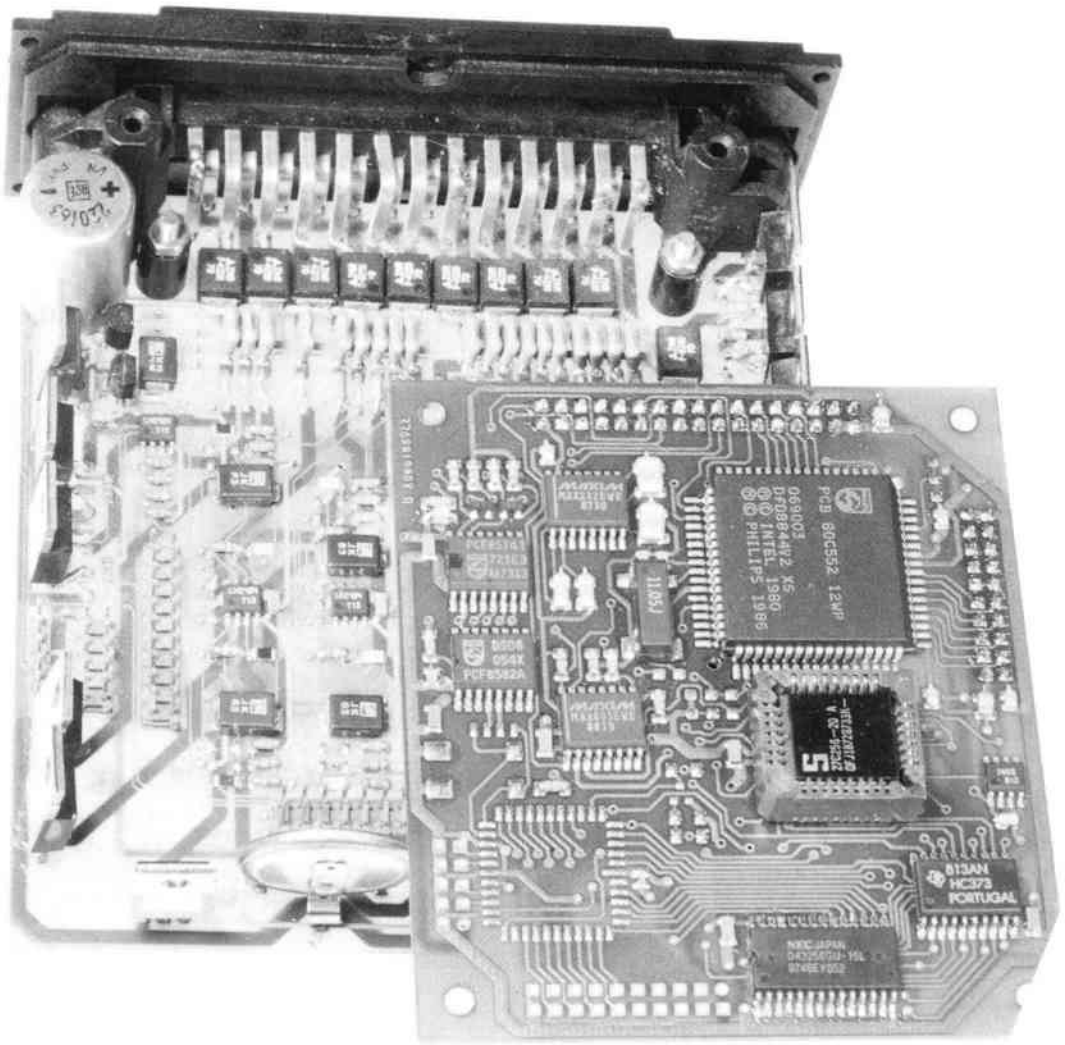
Lorsqu'elles passent des secteurs basse à haute pression (ou vice versa) d'une pompe ou d'un moteur hydraulique, les micro-bulles de vide ou d'air, provoquent des vibrations localisées qui peuvent arracher des particules de métal.

LES AUTOMATISMES ET LES SYSTÈMES D'AIDE À LA CONDUITE

7



- Les différents niveaux d'électronique embarquée 193
- Les indicateurs (monitoring) 194
- Les automatismes 195
- Le rôle des capteurs 196
- Les contrôleurs de mouvement 197
- Les détecteurs de perte de grains .. 200
- Les consoles d'aide à la conduite ... 202
- Les systèmes de correction de niveau 203
- Les systèmes de guidage de la table de coupe 205
- La mesure des quantités récoltées et la localisation 210



Circuits électroniques de l'unité de commande du système Claas ''Autocontour''.

• LES DIFFÉRENTS NIVEAUX D'ÉLECTRONIQUE EMBARQUÉE :

Avant d'analyser les différents niveaux d'utilisation de l'électronique, observons les relations habituelles entre un conducteur et une machine dépourvue d'électronique (fig. **184**) : chaque fonction de la machine est directement sollicitée par le conducteur qui dispose de commandes appropriées. Selon les cas, il s'agit de commandes directes utilisant des actionneurs mécaniques (leviers, pédales, manivelles,...), ou des commandes assistées par des actionneurs hydrauliques (vérins, moteurs,...) ou électro-magnétiques (électro-aimants, moteurs, vérins,...).

Au travail, **le conducteur perçoit directement son environnement** de travail : **il voit** sa machine, **il l'entend, il subit** des vibrations provenant de la machine elle-même ou du terrain, et **il peut aussi sentir** des odeurs anormales (fuite, échauffement).

A partir des informations fournies par ses propres sens, l'utilisateur **analyse** le travail en cours et le **compare** au résultat souhaité (fig. **184**) ; si nécessaire, il prend la décision d'agir sur telle commande ou tel réglage, afin de mieux parvenir à ses objectifs.

Ce type de **relation homme-machine**, en apparence "naturelle", peut conduire à des conditions de travail très pénibles si l'on tient compte de l'évolution des matériels et des méthodes de production : accroîssement des puissances et des vitesses de travail, outils combinés, travaux plus précis, réglages plus complexes,...

Pour concilier ces contraintes avec l'amélioration indispensable des conditions de travail, en particulier au niveau du confort et de la sécurité, les conducteurs ont de plus en plus besoin de **systèmes d'aide à la conduite** qui sont capables de transmettre les nombreuses indications nécessaires à la prise de décision et qui peuvent, selon les cas, effectuer automatiquement des opérations.

Selon leur degré d'évolution, les systèmes électroniques peuvent être classés en deux niveaux :

- **les indicateurs (monitoring),**
- **les automatismes.**

En pratique on remarque que le langage courant assimile, un peu abusivement, les équipements électroniques à des ordinateurs. En réalité, les équipements électroniques embarqués, appelés souvent **ordinateurs de bord** (fig. **185**) sont des **systèmes électroniques à microprocesseur**, tandis que les ordinateurs sont en général des micro-ordinateurs de bureau utilisés pour la comptabilité et l'organisation des exploitations.

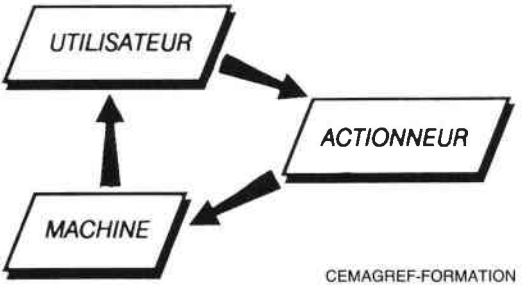


Fig. 184 — **Relation élémentaire conducteur-machine.**

Les systèmes embarqués à microprocesseur peuvent être conçus de manière à pouvoir être connectés aux **micro-ordinateurs** des exploitations agricoles, afin de transférer les paramètres enregistrés pendant le travail : surfaces traitées, quantités appliquées, consommations, temps de travaux...

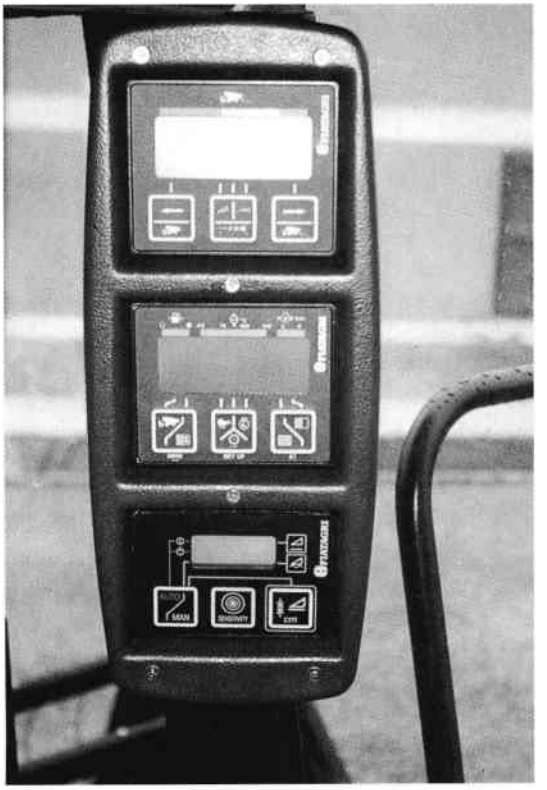


Fig. 185 — **Vue d'un ordinateur de bord Fiatagri.**

- **LES INDICATEURS (MONITORING)** :

Les équipements électroniques les plus simples et les plus courants ont pour rôle d'afficher des indications ou des informations.

La figure **186** montre le principe d'organisation d'un système d'indication. Des **capteurs** placés en différents points de la machine envoient des signaux à une unité centrale électronique qui traite les informations et les transmet à l'utilisateur, par l'intermédiaire d'afficheurs, de voyants ou d'alarmes sonores. L'homme conserve son rôle actif, au niveau de la prise de décision, de l'action, et des commandes. Rien ne lui interdit de passer outre ou de ne pas regarder les afficheurs.

Les capteurs jouent un rôle essentiel car, nous venons de le voir ci-dessus, ils doivent remplacer ou compléter les organes sensitifs du conducteur. N'en déduisons pas qu'ils sont forcément sophistiqués et complexes.

Sans la mise au point et l'adaptation de capteurs, les systèmes électroniques les plus évolués, privés d'informations, seraient "aveugles" et donc inopérants.

L'électronique peut conduire, à partir d'informations de capteurs et de calculs pouvant être complexes, à l'élaboration de données jusqu'a présent inaccessibles à l'homme.

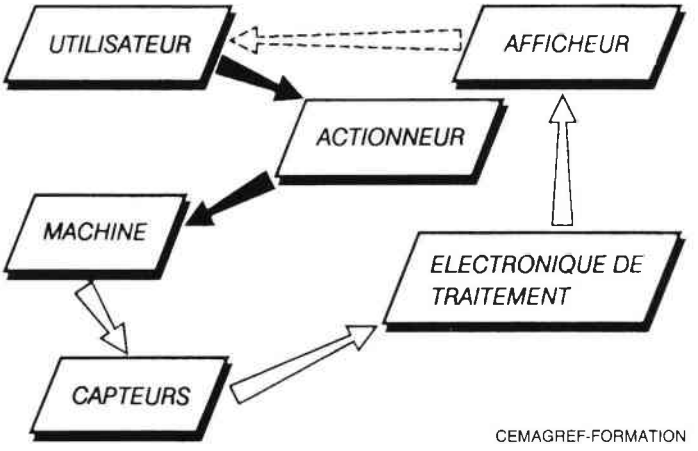


Fig. 186 — **Principe d'un système d'indication (monitoring).**

L'électronique d'indication, ou monitoring, ne se borne

pas à ce premier rôle de **remplacement de la perception humaine**. Elle permet aussi d'**apporter l'information en continu** et permet au conducteur d'effectuer des réglages depuis le poste de conduite, tout en contrôlant simultanément leur effet. Le gain de temps est évident et l'adéquation aux conditions de travail est meilleure, la limite étant la fatigue du conducteur.

- **LES AUTOMATISMES** (fig. **187**) :

La notion d'automatisme est connue depuis longtemps, indépendamment de l'apparition de l'électronique. Des automatismes étaient déjà utilisés à la fin du XVIIIème siècle : régulateurs de Watt, bélier hydraulique,...

Lorsqu'une grandeur mesurée agit, par l'intermédiaire de son capteur, sur un actionneur éventuellement en fonction d'une grandeur voulue par l'utilisateur (consigne), on réalise **un automatisme** ou **une boucle fermée** qui relie (fig. **187**) : **l'unité de commande - le ou les actionneur(s) - la machine - le ou les capteur(s) - l'unité de commande...** Cet automatisme est aussi appelé **"asservissement"** car chaque élément de la boucle est "asservi" à une valeur de consigne, déterminée soit par le conducteur, soit par rapport à une référence physique (effort) ou à une référence spatiale (verticale, horizontale...).

La correction de pente des systèmes de nettoyage est un exemple d'asservissement courant.

Les systèmes électroniques permettent le développement des automatismes selon deux voies :

- le perfectionnement de systèmes existants en remplaçant des dispositifs hydrauliques ou mécaniques tout en permettant d'améliorer leur précision, leur fiabilité et le confort d'utilisation,

- la création de nouveaux asservissements qui n'auraient pas été possibles sans électronique, ou difficilement réalisables.

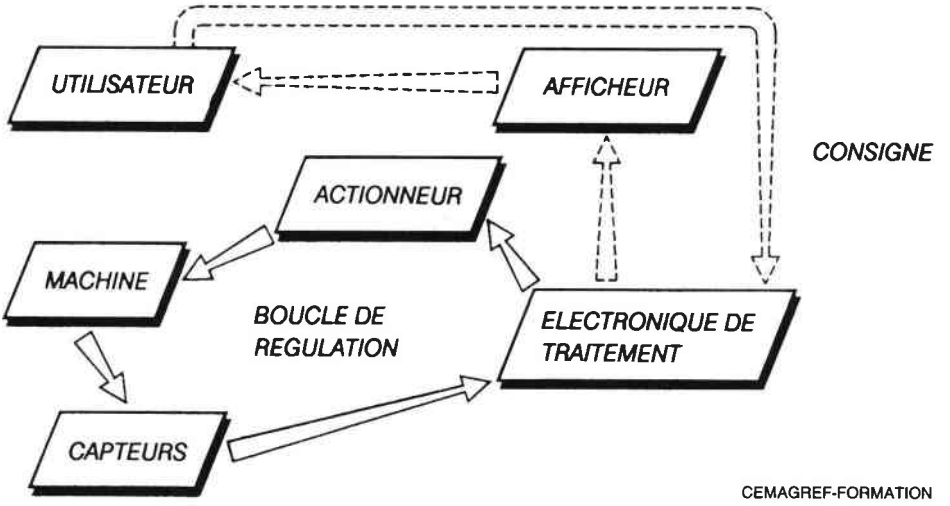


Fig. 187 — **Organigramme d'un automatisme.**

La figure **187** montre l'organigramme général d'un automatisme : les liaisons pointillées indiquent que l'automatisme peut fonctionner, selon les cas, avec ou sans l'intervention du conducteur.

L'électronique peut informer ou non l'utilisateur de la valeur de la grandeur à réguler (afficheur de la position de la table de coupe par exemple). La régulation peut se faire ou non autour d'une **valeur de consigne** fixée par l'utilisateur.

• LE RÔLE DES CAPTEURS :

Les capteurs sont les **organes sensitifs** de tous les équipements électroniques. C'est de leur mode de fonctionnement et de leur adaptation au problème à résoudre que l'on détermine la nature des circuits électroniques de traitement des informations.

Un grand nombre de problèmes peuvent être assez facilement résolus par l'électronique et l'informatique, à condition de bien connaître les processus opératoires des machines et surtout de disposer des capteurs capables de connaître l'état des processus que l'on veut contrôler.

Les capteurs sont des organes, parfois très simples, utilisés pour **"connaître" ou mesurer des grandeurs physiques** et **"informer" les systèmes électroniques**. La grandeur physique mesurée par le capteur est transformée en **signaux électriques binaires ou analogiques**. Selon les signaux qu'ils fournissent, les capteurs peuvent être classés en deux catégories :

- les capteurs Booléens qui fournissent directement, ou après traitement, un **signal binaire** 0 ou 1 (signal tout ou rien).

Parmi les nombreux principes de capteurs Booléens, citons **les interrupteurs mécaniques, les interrupteurs magnétiques à lame souple (I.L.S), les capteurs inductifs à réluctance variable, les capteurs inductifs à courants de Foucault, les capteurs à effet Hall, les capteurs optiques...**

Les capteurs inductifs à réluctance variable, à courants de Foucault et à effet Hall sont aussi appellés **détecteurs de proximité**, car leur fonction essentielle est de déceler le passage, la présence ou le mouvement d'une pièce.

- les capteurs scalaires qui donnent une **information analogique**, c'est-à-dire **analogue ou proportionnelle à la valeur mesurée**. Le qualificatif "scalaire" vient du latin "scala" qui signifie échelle. Parmi les systèmes les plus utilisés, citons :

- les capteurs de position à potentiomètre, à magnéto-résistance, à bobines différentielles, à variation d'inductance,
- les jauges de contraintes à fil résistant et les jauges de contraintes magnéto-élastiques,
- les thermo-couples,
- les capteurs piezo-électriques,
- les capteurs à ultra-sons,
- les radars à effet Doppler...

• **LES CONTRÔLEURS DE MOUVEMENT** (fig. **188**) :

Les contrôleurs de mouvement sont des systèmes d'indication (monitoring) qui permettent d'alerter le conducteur en cas d'arrêt intempestif ou de modification du régime d'un organe de la moissonneuse-batteuse ; arbre de ventilateur, secoueur, table à grain,... L'anomalie étant généralement provoquée par la rupture ou le patinage d'une courroie.

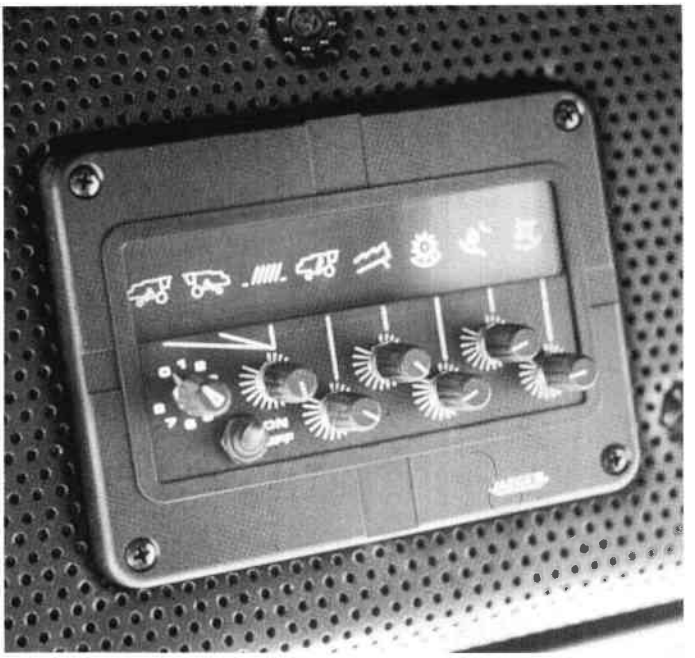


Fig. 188 — **Vue d'une console pour la surveillance des mouvements.**

Les contrôleurs de mouvement sont devenus indispensables avec le développement des cabines, l'amélioration du confort et donc la réduction du niveau sonore dans le poste de conduite. Le système de contrôle se présente le plus souvent sous la forme d'une console qui dispose de potentiomètres permettant au conducteur de régler le seuil de mise en action d'une alarme optique et/ou, sonore. Prenons un exemple : le régime normal du batteur pour une récolte donnée est de 900 tr/min et la chute de régime admissible est de 10 %. Avant le travail, le conducteur règle tout d'abord la vitesse du batteur à 810 tr/min (900 tr/min - 10 %), puis il ajuste le potentiomètre de la fonction batteur au point d'alarme. Au terme de l'**"étalonnage"** des différentes fonctions, le conducteur peut récolter aux régimes souhaités et est aussitôt informé si la vitesse d'un organe chute de 10 % ou plus.

Les contrôleurs de mouvement fonctionnent grâce à des capteurs placés près des organes à surveiller. Parmi les capteurs utilisés, citons les **interrupteurs magnétiques à lame souple (I.L.S)**, les **capteurs inductifs à réluctance variable,** les **capteurs inductifs à courants de Foucault** et les **capteurs à effet Hall.**

. Les interrupteurs magnétiques à lame souple (I.L.S) (fig. **189** et **190**) :

Appelés aussi interrupteurs à distance, ces capteurs sont constitués d'une lame flexible servant d'interrupteur, placée dans une ampoule en verre contenant un gaz inerte. A chaque fois qu'un aimant mobile passe à proximité de l'"I.L.S", la lame est

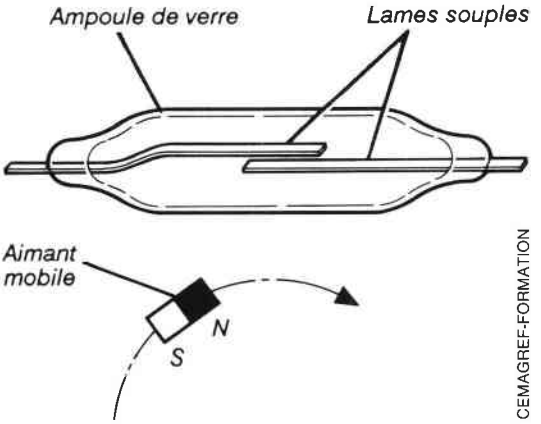


Fig. 189 — **Principe d'un capteur à lame souple (I.L.S.).**

attirée et le contact se ferme. On rencontre souvent des capteurs I.L.S pour le contrôle du mouvement des élévateurs à otons, élévateurs à grain, convoyeur, tamis rotatif... L'aimant rotatif est fixé avec un collier sur les arbres à contrôler. Pour les grilles de nettoyage et autres organes à mouvement alternatif, l'aimant est vissé sur la partie mobile.

Ils peuvent aussi être utilisés en milieu liquide pour le contrôle du niveau de liquide de refroidissement pour la surveillance des circuits de refroidissement des moteurs.

Les arbres plus rapides sont généralement équipés de détecteurs de proximité ou de capteurs inductifs décrits plus loin.

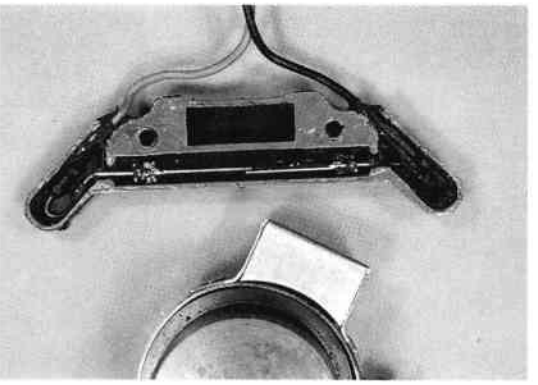


Fig. 190 — **Vue en coupe d'un interrupteur magnétique à lame souple.**

. **Les capteurs inductifs à réluctance variable** (fig. **191** et **192**) :

Placés à proximité d'organes ferromagnétiques mobiles (fer ou acier), ils sont constitués simplement d'un aimant permanent et d'un bobinage non alimenté. Observons la figure **191** : la roue étant en rotation et lors du passage d'une dent devant le capteur, le flux magnétique généré par l'aimant se "concentre" pour traverser le fer, beaucoup plus perméable que l'air. Le flux qui traverse la bobine augmente, et sa variation, engendrée par le passage de la dent devant le capteur est détectée par le bobinage. Inversement, lorsque la dent s'éloigne de la zone d'influence, le flux qui traverse la bobine diminue. Celle-ci est traversée par un courant induit qui tend à prolonger le flux magnétique existant. C'est une application de la LOI DE LENZ.

Le capteur inductif se comporte comme un véritable petit **alternateur** et le **signal de sortie** est une tension alternative, de fréquence identique à celle du passage des dents.

Très simples et peu coûteux, ces capteurs sont très souvent utilisés, comme **capteurs de rotation** (fig. **192**). Leur principe ne permet pas de détecter la **présence** d'une pièce, mais uniquement son **passage** ; à condition toutefois qu'elle soit réalisée en métal ferreux.

Les applications les plus courantes des capteurs inductifs à réluctance variable sont :

- la mesure du régime des moteurs,

- la mesure des vitesses théoriques d'avancement, en plaçant le capteur devant un pignon de sortie de boîte de vitesses par exemple,

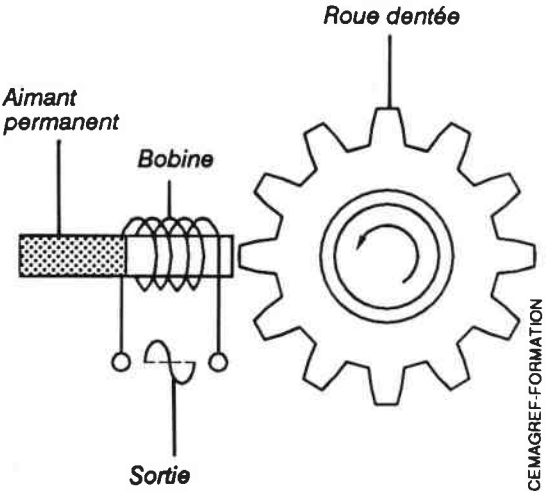


Fig. 191 — **Principe d'un capteur inductif à réluctance variable.**

- la mesure des vitesses des arbres dont on veut connaître le régime avec précision : batteur, ventilateur, broyeur...

. **Les capteurs inductifs à courants de FOUCAULT** (fig. **193** et **194**) :

Appelés aussi **détecteurs de proximité inductifs**, ils fonctionnent en faisant appel aux courants de FOUCAULT et sont utilisés comme capteurs de position ou de vitesse de rotation.

Ils se composent essentiellement d'**un oscillateur** et de bobinages qui génèrent un champ magnétique alternatif.

Rappelons qu'une pièce métallique soumise à un champ magnétique variable tend à se comporter comme un bobinage élémentaire, donnant naissance à des courants induits dont les effets s'opposent à la variation de flux. Ces courants induits, qui se propagent à l'intérieur de la pièce, sont appelés courants de Foucault.

Lorsqu'un écran métallique est placé devant la face sensible du capteur, les courants de FOUCAULT, induits dans l'écran, déséquilibrent l'oscillateur.

Après mise en forme de cette information, un circuit de commutation délivre un signal de sortie équivalent à un contact à fermeture ou à ouverture suivant les modèles d'appareils. Le mode à fermeture correspond à un détecteur dont la sortie (transistor ou thyristor) devient passante en présence d'un écran, et inversement.

L'avantage des **capteurs inductifs à courants de FOUCAULT** est qu'ils permettent de détecter la **présence** ou **le passage d'une pièce** réalisée avec n'importe quel type de métal (aluminium, cuivre, fer...).

. **Les capteurs à effet Hall** (fig. **195** et **196**) :

Du nom du physicien qui l'a observé, **l'effet HALL** correspond à l'apparition d'une tension perpendiculaire au sens du courant, sur **une plaquette semi-conductrice** placée dans un champ magnétique (fig. **195**). Cette tension est proportionnelle au produit du champ magnétique par le courant.

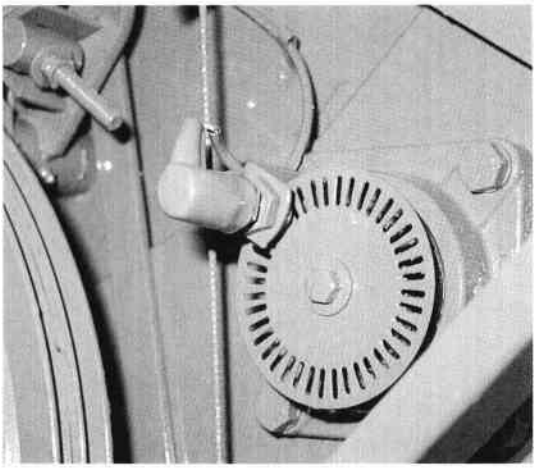


Fig. 192 — **Capteur de rotation à réluctance variable sur une moissonneuse-batteuse Deutz-Fahr.**

CEMAGREF-FORMATION

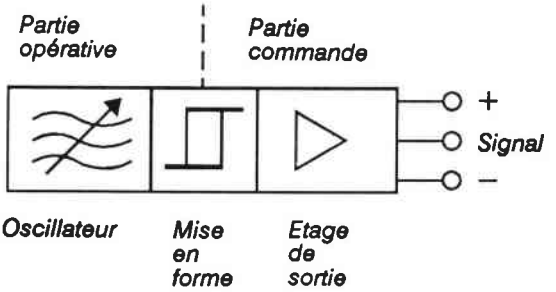


Fig. 193 — **Principe d'organisation d'un capteur inductif à courants de Foucault.**

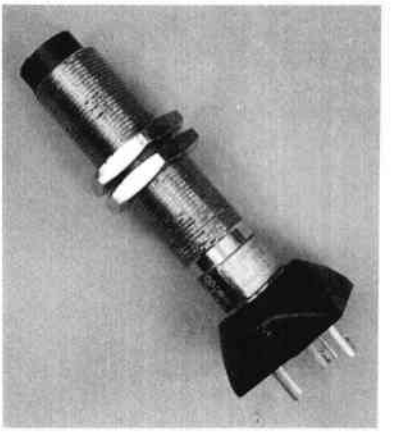
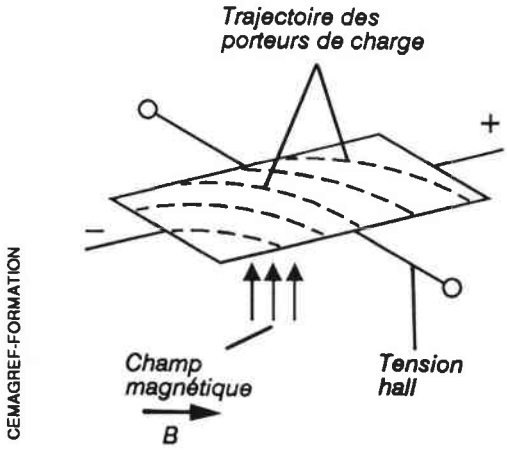


Fig. 194 — **Capteur de proximité à courants de Foucault.**



CEMAGREF-FORMATION

Fig. 195 — **Principe de l'effet HALL.**

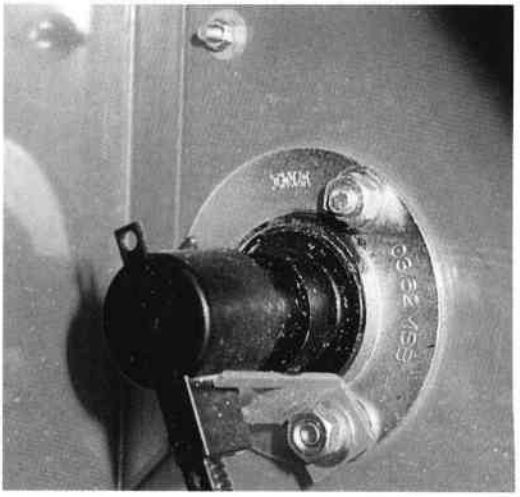


Fig. 196 — **Capteur de rotation à effet Hall sur une moissonneuse-batteuse Massey-Ferguson.**

Habituellement utilisé pour mesurer les champs magnétiques, l'effet Hall peut servir à l'élaboration de capteurs capables de détecter des plots magnétiques.

La face sensible d'un capteur à effet Hall est constituée de semi-conducteurs (antimonium d'indium ou arséniure d'indium) caractérisés par la grande mobilité de leurs électrons.

Parmi les nombreuses applications possibles, citons les capteurs des contrôleurs de rotation des arbres (moissonneuses-batteuses Dronningborg et Massey-Ferguson, fig. **196**), et le capteur de vitesse d'avancement utilisé par la société Dickey-John ; dans ce dernier cas, une couronne de plots magnétiques est préalablement fixée sur le voile d'une roue du véhicule.

• LES DÉTECTEURS DE PERTE DE GRAINS :

Il s'agit certainement d'**un des premiers systèmes d'indication** électroniques utilisés en agriculture, puisque des détecteurs de perte de grains ont été déjà proposés en option au début des années 1970.

L'équipement comprend une console d'affichage (fig. **197**) à aiguille ou à diodes lumineuses et des capteurs placés à la sortie des secoueurs et des grilles (fig. **198**). Les capteurs sont en fait de véritables **microphones piézoélectriques** montés sur des supports dont les surfaces sensibles sont plates ou tubulaires.

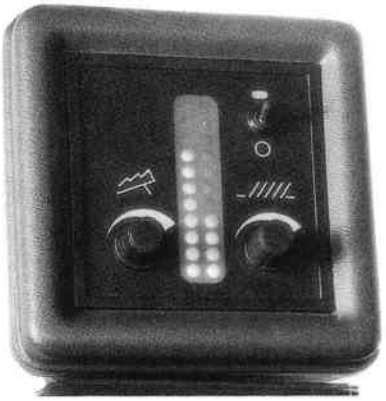


Fig. 197 — **Console d'un indicateur de pertes de grain à diodes électro-luminescentes (Ford New-Holland)**

Selon les constructeurs, les supports des capteurs peuvent être de la largeur des grilles, ou en plusieurs éléments répartis sur la largeur.

Les capteurs fonctionnent sur le principe du **"cristal piezo-électrique"** : certains cristaux (quartz par exemple) soumis à une contrainte mécanique ont la particularité de générer une charge électrique (fig. **199**). Plus les pertes de grains sont élevées, plus le nombre d'impacts sur **les surfaces sensibles** est élevé et plus le "signal" électrique de détection est grand.

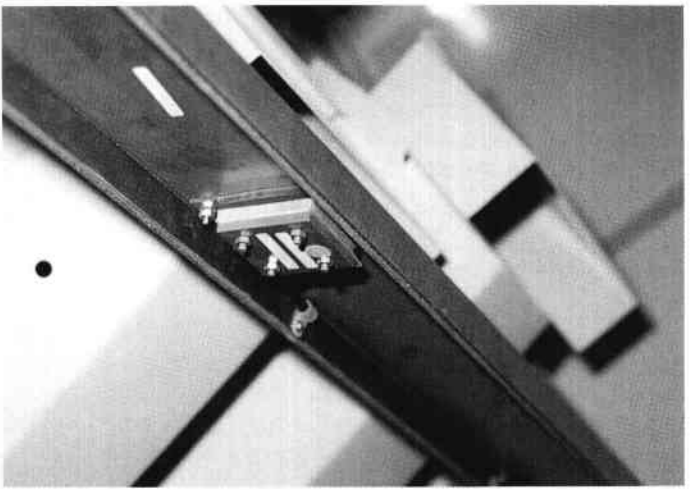


Fig. 198 — **Vue d'un capteur de perte de grain placé à la sortie des secoueurs.**

Les détecteurs de pertes de grains ne permettent pas de quantifier les grains perdus, mais ils donnent au conducteur une information significative sur les conditions de récolte et l'efficacité de telle ou telle modification de réglage (vitesse batteur, écartement contre-batteur, ventilation, réglage des grilles,...).

Les détecteurs de perte de grains nécessitent un **étalonnage** en fonction du produit à récolter et un réglage du **seuil de perte** toléré.

- L'étalonnage consiste soit à positionner un bouton de sélection de la console du détecteur sur la position correspondant à la nature des grains récoltés (gros, moyens ou petits), soit à régler la **sensibilité du détecteur** à l'aide d'un potentiomètre pendant qu'une personne excite les capteurs en faisant tomber sur les surfaces sensibles, des grains représentatifs de la variété à récolter.

- Le réglage du seuil de perte consiste, pour chaque type de produit récolté à définir les **pertes admissibles** lors d'essais successifs suivis d'observations dans les andains et à afficher la consigne du seuil de perte la plus acceptable, en ajustant la position de l'afficheur à l'aide d'un potentiomètre de calibrage.

Grâce au détecteur de pertes de grains, le conducteur peut donc à tout moment rechercher l'utilisation maximale de la machine (vitesse de travail) tout en maîtrisant la qualité de son travail. Cela dit, il convient de ne pas tomber dans une attitude extrême qui conduirait à perdre beaucoup de temps pour "gagner" 10 ou 15 kg de grain par hectare (soit 0,16 % de perte pour

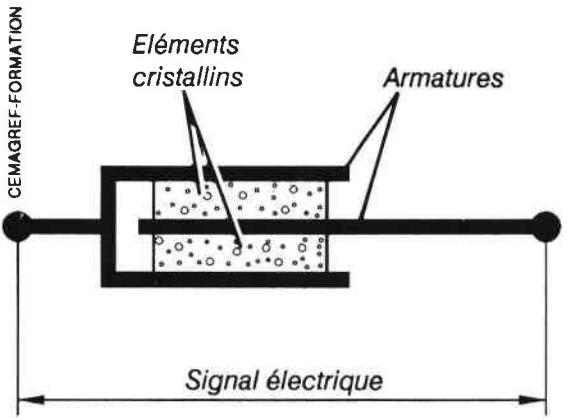


Fig. 199 — **Principe d'un capteur piezo-électrique pour la détection des pertes de grain.**

une récolte de 90 quintaux/ha. Le mode d'emploi des détecteurs de pertes de grains étant très variable selon les constructeurs, il convient d'observer avec attention le **manuel d'utilisation**, afin d'éviter toute interprétation erronée et de respecter les procédures d'étalonnage.

Parmi les perfectionnements récemment apportés aux détecteurs de pertes de grains, citons la **correction automatique de la sensibilité** selon la vitesse d'avancement et la **variation présumée d'humidité** (sonde de luminosité).

• LES CONSOLES D'AIDE À LA CONDUITE :

Ce terme regroupe toutes les formes de consoles d'indication placées dans les postes de conduite des moissonneuses-batteuses. Selon les cas, ces consoles comprennent les indicateurs de mouvement et les indicateurs de pertes de grains. Ils permettent généralement (fig. **200**) l'indication des régimes (moteurs, batteurs,...) de la surface récoltée (ha), du temps passé (heures), de la vitesse d'avancement (km/h), de la surface horaire (ha/h) et la totalisation du temps et des surfaces. Ils peuvent aussi alerter le conducteur en cas de fonctionnement anormal (surchauffe du moteur par exemple).

Les constructeurs proposent des consoles de plus en plus "conviviales" qui permettent une entrée plus facile des données, une meilleure souplesse d'utilisation et une capacité accrue de mémorisation et de traitement.

La figure **201** montre deux exemples d'affichage de la console vidéo des moissonneuses-batteuses Dronningborg et Massey-Ferguson. Outre les fonctions de surveillance, le système

Fig. 200 — **Console d'un ordinateur de bord Deutz-Fahr.**

Fig. 201 — **Deux exemples d'affichage vidéo du système "Datavision" de Massey-Ferguson.**

peut fournir au conducteur d'autres informations : aide au réglage, guide de maintenance de la machine, affichage des surfaces et quantités récoltées,...

• LES SYSTÈMES DE CORRECTION DE NIVEAU :

L'efficacité des secoueurs et des dispositifs de nettoyage des moissonneuses-batteuses est optimale lorsque le travail s'effectue sur terrain plat. En effet, c'est en position horizontale que la récolte se répartit le mieux sur toutes les surfaces de la table de préparation et des grilles, et que les effets de tamisage et de soufflage sont les plus efficaces.

Sur les terrains à faible pente, si le nettoyage est insuffisant ou si les pertes augmentent, le conducteur peut ajuster les réglages ou réduire la vitesse d'avancement ; en revanche, sur les terrains en pente plus importante le rendement et la qualité de travail des machines peuvent être sensiblement altérés si des dispositifs de correction de niveau ne sont pas utilisés.

Parmi les différents systèmes proposés, on distingue les **systèmes de correction de dévers** qui agissent seulement sur les organes de nettoyage et les systèmes à **correction intégrale** et spécial "coteaux" qui corrigent le niveau de l'ensemble de la machine (se reporter au chapitre 3 : la compensation de dévers et de pente).

Dans tous les cas, la correction automatique est obtenue grâce à des **capteurs de niveau**. Les systèmes les plus courants utilisent soit des **capteurs pendulaires** (fig. **202**), soit des **niveaux électroniques à bille** (fig. **205**) ou à **condensateur variable** (fig. **206**).

Ces capteurs jouent le rôle de fil à plomb (pendules) ou de niveau à bulle (inclinomètre). Ils informent une unité électronique qui agit sur la commande des électrodistributeurs des vérins hydrauliques de compensation (machines "coteaux"), ou sur des vérins électriques (caisson ou grilles à correction de devers). L'unité électronique traite les informations des capteurs et filtre les signaux indésirables dus aux secousses et vibrations.

- Les capteurs pendulaires :

Ils sont constitués d'un pendule qui agit soit sur des contacts mécaniques (fig. **202**), soit sur des contacts à lames souples (I.L.S).

Sur les machines à correction intégrale de pente (moissonneuses-batteuses "coteaux"), deux capteurs pendulaires sont utilisés : l'un pour la correction longitudinale (pente), l'autre pour la correction transversale (dévers).

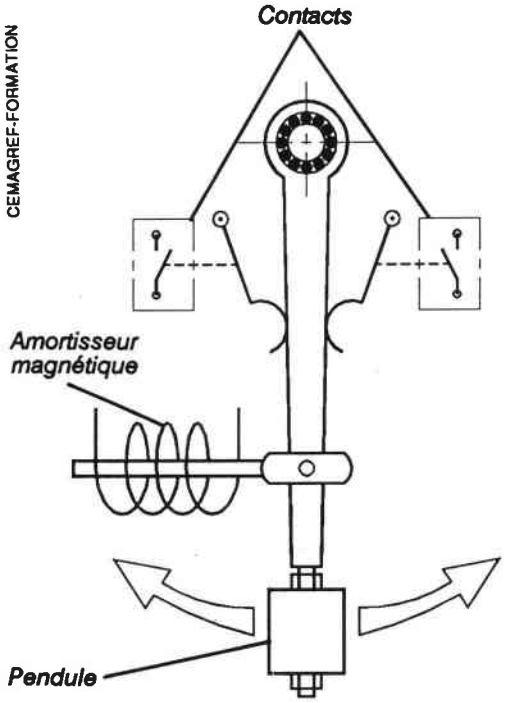


Fig. 202 — **Principe d'un capteur pendulaire à contacts mécaniques.**

Bien que les automatismes fassent souvent appel aux commandes électriques et électroniques, il existe aussi des systèmes hydrauliques. C'est le cas du pendule utilisé par Claas pour la commande du système 3D qui assure la correction de dévers, sans action sur le niveau d'un organe, en modifiant tout simplement le sens des vibrations de la table à grain (fig. **203**). Placé à l'intérieur d'un boitier cylindrique, le pendule agit sur un petit distributeur hydraulique qui alimente le vérin de commande de l'articulation du système de compensation.

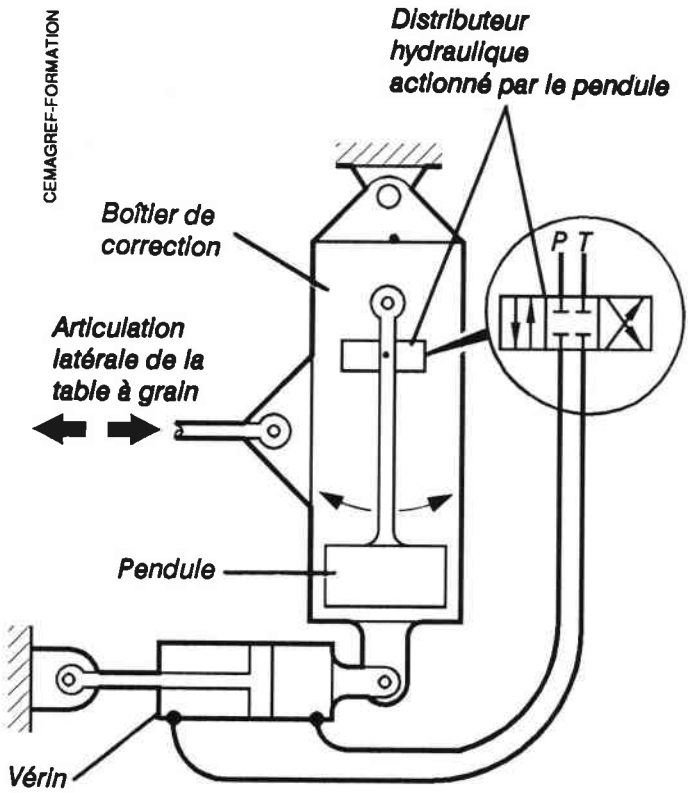


Fig. 203 — **Principe de la commande hydraulique de correction de dévers Claas "3D".**

- Les capteurs de niveau à bille :

La figure **204** montre le principe d'un niveau à bille. La bille d'acier peut circuler à l'intérieur d'un tube en verre horizontal muni aux extrémités de contacts. Si la bille vient toucher l'une ou l'autre des extrémités du tube, elle assure le contact électrique du côté correspondant à son déplacement.

Ce type de capteur de niveau est utilisé par Ford New-Holland pour la commande de correction de dévers du caisson de nettoyage. En dévers, le caisson est maintenu horizontal grâce à un vérin électrique commandé par (fig. **205**) une unité électronique, solidaire du caisson. Cette unité comprend le capteur de niveau à bille, son circuit électronique de temporisation et les relais de commande.

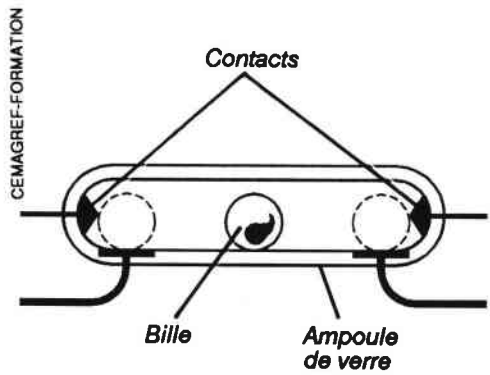


Fig. 204 — **Principe d'un capteur de niveau à bille conductrice.**

- Les capteurs de niveau à capacité variable :

Il s'agit de condensateurs à capacité variable dont les deux éléments capacitifs sont à demi immergés dans un liquide. La figure **206** montre ce type de capteur utilisé pour l'automatisme de correction de niveau des grilles de nettoyage sur les moissonneuses-batteuses Deutz-Fahr : lors-

que la machine travaille en dévers, le liquide reste horizontal et les plaques du condensateur, solidaires du boîtier et de la machine, s'inclinent en provoquant une modification de la surface des plaques et donc de leur capacité.

Cette modification de capacité constitue le signal qui permet à l'automatisme électronique de commander le vérin électrique de mise à niveau des éléments de la table de préparation et de la grille supérieure. La position réelle des grilles est mesurée par un capteur incorporé au vérin électrique.

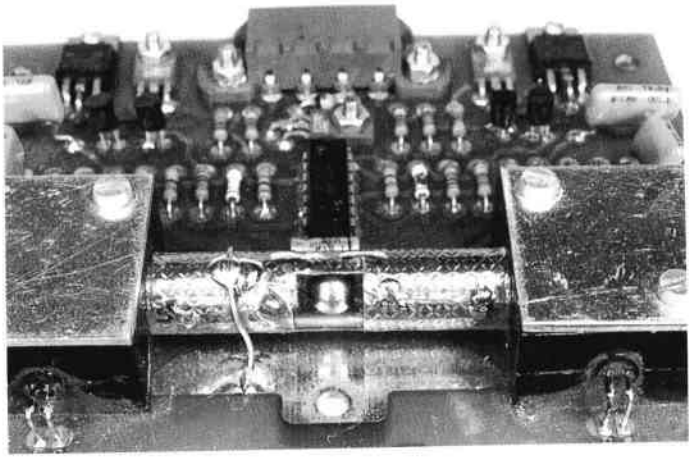


Fig. 205 — **Niveau à bille et circuit électronique pour la mise à niveau automatique du caisson de nettoyage Ford New-Holland "TX" et "TF".**

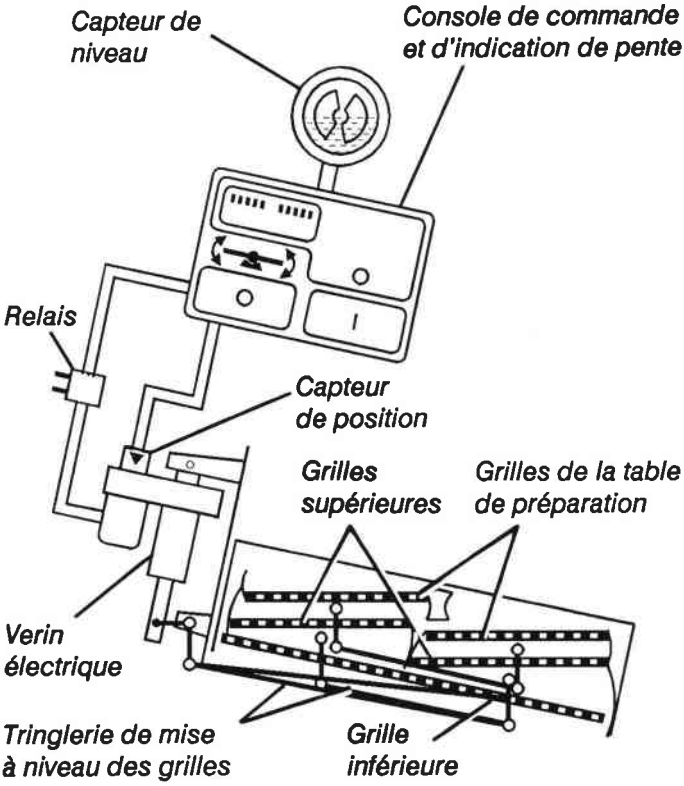
• LES SYSTÈMES DE GUIDAGE DE LA TABLE DE COUPE :

Parmi les différents systèmes rencontrés, citons le **pré-réglage de la hauteur de coupe, le réglage de la pression d'appui sur le sol, la correction d'assiette et le guidage automatique dans le rang.**

. **Le pré-réglage de la hauteur de coupe** (fig. **207**) :

La hauteur de coupe préréglée est un système qui assure le maintien de la table de coupe à une hauteur préréglée par le conducteur ; cet asservissement évite à l'utilisateur de surveiller son curseur au moment où il replace la coupe en position de travail.

Selon les cas, la hauteur de référence est déterminée à partir de la position du convoyeur (hauteur théorique) ou de la position de la table de coupe par rapport au sol grâce à des palpeurs (hauteur réelle).



Position de travail dans un dévers à droite de 25%

Fig. 206 — **Principe du système "Hang-control" Deutz-Fahr, pour la mise à niveau automatique des grilles de nettoyage.**

Dans le cas le plus simple (fig. **207**), le système comprend un contacteur commandé par un galet roulant sur un plan incliné. Le plan incliné se déplaçant avec le curseur fixé sur le convoyeur, la hauteur de coupe est obtenue lorsque le contacteur stoppe la descente de la coupe à la position prédéterminée par l'utilisateur. Le circuit de préréglage de la hauteur est seulement activé en descente, grâce au contact A ; un second contact B placé dans la poignée du distributeur principal permet momentanément de descendre la coupe plus bas que la hauteur affichée.

Le réglage de la pression d'appui sur le sol :

Ce dispositif est intéressant dans tous les cas où l'on est obligé de poser la coupe au sol : récolte des pois, céréales versées,... Sans asservissement, la pression d'appui de la table de coupe sur le sol dépend des irrégularités du terrain, à tel point qu'à la rencontre d'une bosse de terre par exemple, la barre de coupe peut pénétrer dans le sol en poussant la zone racinaire de la récolte, produisant un "effet bulldozer".

Le système le plus simple consiste à équiper les vérins de relevage de la table de coupe d'une suspension à accumulateurs hydropneumatiques, à pression réglable. La figure **208** montre le dispositif d'indication adopté par Ford New-Holland : pendant le travail, un manomètre indique au conducteur la pression hydraulique des vérins de relevage de la coupe. En position neutre du distributeur hydraulique, plus la pression indiquée par le manomètre est élevée, plus la pression d'appui de la table de coupe sur le sol est faible et vis et versa.

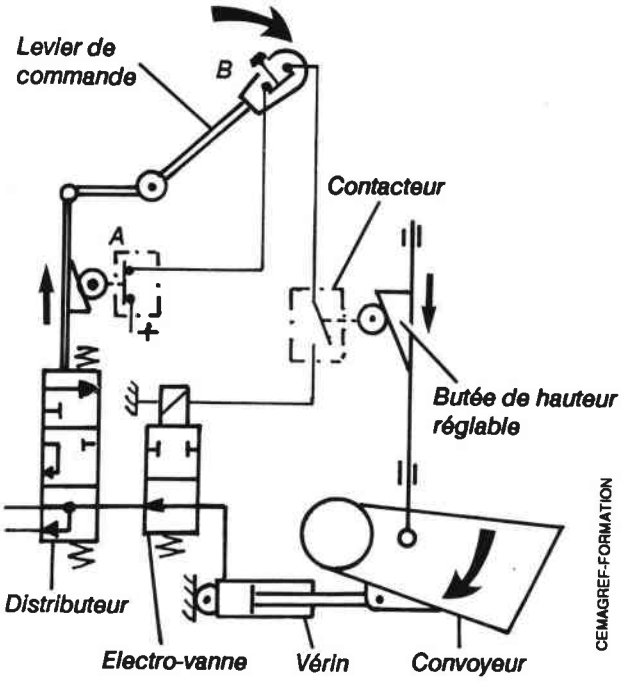


Fig. 207 — **Dispositif électro-hydraulique pour le pré-réglage de la hauteur de coupe.**

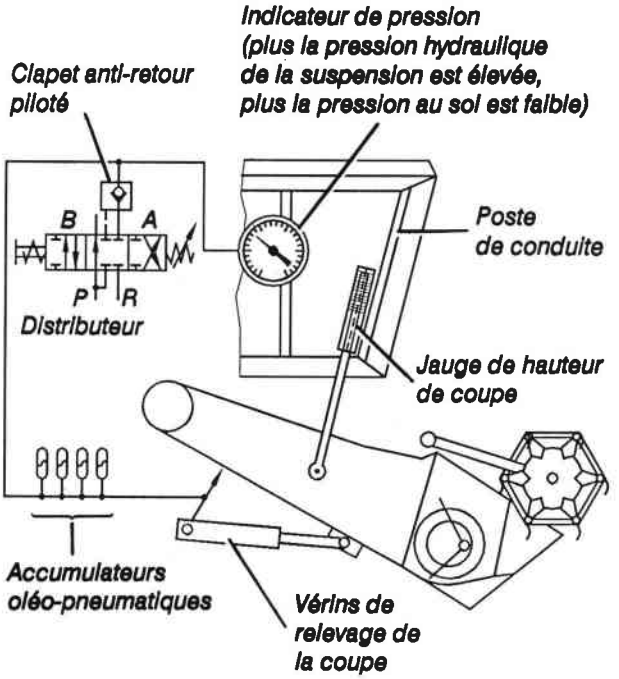


Fig. 208 — **Principe d'un indicateur de hauteur de coupe et de pression au sol.**

Si le conducteur juge que la pression au sol est trop élevée (pression hydraulique faible), il actionne le distributeur en position montée jusqu'à obtenir la pression souhaitée. Quatre accumulateurs hydro-pneumatiques constituent la capacité hydraulique nécessaire au débattement de la table de coupe en fonction des irrégularités du terrain.

La figure **209** montre le système Claas Contour monté sur les vérins à ressort du relevage de la coupe.

En suivant les ondulations du terrain, la table comprime plus ou moins ses ressorts de suspension : sur les bosses, les ressorts tendent à s'allonger, dans les creux, ils tendent à se comprimer. L'asservissement comprend un interrupteur double action commandé par les variations d'écrasement d'un ressort, par l'intermédiaire d'une came (plan incliné) solidaire du fond mobile du vérin. A chaque sollicitation de la table de coupe, due aux inégalités du terrain, l'interrupteur commande l'électrodistributeur en position montée ou descente. Le vérin s'allonge ou se raccourcit en suivant les mouvements de la table, tout en maintenant les ressorts à longueur constante et une force d'appui constante sur le sol. Une unité électronique appropriée filtre les à-coups et empêche le système de fonctionner de façon intempestive.

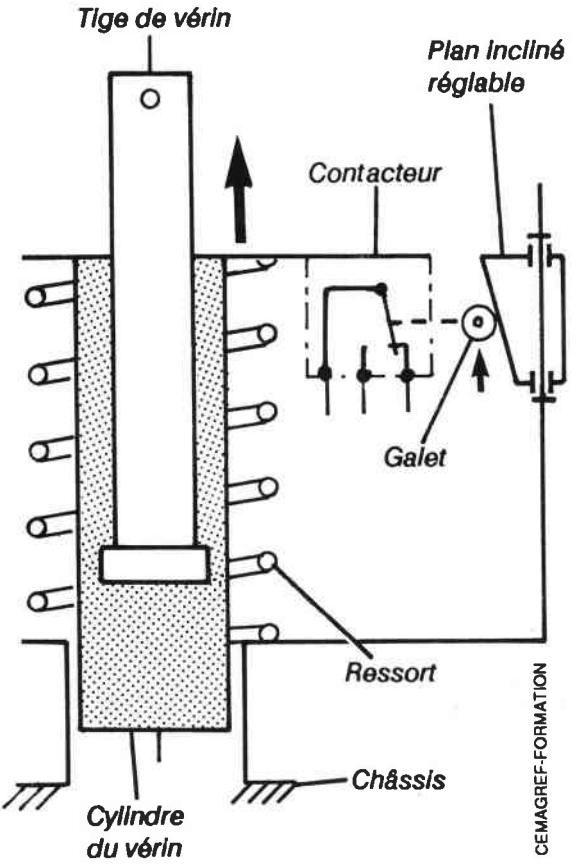


Fig. 209 — **Schéma de principe du vérin de contrôle de la pression au sol : Claas "Contour".**

Une évolution de ce système appelé AUTO-CONTOUR (fig. **210**), permet en plus du guidage automatique en fonction de la pression au sol, d'obtenir un guidage automatique en hauteur et en correction d'assiette. Des capteurs de position (potentiomètres à piste, fig. **211**) mesurent la hauteur de la coupe (au niveau du convoyeur), la pression au sol (écrasement des ressorts de suspension) et l'assiette du tablier, grâce à des palpeurs placés de chaque côté. Les informations des capteurs sont traitées par un microprocesseur, lui-même programmé par le conducteur à l'aide de contacts de mémorisation et de deux sélecteurs : pression au sol et hauteur de coupe.

En fonction de cette programmation, le microprocesseur ordonne aux électrodistributeurs hydrauliques de corriger la position de la coupe (hauteur et assiette), en fonction des irrégularités du terrain.

Les capteurs de position à potentiomètres linéaires ou rotatifs se composent d'un curseur qui se déplace le long d'une résistance fine.

Un potentiomètre fonctionne en courant continu (fig. **211**) ; la valeur du signal électrique est liée à la résistance par la relation U = RI.

Le déplacement d'une fonction mécanique peut être traduit directement en un signal électrique.

La piste résistante sur laquelle se déplace le curseur est réalisée soit en graphite, soit sous forme de film plastique conducteur (résolution infinie), ou de fil résistant bobiné (la résolution dépend alors du fil utilisé).

. **La correction d'assiette** :

Appelée aussi **correction transversale**, la correction d'assiette consiste à corriger l'inclinaison transversale de la table de coupe par rapport à la machine. Cette correction est obtenue automatiquement par pivotement de la table par rapport au convoyeur, grâce à des vérins hydrauliques commandés par des palpeurs placés sous les extrémités de la table de coupe.

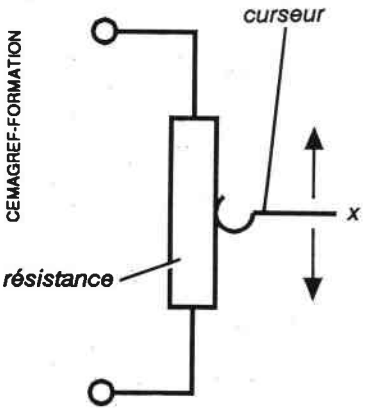


Fig. 211 — **Principe d'un capteur potentiométrique linéaire.**

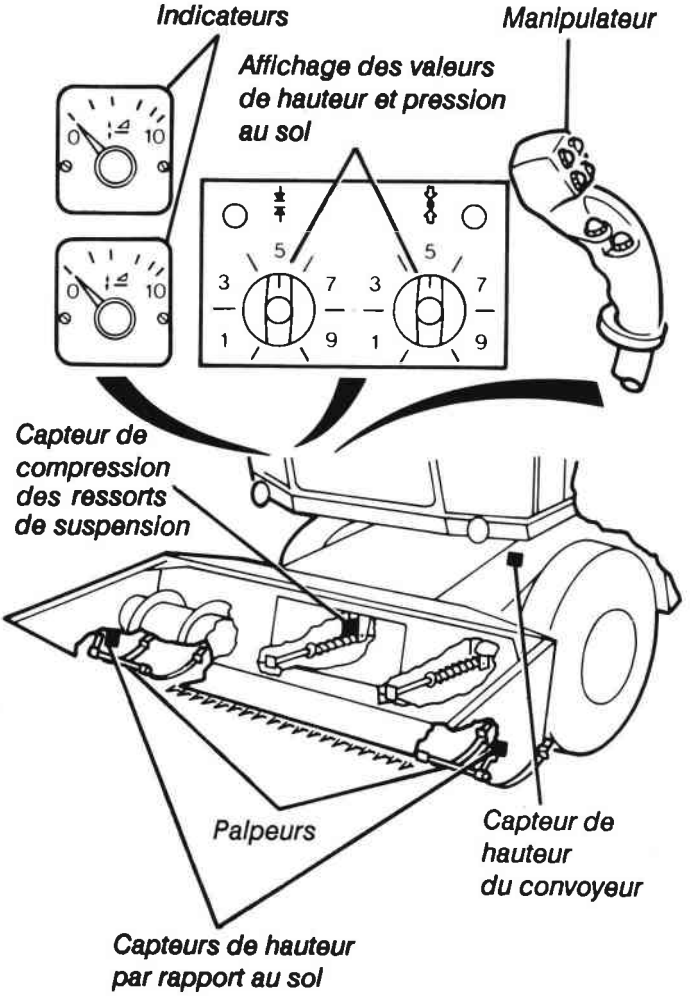


Fig. 210 — **Principe du système Claas "Auto-contour".**

. **Le guidage automatique dans le rang** :

Le guidage automatique dans le rang est un automatisme utilisé pour l'aide à la conduite de certaines machines de récolte : moissonneuses batteuses pour la récolte du maïs, et surtout récolteuses-hacheuses-chargeuses (ensileuses). La conduite de ces machines est en effet très contraignante, surtout pour les ensileuses, car le conducteur doit en plus veiller à remplir correctement les remorques suiveuses.

CEMAGREF-FORMATION

Pour ce qui concerne les céréales à pailles, les conditions de végétation ne permettent pas actuellement le guidage sur le front de coupe, avec ce type de guidage.

Un système de guidage dans les rangs de maïs est proposé par la société Claas, il consiste à placer de chaque côté d'un bec cueilleur, un palpeur relié à un **capteur de position angulaire à magnéto-résistances**.

Les palpeurs métalliques (fig. **212**) s'appuient sur les pieds du rang de maïs, provoquant chacun la rotation d'un capteur de position angulaire. Si l'angle de rotation est le même pour les deux capteurs, l'automatisme localise le rang de maïs au milieu du bec cueilleur et la direction hydrostatique de la machine n'est pas sollicitée.

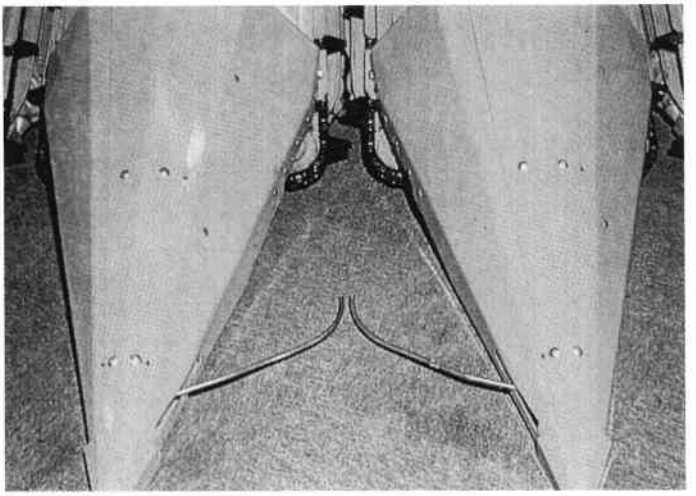


Fig. 212 — **Système de palpeurs Claas, pour le guidage automatique dans les rangs de maïs.**

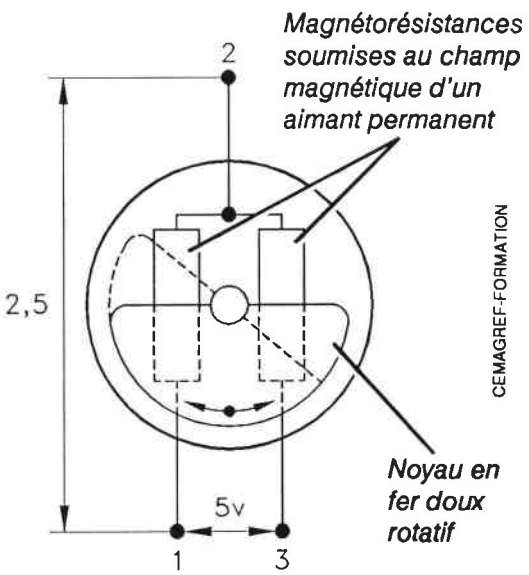


Fig. 213 — **Principe d'un capteur de position angulaire à magnéto-résistance.**

Lorsque la machine tend à dévier par rapport au rang de maïs, les angles des deux palpeurs deviennent différents ; cette différence est amplifiée par un circuit électronique qui corrige la direction de la machine par l'intermédiaire d'un électro-distributeur, jusqu'à retrouver la symétrie des palpeurs et l'alignement de la machine avec le rang correspondant.

Chaque capteur de position est constitué de deux **magnéto-résistances** montées en série. Une magnéto-résistance est un conducteur dont la résistance électrique varie en fonction du champ magnétique qui le traverse ; son influence est comparable à un **potentiomètre**.

Le champ magnétique d'un aimant permanent est réparti sur les magnéto-résistances grâce à un noyau ferro-magnétique en forme de demi-lune (fig. **213**). Le déplacement du palpeur fait pivoter ce noyau. Au repos, le noyau est à cheval sur les deux pôles des magnéto-résistances de façon symétrique ; la résistance des deux circuits est alors identique : si par exemple une tension de 5 volts est appliquée aux bornes, on trouve 2,5 volts entre les deux bobines. En cas de déséquilibre maximum, la tension peut aller de 2,2 à 2,8 volts. Les circuits des 2 capteurs de guidage sont montés en pont de Wheatstone (fig. **214**) et il suffit

de mesurer la tension différentielle entre les bornes A et B pour savoir si les angles des deux palpeurs sont égaux. La différence de tension, amplifiée, agit sur les solénoïdes d'un distributeur placé dans le circuit de direction hydraulique.

Une action sur le volant de direction redonne priorité au conducteur sur le guidage automatique, de même que l'ouverture de la porte de la cabine condamne l'automatisme.

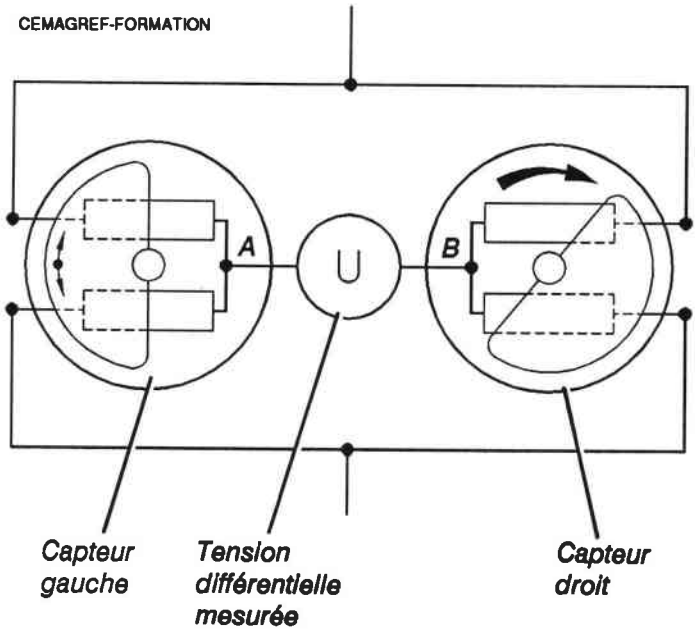


Fig. 214 — **Principe d'un circuit de comparaison de tension avec deux capteurs de position angulaire.**

• LA MESURE DES QUANTITÉS RÉCOLTÉES ET LA LOCALISATION :

Il s'agit de technologies en cours de développement, qui font très largement appel à l'électronique et à l'informatique. Ces systèmes permettent notamment la gestion intra-parcellaire, c'est-à-dire une gestion qui intègre les données quantitatives dans l'espace et dans le temps.

Plus simplement, il s'agit de suivre une culture depuis la décision de son implantation jusqu'à sa récolte avec des capteurs appropriés capables de mesurer ce qui a été apporté (intrants), puis récolté sur chaque are de terrain cultivé (fig. **223**). La mesure en continu de la quantité de grain récolté par une moissonneuse-batteuse constitue un pas dans cette direction.

. **Les dispositifs pour la mesure de la quantité récoltée** :

Ces dispositifs encore peu répandus sur les moissonneuses-batteuses peuvent mesurer la masse de grain récoltée, directement ou indirectement par mesure du débit.

Parmi les systèmes existants, citons 4 exemples : le **système Griffith Elder**, le **système Claydon Yieldometer** (Angleterre), le **système de l'université Agricole de Louvain** (Belgique) et le **Flow control de Dronningborg** (Danemark) ; d'autres types de capteurs sont étudiés, notemment en Angleterre (capteur capacitif de débit instantané du Silsoe Research Institute).

- le **système Griffith Elder** (fig. **215**), commercialisé en France par Agrotronix, est un équipement optionnel de mesure à action discontinue, placé sur les goulottes de vidange des moissonneuses-batteuses. L'écoulement du grain provoque la déformation d'une plaque munie de jauges de contraintes. Un étalonnage adapté permet alors de connaître le débit massique du grain passant dans la goulotte. La connaissance du temps d'écoulement permet de connaître le poids total.

Le principe des **jauges de contraintes à fil résistant** est basé sur le fait qu'une pièce mécanique soumise à des contraintes (sous l'effet d'une force ou d'un couple), se déforme faiblement. On appelle jauge de contrainte, le montage qui permet de mesurer ces très faibles déformations et de déterminer la valeur de la force qui les a créées. Ce type de mesure relève d'une discipline appelée **"extensométrie"**.

Une jauge de contrainte élémentaire à fil résistant (fig. **216**) **est constituée d'un** fil conducteur électrique, placé sur la pièce parallèlement à la contrainte. L'allongement du fil suit les variations de longueur de la pièce selon la direction x.

La relation $R = e \frac{l}{S}$ — e : résistivité, l : longueur, S : section

nous rappelle que la résistance (R) est proportionnelle à la longueur du fil de la jauge. Ceci conduit à écrire que **la variation de la résistance (ΔR) est aussi proportionnelle à la variation de longueur (Δl) de la jauge :**

$$\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta l}{l}$$

La mesure de $\frac{\Delta R}{R}$ se fait par un **Pont de Wheatstone**

Le pont de Wheatstone (fig. **217**) **comprend quatre résistances** collées sur la structure à étudier, de telle façon que les effets recherchés s'ajoutent et les effets parasites s'annulent.

Or, pour rétablir l'équilibre d'un pont

$$R1 \times R3 = R2 \times R4,$$

il faut faire varier les résistances de telle façon que :

$$\frac{\Delta R1}{R1} + \frac{\Delta R3}{R3} = \frac{\Delta R2}{R2} + \frac{\Delta R4}{R4}$$

C'est ainsi que deux résistances opposées agissent dans le même sens et deux résistances adjacentes agissent en sens contraire.

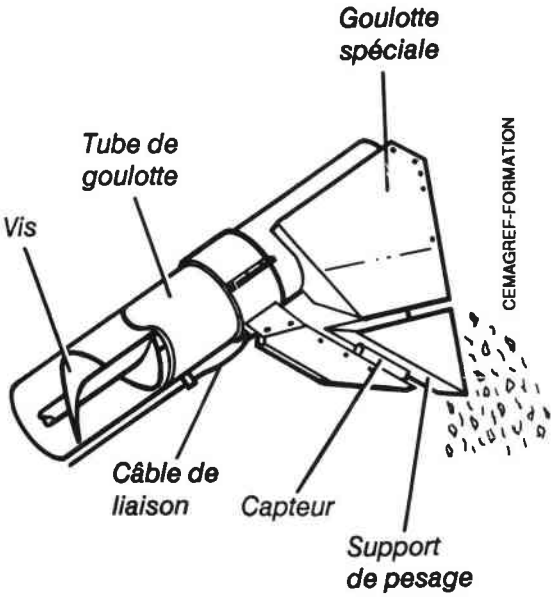


Fig. 215 — **Principe du pesage en sortie de goulotte de vidange : système Agrotonix - Griffith Elder**

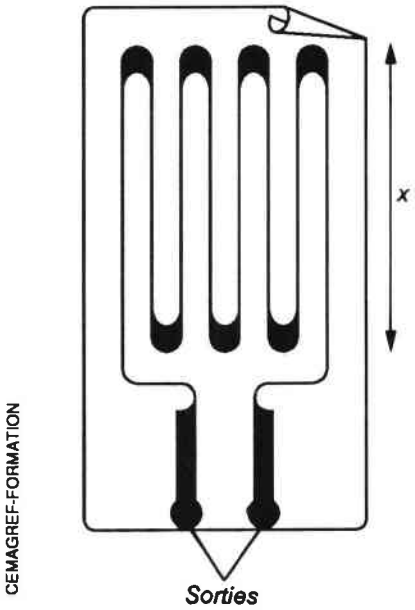


Fig. 216 — **Jauge de contrainte avec son support souople collable.**

CEMAGREF-FORMATION

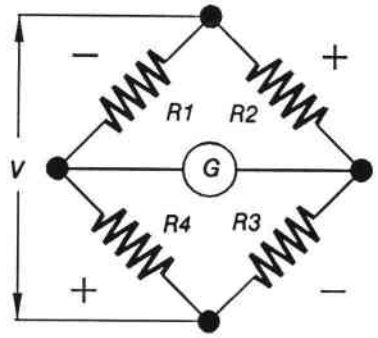


Fig. 217 — **Pont de Wheatstone.**

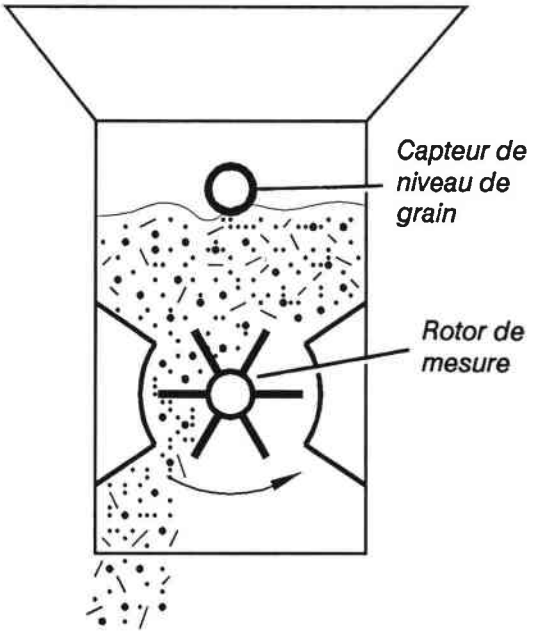


Fig. 218 — **Schéma de principe du système de mesure volumique Claydon Yieldometer.**

- le **système Claydon Yieldometer** (fig. **218**) comprend **une chambre de mesure**, un **capteur de niveau de grain** et un rotor à palettes animé par une poulie à embrayage électromagnétique, ou par un moteur hydraulique. Lorsque la chambre se remplit de grain, le capteur de niveau déclenche la rotation du rotor en commandant l'embrayage électro-magnétique ou le moteur hydraulique. A chaque tour du rotor un capteur de rotation émet des signaux, représentatifs de la quantité de grain transférée, à l'unité électronique de traitement d'une console placée dans le poste de conduite. L'intégration de la masse volumique du produit et du temps conduit à la détermination des rendements moyens et des variations de rendement des parcelles.

- le **système de l'université Agricole de Louvain** (fig. **219**) est placé en haut de l'élévateur à grain. Il comprend une "bouche" de sortie en forme de coude articulé ; plus le débit de grain est élevé, plus l'effort dynamique appliqué au coude est grand, ce qui tend à provoquer une augmentation de son angle d'articulation. **Un capteur de position inductif** mesure le déplacement très faible du coude et fournit à un indicateur, un signal représentatif du débit de grain.

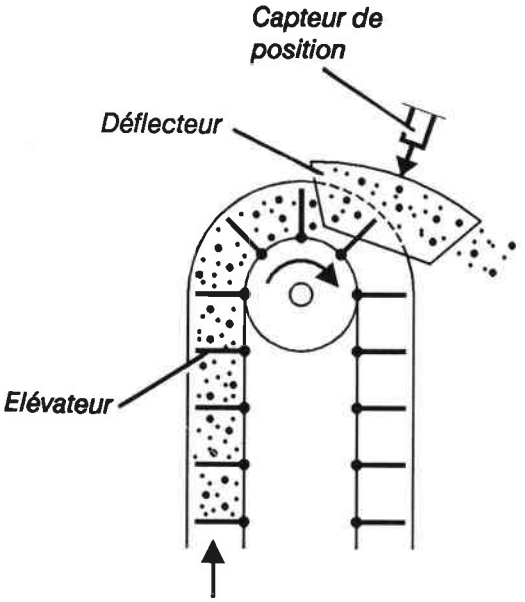


Fig. 219 — **Principe du dispositif de mesure du débit de l'université de Louvin.**

Les capteurs de position inductifs sont des capteurs de position **à variation de tension.** La figure **220** montre un capteur de ce type, constitué de deux bobines branchées en série, et alimentées par du courant alternatif haute fréquence grâce à un oscillateur.

Un noyau de ferrite, relié mécaniquement au déplacement à mesurer, se déplace axialement par rapport aux bobines.

Au repos, le noyau est positionné symétriquement par rapport aux bobines, la "résistance" des bobines à l'établissement du courant alternatif (inductance) est identique.

Si la tension appliquée aux bornes est de 5 volts, on obtient 2,5 volts entre les deux bobines.

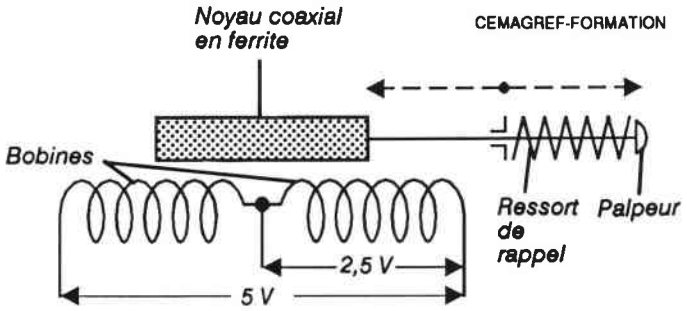


Fig. 220 — **Principe d'un capteur de position linéaire à bobines différentielles.**

Le déplacement du noyau provoque la modification de **la perméabilité magnétique** du milieu environnant la première bobine, par rapport à l'autre. Il en résulte un déséquilibre et la tension de sortie varie. Appelé aussi **capteur de position à bobines différentielles**, ce principe s'applique à des mesures de déplacement linéaire ou rotatif.

- le **Flow control de Dronningborg** (fig. **221**) comprend un **capteur de débit de grain** associé à un concept de localisation en cours de développement avec Massey-Ferguson. Le débit de grain est mesuré par l'analyse de l'absorption des rayons émis par une **sonde à rayonnement gamma**. Le rayonnement, en partie absorbé par la couche de grain, est mesuré par un détecteur ; plus le débit de grain est élevé, plus "la couche" de grain est épaisse, plus l'absorption est grande et plus l'intensité du rayonnement "vue" par le détecteur est faible. Il convient de préciser que le développement de ce dispositif est soumis, notamment en France, à la réglementation relative aux rayonnements ionisants et à l'autorisation d'utilisation de sources radioactives.

Le système Claydon Yieldometer, le système de l'Université Agricole de Louvain et le Flow Control de Dronningborg ont été développés pour la détermination du **rendement instantané (Rt)** mesuré en continu à bord de la machine. Ce rendement instantané est déduit de la mesure du **débit instantané (Qt)** effectué par l'un des trois systèmes cités, de la **largeur de coupe effective (L)** et de la **vitesse instantanée (Vt)** de la machine :

$$Rt = \frac{10\,000 \times Qt}{L \times Vt}$$

Rt en kg/ha
Qt en kg/s
L en mètres
V en m/s

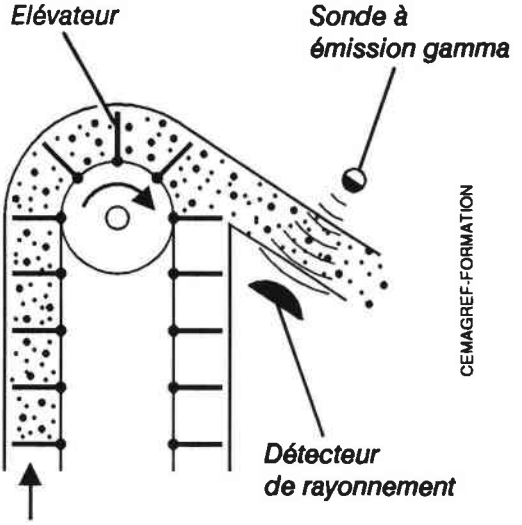


Fig. 221 — **Principe du système "Flow control" de Dronningborg - Massey-Ferguson.**

Pour le système Yieldometer qui mesure le volume de grain passant par unité de temps, il faut multiplier le volume mesuré par

le poids spécifique du produit récolté pour connaître le débit massique instantané (le poids spécifique étant supposé constant sur la parcelle).

Précisons que la largeur effective de coupe (L), correspond à la largeur de coupe de la machine à laquelle il convient de retirer 10 à 20 cm qui permettent au conducteur de contrôler la coupe. Le rendement instantané est donc calculé pour une largeur de coupe donnée entrée dans l'ordinateur de bord par l'utilisateur.

Les capteurs étant installés juste avant l'entrée du grain dans la trémie, la connaissance du rendement à une position donnée de la machine doit tenir compte du temps mis par le grain pour venir de la coupe au capteur (environ 15 secondes selon les machines).

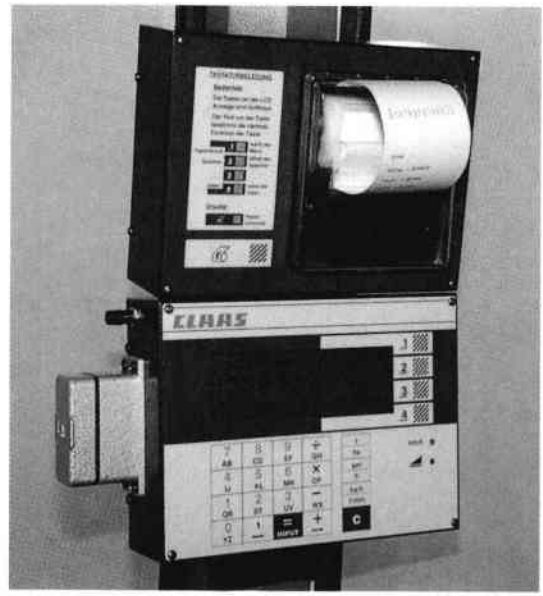


Fig. 222 — **Unité de traitement embarquée pour l'enregistrement des quantités récoltées.**

La console des appareils de mesure de la quantité récoltée est placée au poste de conduite (fig. **222**) ; outre l'affichage du rendement instantané elle peut aussi indiquer le **rendement total** d'une parcelle, déduit du rendement instantané par l'intégration du temps. Les données peuvent être imprimées sur un ticket à bord de la machine. Les systèmes de mesure en continu des quantités récoltées permettent à l'agriculteur d'évaluer le rendement de chaque parcelle, les différences de rendement dans une parcelle ou de différencier le rendement de plusieurs variétés.

La localisation :

Le terme **localisation** désigne l'ensemble des procédés qui permettent de mesurer et d'indiquer **la position d'une machine dans une parcelle**. Selon l'objectif recherché, la localisation peut être globale (à 10 mètres près) ou précise (à 10 cm près). **La localisation globale** permet le fonctionnement de systèmes de **gestion intra-parcellaire**, tandis que **la localisation précise** peut conduire au guidage ou à la conduite automatique des machines. Selon les cas, la localisation utilise les techniques de **radio-positionnement terrestre** (**balises émettrices** au sol et récepteur sur la machine, ou **radar embarqué** et **balises passives**), des systèmes à base de **laser**, ou le **positionnement par satellite**, tel que le **système GPS** (Global Positioning System) qui fonctionne à partir d'un réseau de satellites placés en orbite par le Département Américain de la Défense. La gestion intra-parcellaire (fig. **223**) consiste à établir une véritable **cartographie de la fertilité** des différentes zones d'une parcelle, grâce à la mesure en temps réel, mètre par mètre, des quantités récoltées. Lorsque cette "carte" est connue, il est alors possible de raisonner les pratiques culturales et d'apporter "juste ce qu'il faut" de fertilisants et de produits phytosanitaires.

La connaissance par un système de localisation de la **position instantanée** de la machine à un instant donné, permet à partir de la mesure du rendement instantané décrit précédem-

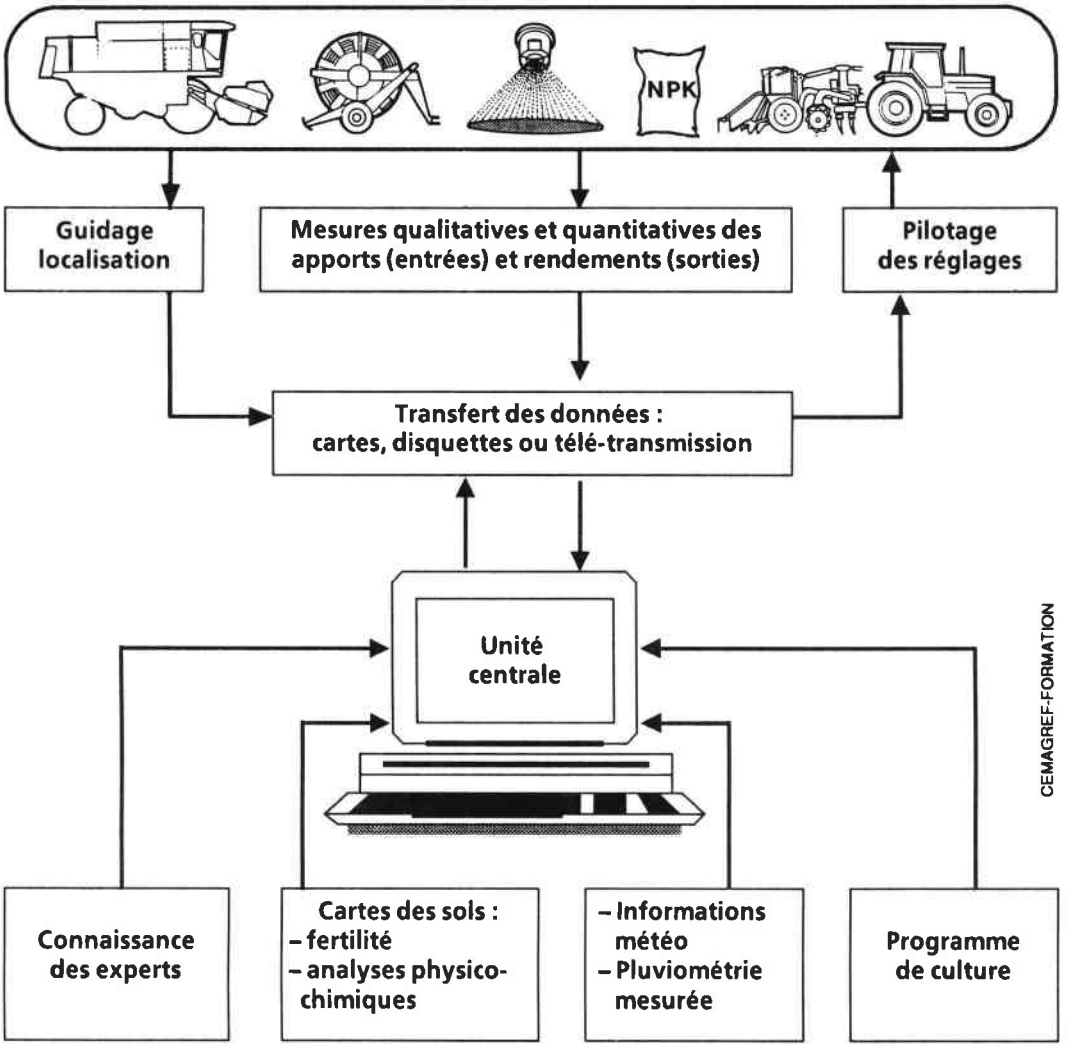
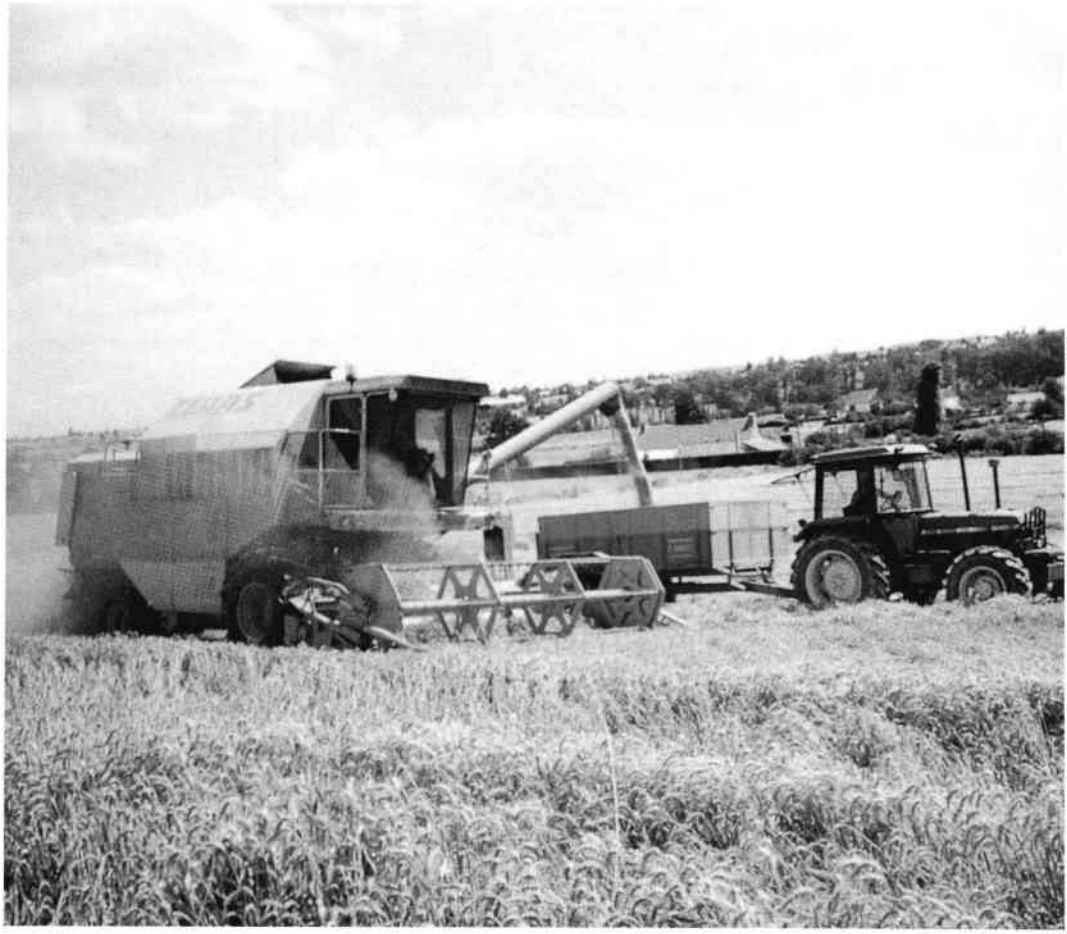


Fig. 223 — **Organigramme montrant le principe de la gestion intra-parcellaire.**

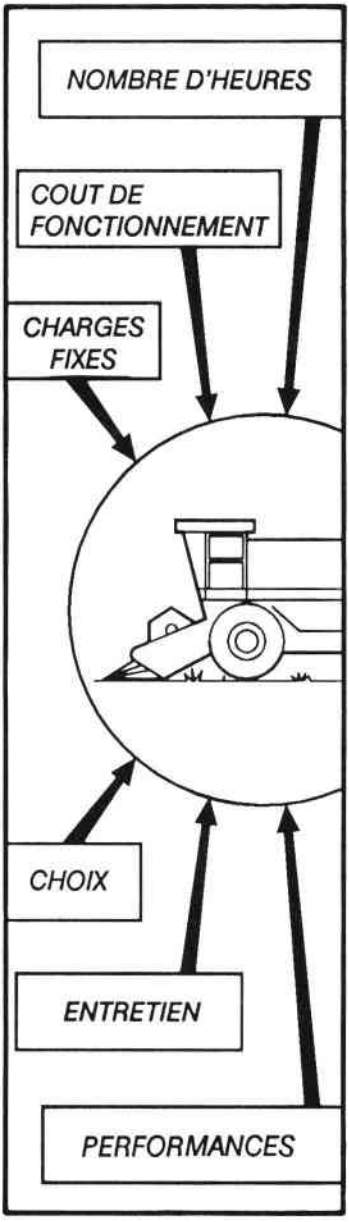
ment de dresser une véritable **cartographie des rendements** d'une parcelle. Cette carte peut être enregistrée directement à l'intérieur de la machine (présentation de Massey-Ferguson au Salon International de la Machine Agricole de Paris en 1992).



Chantier de récolte de blé.

LE COÛT D'UTILISATION DES MOISSONNEUSES-BATTEUSES

8



- L'étude du coût d'utilisation des moissonneuses-batteuses 219
- L'analyse prévisionnelle du coût d'utilisation 223
- Le calcul prévisionnel des charges fixes 224
- Le calcul prévisionnel du coût de fonctionnement 225
- Le calcul du coût prévisionnel d'utilisation 225

Ce chapitre tente de rassembler les éléments couramment utilisés pour cerner les aspects économiques liés à l'utilisation des moissonneuses-batteuses. Il n'a pas la prétention de répondre aux problèmes multiples et complexes relatifs à la conduite des exploitations agricoles : maîtrise des charges, choix des équipements en fonction des systèmes de cultures, des surfaces cultivées et des disponibilités de main d'œuvre.

Rappelons d'ailleurs qu'il n'existe pas encore d'outil (informatique ou autre) pour le traitement individuel des choix et itinéraires techniques des exploitations. Cependant des études effectuées par différents organismes (se reporter à l'annexe documentaire), permettent de recueillir les éléments qui constitueront les outils d'aide à la décision tant attendus.

Précisons aussi que les différentes approches mises en œuvre pour réduire les coûts ne sont pas uniquement d'ordre technologique, mais aussi sociologiques, juridiques et fiscales.

• L'ÉTUDE DU COÛT D'UTILISATION DES MOISSONNEUSES-BATTEUSES :

L'étude du coût d'utilisation des moissonneuses-batteuses est importante pour l'agriculteur en raison de la part importante qu'elle représente dans ses charges de production. Précisons que la moissonneuse-batteuse est une des machines les plus coûteuses que l'on puisse voir travailler dans les exploitations.

La connaissance du coût d'utilisation d'une machine neuve ou d'occasion, permet de comparer différents modes d'utilisation et de choisir entre :

- l'acquisition d'une machine propre à l'exploitation,
- l'acquisition d'une machine en co-propriété avec un ou plusieurs voisins,
- la participation à une CUMA ou à un cercle de machines,
- l'appel à un entrepreneur...

Précisons toutefois que la connaissance du coût ne permet pas à lui seul de prendre telle ou telle décision. En effet, le producteur peut être conduit à préférer la propriété qui assure la disponibilité du matériel aux moments favorables... et parfois rares, ou, au contraire, l'intervention d'un matériel extérieur qui peut résoudre les problèmes de main d'œuvre en période de pointe.

L'étude du coût d'utilisation de la moissonneuse-batteuse est plus compliquée que celle du tracteur car, à son coût propre, s'ajoutent des dépenses induites par le chantier de récolte :

- la moissonneuse-batteuse s'intègre dans un chantier qui comprend également le transport des grains et, parfois, le broyage des pailles ou des tiges de maïs. Dans ce cas, le broyage peut être assuré par la moissonneuse-batteuse ou par une opération séparée (tracteur et broyeur),

- selon son utilisation, sa conduite et les réglages adoptés, il peut être aussi tenu compte du "coût occulte", représenté par les grains perdus ou cassés. Un exemple : en cas d'immobilisation intempestive de la machine (panne), le "rattrapage" du temps perdu peut conduire

à récolter dans de mauvaises conditions (surcharge, humidité...) et à entraîner un surcoût de séchage ou de nettoyage,

- le coût horaire d'une machine donnée, son coût à l'ha ou au quintal sont liés et assez faciles à calculer ; cependant son débit varie en fonction des conditions de travail : récolte bien dressée ou versée, quantité de paille récoltée pour les céréales, terrain sec ou humide pour le maïs...,

- selon les produits à récolter, les moissonneuses-batteuses reçoivent divers équipements assez coûteux, dont la durée d'utilisation est inférieure à celle de la machine de base au cours d'une campagne : table de coupe classique, équipement colza, tournesol, cueilleurs à maïs...

La détermination du coût d'utilisation d'une moissonneuse-batteuse nécessite la prise en compte de deux catégories de charges : **les charges fixes** annuelles et **les charges de fonctionnement**.

. **Les charges fixes annuelles** (fig. **224**) :

La moissonneuse-batteuse, comme la plupart des investissements, coûte même si elle n'est pas utilisée :

- sa valeur diminue d'année en année,
- son acquisition génère des emprunts qu'il faut rembourser avec intérêts,
- les sommes engagées dans l'auto-financement représentent un capital dont le revenu est perdu (intérêts des sommes équivalentes, placées),
- il faut l'assurer, l'abriter et supporter des frais de gestion.

Les charges fixes ou **charges de structures** sont calculées en valeurs annuelles à partir du **taux d'amortissement moyen**.

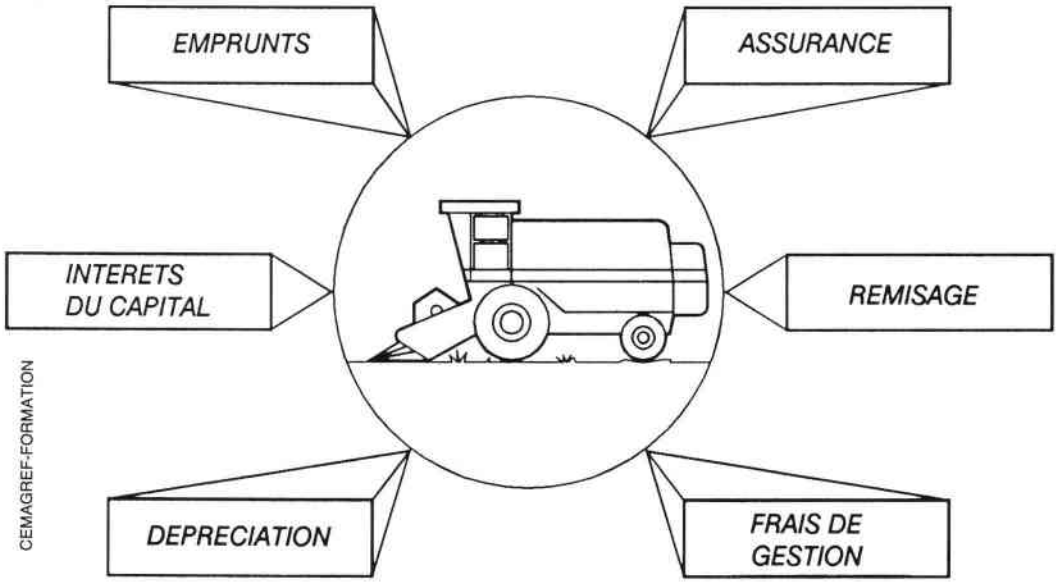


Fig. 224 — **Les charges fixes ou charges de structure.**

. **Le coût horaire de fonctionnement** (fig. **225**) :

Chaque heure de fonctionnement, la moissonneuse-batteuse consomme du carburant et des lubrifiants, use des pneumatiques et nécessite des fournitures (filtres...). D'autre part son maintien en état de marche nécessite des frais de réparation : heures de mécanicien et pièces détachées ; ainsi que du temps de main d'œuvre pour les opérations de préparation à la récolte, d'entretien journalier et de remisage en fin de campagne.

Le coût d'utilisation horaire et annuel peut être déterminé par deux méthodes différentes appelées **coût comptable** et **coût prévisionnel** :

- **le coût comptable** est établi à la fin de chaque exercice annuel, à partir des enregistrements comptables des dépenses et des durées d'utilisation. Il est précieux, car il permet :

- de contrôler le comportement du matériel et son degré d'usure, en comparant les frais de réparation d'une année sur l'autre,

- d'établir le coût de revient de certaines productions,

- de vérifier l'utilité de la propriété d'un matériel sur l'exploitation, ou au contraire de justifier sa vente et d'opter pour l'utilisation en CUMA ou pour les services d'un entrepreneur,

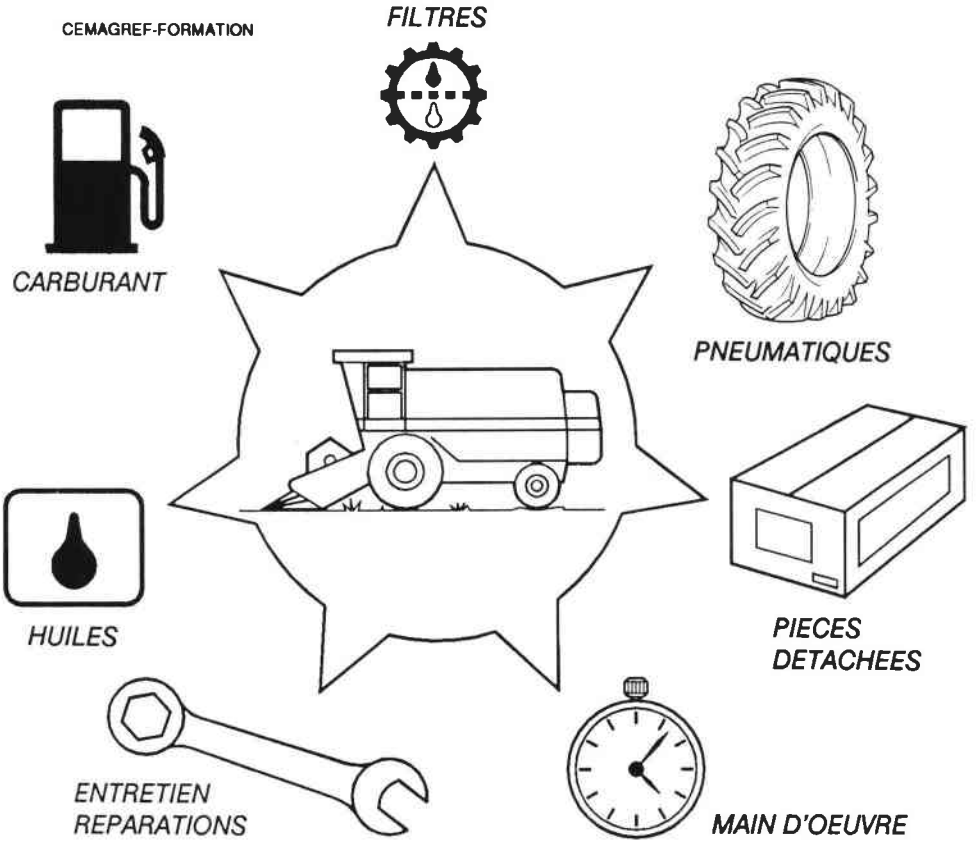


Fig. 225 — **Les charges de fonctionnement.**

- de facturer éventuellement l'utilisation du matériel comme le font les CUMA,

- de recueillir les références indispensables pour le calcul des coûts prévisionnels,

- de contrôler, le cas échéant, le bon comportement des conducteurs.

En revanche, le coût comptable présente aussi des imprécisions :

- la valeur réelle du matériel en début et fin d'exercice n'est pas connue : il en va de même pour l'amortissement et l'intérêt du capital, sauf en cas de vente en cours d'exercice,

- le montant précis des frais divers n'est également pas connu,

- les consommations précises de fioul et de lubrifiant sont rarement déterminées s'il y a plusieurs automoteurs et tracteurs dans l'exploitation, à moins de disposer d'un volucompteur pour faire le plein et d'enregistrer les quantités,

- les factures des marchands-réparateurs ne sont pas toujours détaillées par matériel, ce qui enlève des possibilités de contrôle.

Précisons que **la saisie des éléments du coût comptable** va connaître une évolution importante, grâce au développement des systèmes informatiques embarqués. Les utilisateurs pourront alors disposer d'informations précises recueillies pratiquement en temps réel.

Malgré tout, pour établir actuellement certains postes du coût comptable, on est donc obligé d'utiliser :

- soit des **valeurs moyennes** aussi appelées **"valeurs standards"**, comme pour la consommation de fioul,

- soit des **calculs théoriques**, comme pour l'amortissement. On utilise alors les mêmes méthodes que pour le calcul du **coût prévisionnel**.

- **le coût prévisionnel** est le calcul théorique du coût d'utilisation d'une moissonneuse-batteuse que l'on possède ou non ; pour un travail futur, ou un travail passé si la comptabilité courante ne le permet pas.

Le gestionnaire a besoin de connaître les dépenses prévisionnelles qu'entraîne l'utilisation d'une moissonneuse-batteuse et de ses équipements, afin :

- de pouvoir comparer et choisir entre plusieurs possibilités d'équipement,

- de prévoir les coûts de production,

- de pouvoir faire des devis et facturer en cours d'exercice (cas d'un entrepreneur),

- d'établir des barèmes : banque de travail, cercle de machines, entraides... Dans une banque de travail, par exemple, on sera bien obligé de compter de la même façon deux tracteurs équivalents, c'est-à-dire, faisant le même travail, alors que leurs coûts réels peuvent-être très différents.

Pour établir un coût prévisionnel, **il faut des références** qui proviennent d'enregistrements ou d'études, et **une méthode de calcul**.

• L'ANALYSE PRÉVISIONNELLE DU COÛT D'UTILISATION :

On peut calculer le coût prévisionnel d'utilisation d'un matériel donné en tenant compte de son prix réel et de la valeur prévisible des dépenses qu'elle entraînera : par exemple, 15 litres d'huile pour la vidange du moteur toutes les 150 heures au prix exact où l'huile est payée. Il s'agit alors d'une véritable **comptabilité analytique** qui nécessite une connaissance détaillée de tous les postes. Or le coût prévisionnel est nécessairement un coût approché puisqu'on peut ignorer presque tout du destin réel du matériel concerné. Une grande précision est alors illusoire et il vaut mieux se contenter d'une méthode simple et rapide en utilisant, pour le calcul, **des paramètres dont la valeur est connue et confirmée par l'expérience du passé**.

Le **B**ureau de **C**oordination du **M**achinisme **A**gricole **(BCMA)** dispose de données qui concernent les frais d'entretien, de réparation, de pneumatiques et autres fournitures ou services. Ces données sont obtenues grâce au réseau "RESUMA" qui permet le suivi informatique d'un nombre important de tracteurs et autres matériels.

Les Fédérations des CUMA bénéficient également de telles données à partir de l'analyse de leurs comptabilités. Ces données représentent le **coût réel d'utilisation** des matériels. De plus, un logiciel MECAGEST (se reporter aux annexes documentaire et adresses utiles), permet une ventilation des charges et des produits, par matériel de l'exploitation. L'ensemble des informations ainsi obtenues pour chacun des matériels sont ensuite centralisées dans **une banque de données**, où elles peuvent servir de base à plusieurs fonctions :

- détermination précise des coûts d'utilisation,
- élaboration de coûts prévisionnels,
- analyse des causes de variation des coûts de revient,
- analyse des conditions d'utilisation des matériels,
- aide au choix d'équipements et à leur utilisation,
- analyse des critères de gestion.

. La détermination des coûts standards :

Les coûts standards sont obtenus en appliquant la méthode de calcul à la valeur moyenne des machines d'une même catégorie, par exemple : "moissonneuse-batteuse deux roues motrices de 100 à 118 kW, (135 à 160 ch), et de 4 m à 4,60 m de largeur de coupe".

Tous les ans le BCMA effectue le calcul des coûts standards de la plupart des matériels utilisés en France et les publie dans la presse au printemps. Une disquette avec un programme de calcul (tableur) est également diffusée avec mise à jour annuelle des paramètres de calcul (se reporter aux annexe documentaire et adresses utiles).

Cette méthode de détermination des coûts standards est une approche nationale globale ; en conséquence elle peut différer selon les contextes régionaux : pression du marché, niveau d'obsolescence des matériels, valeur de remplacement,...

• LE CALCUL PRÉVISIONNEL DES CHARGES FIXES :

. L'amortissement :

L'amortissement est calculé selon une méthode dégressive, en appliquant à la valeur résiduelle un taux de dépréciation annuel lié à la durée et au rythme d'utilisation. L'amortissement diminue d'année en année.

DÉTERMINATION DU TAUX D'AMORTISSEMENT ET DE LA VALEUR RÉSIDUELLE EN FONCTION DE LA DURÉE D'UTILISATION

Durée d'utilisation	1 à 5 ans 25 %		4 à 7 ans 20 %		plus de 7 ans 15 %	
	A %	Vr %	A %	Vr %	A %	Vr %
1ère année	25,0	75,0	20,0	80,0	15,0	85,0
2ème année	18,7	56,3	16,0	64,0	12,7	72,3
3ème année	14,1	42,2	12,8	51,2	10,9	61,4
4ème année	10,6	31,6	10,2	41,0	9,2	52,2
5ème année	7,9	23,7	8,2	32,8	7,8	44,4
6ème année	-	-	6,6	26,2	6,7	37,7
7ème année	-	-	5,2	21,0	5,7	32,0
8ème année	-	-	4,2	16,8	4,8	27,2
9ème année	-	-	-	-	4,0	23,2
10ème année	-	-	-	-	3,5	19,7

A % = amortissement en %
Vr % = Valeur résiduelle en %

Pour une valeur d'achat donnée (VA) et un nombre d'années d'utilisation (n), la valeur résiduelle (VR) est égale à VA × Vr % et l'amortissement moyen (AM) est égal à :

$$\mathbf{AM = \frac{VA - VR}{n}}$$

Le nombre d'années est généralement choisi de façon à ne pas dépasser 3 000 heures car au delà, l'expérience montre qu'en moyenne, les frais dûs à de grosses réparations augmentent fortement.

. L'intérêt du capital :

Pour l'estimation de l'intérêt du capital (I), on détermine d'abord la valeur moyenne du matériel (VM) à laquelle on applique le taux d'intérêt choisi (i %).

$$\mathbf{VM = \frac{VA + VR}{2}}$$

$$\mathbf{I = VM \times i\ \%\ ou\ I = \frac{VA + VR}{2} \times i\ \%\ ou\ I = VA \times \frac{1 + VR}{2} \times i\%}$$

. **Les frais divers** :

Les frais divers comprennent le remisage, l'assurance, les frais de gestion... Ils sont estimés à **1 % de la valeur d'achat de la moissonneuse-batteuse**.

• LE CALCUL PRÉVISIONNEL DU COÛT DE FONCTIONNEMENT :

. **Le carburant** :

La consommation horaire de carburant d'un moteur diesel à sa puissance nominale est de l'ordre de 260 g par kW.h, soit environ 0,31 litre par kW.h (environ 0,23 l/ch.h).

Le taux de charge moyen observé pour une moissonneuse-batteuse étant de 75 %, on peut retenir une consommation moyenne de 0,24 litre par kW.h (0,18 litre par ch.h). Ainsi, une machine de 135 kW consommerait en moyenne : 135 × 0,24 = 32,4 litres/heure.

. **Les lubrifiants** :

On peut calculer avec précision la dépense d'huile du moteur à partir de la capacité du carter et de la fréquence des vidanges. La consommation d'huile des moteurs, entre deux vidanges est d'environ le quart de la précédente.

Il est plus délicat de prévoir la dépense entraînée par les autres lubrifiants, mais l'expérience montre que l'ensemble des dépenses (huile moteur, huile de transmission et hydraulique, filtres) s'élève en moyenne à **25 % de la dépense de carburant**.

. **Les pneumatiques, l'entretien et les réparations** :

La vie des pneumatiques est de l'ordre de 3 000 heures, avec de grandes différences selon les types de sol et les conditions d'utilisation,...

Là encore, les coûts standards issus de l'expérience permettent de situer l'ensemble des dépenses liées aux pneumatiques, à l'entretien et aux réparations à **1 pour 10.000 de la valeur d'achat de la moissonneuse-batteuse neuve par heure de fonctionnement**.

• LE CALCUL DU COÛT PRÉVISIONNEL D'UTILISATION :

Pour montrer comment utiliser les données précédentes, prenons l'exemple d'une moissonneuse-batteuse conventionnelle de 110 kW (150 ch), avec une coupe de 4 m 50 et un cueilleur à maïs de 4 rangs, un batteur de 1,30 m, 5 secoueurs et un débit de 120 à 140 quintaux/heure.

L'investissement total hors taxes s'élève à **790 000 F** (aux tarifs moyens pratiqués en 1992), pour les 3 postes suivants :

- la machine de base (sans coupe ni cueilleur)	570 000 F
- l'équipement pour la récolte des céréales à paille :	
- coupe 4,50 m	60 000 F
- chariot pour déplacement sur route	15 000 F
- broyeur à paille	30 000 F
	105 000 F

- l'équipement pour la récolte du maïs :

- cueilleur à 4 rangs	90 000 F
- broyeur 4 rangs	25 000 F
	115 000 F

On admet qu'une machine récente de ce type peut être utilisée environ 3 000 heures avant que son propriétaire ne rencontre des problèmes mécaniques importants. Les caractéristiques de la machine permettent d'évaluer le **temps de récolte** d'un ha à 40 minutes environ pour les céréales à paille et 50 minutes environ pour le maïs.

Pour notre exemple, nous supposons que la machine doit récolter chaque année 270 ha de céréales à paille et 150 ha de maïs. Ceci nous conduit à estimer les temps de travaux à :

$$\frac{270 \times 40}{60} = 180 \text{ heures pour la récolte de céréales à paille}$$

et

$$\frac{150 \times 50}{60} = 125 \text{ heures en récolte de maïs.}$$

Il est prudent de vérifier que les conditions locales permettent à la machine d'effectuer toutes ces heures. Si le **nombre de jours disponibles** pour la récolte est de 20 jours en juillet et 7 jours en août pour les céréales à pailles, puis 25 jours répartis sur fin septembre, octobre et novembre pour la récolte du maïs, on dispose :

- **pour les céréales** de 27 jours à raison de 7 h 1/2 par jour soit **202,5 heures disponibles** pour un besoin de 180 heures,

- **pour le maïs** de 25 jours à raison de 6 heures par jour, soit **150 heures disponibles** pour un besoin de 125 heures.

. **Calcul des charges fixes annuelles** :

La machine effectuant 305 heures par an (180 h + 125 h), elle pourra être conservée environ 10 ans (3 000 h : 305 h). En nous reportant au tableau **"détermination du taux d'amortissement et de la valeur résiduelle"**, on voit qu'il est correct de choisir un taux de 15 % par an, soit une valeur résiduelle de 19,7 % de la valeur d'achat au bout de 10 ans. Le taux d'intérêt annuel du capital est estimé à 10 % (0,10).

- taux d'amortissement annuel moyen : $\frac{100 - 19,7}{10} = 8,03\ \%$

- amortissement moyen annuel de la machine de base :

$$570\ 000 \times 0,0803 = 45\ 771 \text{ F}$$

- amortissement moyen annuel de l'équipement "céréales" :

$$105\ 000 \times 0,0803 = 8\ 432 \text{ F}$$

- amortissement moyen annuel de l'équipement "maïs" :

$$115\,000 \times 0{,}0803 = 9\,235 \text{ F}$$

- intérêts du capital pour la machine de base :

$$570\,000 \times \frac{1 + 0{,}197}{2} \times 0{,}10 = 34\,115 \text{ F}$$

- intérêts du capital pour l'équipement "céréales" :

$$105\,000 \times \frac{1 + 0{,}197}{2} \times 0{,}10 = 6\,285 \text{ F}$$

- intérêts du capital pour l'équipement "maïs" :

$$115\,000 \times \frac{1 + 0{,}197}{2} \times 0{,}10 = 6\,882 \text{ F}$$

- frais divers pour la machine de base (1 % par an de la valeur d'achat) :

$$570\,000 \times 0{,}01 = 5\,700 \text{ F}$$

- frais divers pour l'équipement "céréales" :

$$105\,000 \times 0{,}01 = 1\,050 \text{ F}$$

- frais divers pour l'équipement "maïs" :

$$115\,000 \times 0{,}01 = 1\,150 \text{ F}$$

- récapitulatif des charges fixes annuelles :

	Machine de base	Equipement céréales à paille	Equipement maïs	TOTAL
Amortissements	45 771	8 432	9 235	**63 438**
Intérêts du capital	34 115	6 285	6 882	**47 282**
Frais divers	5 700	1 050	1 150	**7 900**
TOTAL	**85 586**	**15 767**	**17 267**	**118 620**

. **Calcul du coût horaire de fonctionnement** :

- carburant (2 F par litre) : 110 kW × 0,24 × 2 = 52,80 F/h
- lubrifiant : 52,80 × 25 % = 13,20 F/h
- entretien et réparations :
  - machine de base : $570\,000 \times \frac{1}{10\,000} = 57{,}00$ F/h
  - équipement "céréales" : $105\,000 \times \frac{1}{10\,000} = 10{,}50$ F/h
  - équipement "maïs" : $115\,000 \times \frac{1}{10\,000} = 11{,}50$ F/h
- récapitulatif du coût horaire de fonctionnement :
  - céréales : 52,80 + 13,20 + 57 + 10,50 = **133,50 F/h**
  - maïs : 52,80 + 13,20 + 57 + 11,50 = **134,50 F/h**

. **Calcul du coût horaire total d'utilisation** :

. **Pour la récolte des céréales** :

- charges fixes :
  - machine de base : 85 586 : 305 = 280,60 F/h
  - équipements céréales : 15 767 : 180 = 87,60 F/h
- coût de fonctionnement : 133,50 F/h
- **coût horaire total d'utilisation : 501,70 F/h**
- **coût d'utilisation à l'hectare :** $\frac{501{,}70 \times 40}{60}$ = **334,46 F/ha**

. **Pour la récolte du maïs** :

- charges fixes :
  - machine de base : 85 586 : 305 = 280,60 F/h
  - équipement maïs : 17 267 : 125 = 138,13 F/h
- coût de fonctionnement : 134,50 F/h
- **coût horaire total d'utilisation : 553,23 F/h**
- **coût d'utilisation à l'hectare** : $\frac{553{,}23 \times 50}{60}$ = 461,02 F/ha

Précisons que ces coûts ne représentent que les charges d'utilisation de la moissonneuse-batteuse et des broyeurs ; ils ne tiennent pas compte des coûts de main d'œuvre.

La part importante due aux charges fixes explique certains tarifs inférieurs, main d'œuvre de conduite comprise, pratiqués par des entreprises qui raisonnent parfois par rapport au coût marginal d'utilisation ou procédent à une organisation différente :

- déplacement des machines d'une région à l'autre pour allonger la durée d'utilisation annuelle,
- réalisation par leurs soins des réparations et révisions annuelles (ce qui abaisse le coût d'utilisation horaire).

Cet exemple montre clairement que le coût total d'utilisation d'une moissonneuse-batteuse, comme de tout autre matériel, est étroitement lié au nombre d'heures de travail annuel. Celui ci étant très différent d'un système de production à un autre, **il convient de ne pas généraliser des chiffres qui n'ont qu'une valeur d'exemple**.

Par ailleurs, le chantier de récolte nécessite généralement des moyens de transports : un chauffeur, un tracteur de puissance adéquate et deux bennes de capacité suffisante pour que l'on ait le temps de faire l'aller et le retour entre la parcelle et le silo, de peser, de décharger et d'attendre souvent son tour, pendant que la machine remplit l'autre benne. Parfois une 3ème benne est nécessaire. Le coût des matériels de transport est calculé selon l'utilisation qui en est faite (amortissement au taux de 10 % sur 15 ans par exemple, frais divers estimés à 0,5 pour 10 000 pour les pneumatiques, l'entretien et les réparations, l'intérêt du capital au taux de 10 %,...).

Vue du poste de conduite d'une moissonneuse-batteuse
(photo Fiatagri).

RAPPEL DES RÈGLES ESSENTIELLES D'ENTRETIEN ET DE SÉCURITÉ

9

- Les conditions de travail du conducteur 233
- Conseils généraux de sécurité 234
- Le poste de conduite 235
- La protection contre l'incendie 236
- Le moteur 236
- La direction et les freins 237
- Les transmissions mécaniques 237
- Les transmissions hydrauliques 238
- La signalisation et les circuits électriques 238
- La circulation sur route 239
- Le travail en pente 239
- Le nettoyage de fin de campagne ... 240

• LES CONDITIONS DE TRAVAIL DU CONDUCTEUR :

. Le bruit :

Lorsqu'il est excessif, le bruit provoque une fatigue auditive pouvant aller jusqu'à des gênes psychologiques, nerveuses, physiques et **les risques de perte d'audition sont importants**. Les utilisateurs de machines agricoles sont très exposés aux dangers causés par le bruit, car les pressions acoustiques sont fortes et prolongées.

De plus, lors d'un travail prolongé, le bruit entraîne **une baisse rapide de la vigilance** du conducteur et les risques d'accidents sont plus élevés.

Au delà d'une pression acoustique moyenne de **85 dBA**, le travailleur risque à la longue des atteintes auditives irréversibles.

Des dispositifs de **protection de l'ouïe** doivent être utilisés (tampons, casque,...), surtout pour la récolte des pois et du maïs qui, en conditions sèches font un bruit intense.

. Les poussières :

La récolte des grains est un des chantiers les plus poussièreux ; les récoltes dégradées par les intempéries ou certains végétaux, dégagent une énorme quantité de poussières, émise à l'avant de la machine (coupe et convoyeur), sous la machine (nettoyage) et à l'arrière (secoueurs, broyeur,...).

Sur les machines ne disposant pas de cabine, le conducteur peut être contraint d'utiliser un masque anti-poussières pour protéger son système respiratoire. Selon les individus, des allergies cutanées et, ou, respiratoires peuvent se manifester. En cas de traitement pendant le stade de maturation, un risque de toxicité des poussières peut persister au moment de la récolte.

Sur les machines pourvues de cabine, la filtration est assurée par des filtres placés en amont du système de ventilation. Il convient alors de prendre le soin de nettoyer ou de remplacer les éléments filtrants aux échéances prescrites.

. La chaleur :

La chaleur est aussi une source de fatigue et de baisse de vigilance du conducteur. Dans le cas le plus simple, en l'absence de cabine, un auvent pare-soleil est indispensable pour maintenir le conducteur à l'ombre. La présence d'une cabine est évidemment plus confortable à condition de prévoir un système de rafraîchissement d'air ou de climatisation, en raison de "l'effet de serre" dû à la surface importante des vitrages et au faible renouvellement d'air.

Les systèmes de rafraîchissement comportent une ventilation d'air refroidi par évaporation d'eau. **La climatisation** (fig. **226**) est un dispositif autonome de **conditionnement** de l'air d'une cabine. La climatisation comprend : **un compresseur** entraîné par le moteur de la machine, **un condenseur-évaporateur**, un circuit de **liquide réfrigérant**, **un ventilateur électrique**. Comme dans la plupart des groupes frigorifiques, la climatisation utilise la propriété que présente les fluides d'absorber de la chaleur lorsqu'ils passent de l'état liquide à l'état gazeux et de restituer cette chaleur lorsqu'ils passent de l'état gazeux à l'état liquide. La transformation de l'état liquide à l'état gazeux s'effectue dans un évaporateur par diminution de pression, et le retour à l'état liquide s'effectue dans un condenseur par augmentation

de pression. Ainsi, lorsque le courant d'air pulsé dans la cabine par le ventilateur passe par l'évaporateur, il se refroidit.

Précisons, bien entendu, que la cabine protège aussi le conducteur contre le froid, lors de la récolte du maïs, par exemple.

. **Les vibrations** :

Elles sont produites par le fonctionnement de la machine. Outre la fatigue et la baisse de vigilance qu'elles provoquent, l'organisme risque des lésions ou des traumatismes provoqués, selon les fréquences, par des **contraintes périodiques**, des **contraintes cycliques** ou **des résonnances** qui traversent le corps.

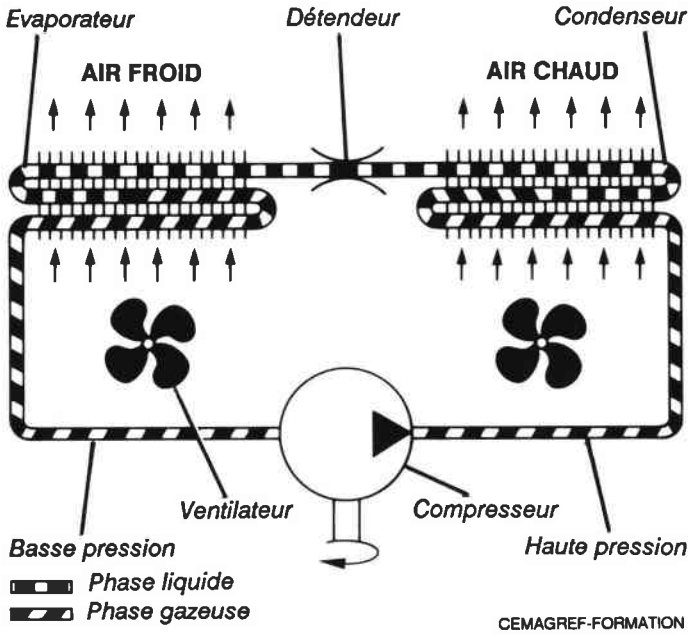


Fig. 226 — **Principe d'un dispositif de climatisation.**

Le siège a un rôle essentiel (fig. **227**), il doit protéger le conducteur en atténuant les vibrations et en lui procurant une position de travail confortable, en fonction de son poids et de ses caractéristiques : hauteur, recul, inclinaison du dossier, correction lombaire, orientation,...

• CONSEILS GÉNÉRAUX DE SÉCURITÉ :

- exiger la remise du manuel d'utilisation lors de la livraison d'une machine (neuve ou d'occasion) et respecter les instructions du constructeur,

- faire effectuer chaque année une révision complète de la machine et la vérification de l'extincteur,

- ne pas laisser les enfants monter sur la machine ou jouer à proximité,

- ne jamais démarrer le moteur ou actionner des commandes sans être en position de conduite,

- disposer, à bord, d'une caisse à outils,

- lors des travaux nécessitant la présence de personnes dans la zone de travail de la machine, redoubler d'attention et s'assurer d'avoir été bien vu et compris lors des changements de direction et des inversions de sens de marche. La mise en place d'un avertisseur sonore de recul est d'une grande utilité, pour éviter l'effet de surprise des personnes, le jour et surtout la nuit,

- utiliser les marche-pieds, passerelles, mains courantes et autres accès aux organes. Ne pas prendre l'habitude de sauter : **d'une manière générale, l'habitude et la routine estompent la conscience du risque et conduisent souvent à des accidents,**

- ne jamais intervenir sur les organes de transport du grain (élévateur à palettes ou à godets, vis...), lorsqu'ils sont en mouvement. Au niveau de la trémie, les vis de répartition et de vidange sont très dangereuses ; En cas de difficultés d'écoulement du produit, intervenir à distance avec un manche ou une perche en bois,

- maintenir les carters de protection des transmissions en place, ne pas intervenir sur les mécanismes en mouvement et arrêter le moteur pour procéder aux opérations d'entretien et de graissage,

- sur les machines équipées de broyeurs de paille, s'assurer de l'arrêt total du rotor avant d'intervenir, ne pas circuler dans la zone de projection,

- ne jamais fumer pendant l'approvisionnement en carburant de la machine,

- porter des vêtements ajustés : les vêtements volumineux ou flottants, les ceintures et les poches ouvertes peuvent se prendre dans les leviers ou les pédales ou être happés par un mécanisme,

Fig. 227 — **Siège suspendu.**

- porter des chaussures avec des semelles adhérentes : les semelles usées ou grasses favorisent le glissement du pied sur le marchepied, les pédales de commande ou les plates-formes d'accès.

Pour plus de précisions, se reporter à l'annexe documentaire et consulter la brochure CEMAGREF-MSA : j'entretiens mes matériels.

• LE POSTE DE CONDUITE :

- adapter la position du siège au gabarit du conducteur (hauteur, distance siège-pédales). Régler la suspension suivant le poids du conducteur et suivant les conditions d'utilisation de la machine (terrain, vitesse). Il est très important, en cas de dégradation ou d'usure du siège (mécanismes, coussins,...), de remplacer sans hésiter les éléments défectueux ou le siège en entier. On constate, chez les utilisateurs, un grand nombre de sièges qui ne remplissent plus leur rôle (assise correcte du conducteur, isolation des vibrations,...),

- nettoyer fréquemment les vitres de la cabine, ainsi que les rétroviseurs,

- remplacer les balais d'essuie-glaces tous les ans,

- maintenir propre l'intérieur de la cabine (utiliser des produits adaptés pour le nettoyage des revêtements),

- maintenir les mains courantes et les marchepieds en bon état et nettoyer les surfaces d'accès. La majorité des accidents survient lors de la montée ou de la descente des postes de conduite ; les grains se trouvant sur les surfaces de circulation constituent de dangereux "roulements à billes" !

- la cabine comporte généralement un filtre anti-poussières ; penser à le nettoyer et à le remplacer, suivant les préconisations du constructeur,

- sur les machines équipées d'une climatisation, maintenir au travail la porte de cabine fermée, dépoussiérer fréquemment les prises d'air et les échangeurs ; vérifier la tension de la courroie du compresseur ; respecter les conseils du livret d'entretien pour ce qui concerne le contrôle de la charge de liquide, le niveau d'huile dans le compresseur, le remplacement du filtre déshydrateur. Toute autre intervention sur le circuit de climatisation ne peut être confiée qu'à un personnel averti et équipé.

• **LA PROTECTION CONTRE L'INCENDIE** :

- disposer d'un extincteur approprié et de capacité suffisante, placé dans la zone d'accès au poste de conduite,
- faire vérifier l'extincteur chaque année et le faire recharger au plus vite après une utilisation même partielle,
- prendre conscience qu'il est difficile de stopper un incendie important avec un extincteur. Eviter de se livrer à des actions acrobatiques et dangereuses pour atteindre le foyer. Dans le compartiment du moteur, la présence d'un extincteur automatique ou d'un détecteur de feu, constituent une bonne prévention.
- vider souvent le bac à pierres, moteur à l'arrêt. Les pierres ou les graviers, s'ils parviennent au batteur, sont une source d'étincelage qui peut enflammer la paille et déclarer un incendie violent, activé par la soufflerie de nettoyage,
- dépoussierrer tous les jours la machine et le compartiment moteur,
- chaque jour, consacrer quelques minutes pour inspecter la machine, afin de déceler les traces d'échauffement ou de grippage de roulements et paliers, les fuites de carburant ou d'huile. Y remédier sans attendre,
- prendre l'habitude d'utiliser le coupe-batterie. S'il n'existe pas, en faire installer un.

• **LE MOTEUR** :

- nettoyer chaque jour les prises d'air, filtres à air et radiateur, remplacer les filtres selon les préconisations du constructeur,
- chasser les dépôts de poussières ; outre les risques d'échauffement du moteur, leur accumulation dans les points chauds (échappement,...) et leur agglomération avec des corps gras, augmentent considérablement le risque d'incendie,
- vérifier chaque jour la tension et l'état des courroies, les niveaux et l'étanchéité des circuits d'huile, d'eau et de carburant. Surtout, ne jamais laisser vide le circuit de refroidissement du moteur pendant l'hiver ; utiliser un liquide de refroidissement renouvellé tous les 2 ans,

- purger le circuit du carburant afin d'éliminer l'eau éventuellement déposée dans le bol de décantation des filtres ; faire le plein du réservoir de carburant en fin de journée pour éviter la condensation,
- veiller au maintien en place des tôles du compartiment moteur.

• LA DIRECTION ET LES FREINS :

- en cas de délestage de l'essieu directeur par le poids de l'équipement de récolte (cueilleur à maîs, par exemple), placer des contre-poids arrière en quantité suffisante,

- vérifier périodiquement le jeu des moyeux, ainsi que l'état des rotules et des pivots,

- vérifier le niveau d'huile du circuit de direction,

- surveiller l'étanchéité des canalisations hydrauliques,

- contrôler l'état des flexibles et ne pas hésiter à les faire remplacer en cas de détérioration,

- faire vérifier la direction si elle devient dure ou instable,

- contrôler périodiquement le réglage de la garde des pédales de freins,

- vérifier le niveau de liquide des freins à commande hydraulique et respecter le type de fluide préconisé par le constructeur,

- vérifier que les freins sont bien équilibrés ; des freins mal équilibrés rendent la conduite dangereuse et peuvent faire verser le véhicule,

- tester à vitesse réduite l'efficacité du freinage avant de quitter l'exploitation.

• LES TRANSMISSIONS MÉCANIQUES :

- vérifier périodiquement le niveau d'huile dans les carters des boîtes de vitesse, des différentiels et des réducteurs ; ne pas oublier de les vidanger aux échéances prescrites par le constructeur,

- respecter le plan de graissage journalier du constructeur et opérer moteur à l'arrêt,

- conserver en place les carters et les protecteurs ; vérifier régulièrement leur état et leur fixation. Ne pas attendre pour les remplacer ou pour les réparer s'ils sont endommagés,

- faire contrôler régulièrement les limiteurs de couple, ils peuvent se gripper et ne plus assurer leur fonction. Ne pas modifier leur réglage d'origine,

- ne pas hésiter à faire vérifier ou remplacer les embrayages usés, avant qu'ils ne deviennent dangereux,

- vérifier périodiquement l'état des jantes et le serrage des écrous de roue ; en cas de démontage, attention à l'écrasement et au lumbago ! Utiliser des moyens de manutention appropriés,

- éviter le contact des pneus avec de l'essence, du fuel domestique, de l'huile ou de la graisse ; garer la machine sur un sol propre et se méfier des carburants ou lubrifiants répandus au sol,

- suivre scrupuleusement les conseils de gonflage du fournisseur de pneumatiques : le sous-gonflage et les surcharges détériorent et usent prématurément les pneumatiques. Il y a risques d'accident, en raison d'un éclatement, d'un manque d'adhérence ou de stabilité,

- après le nettoyage de fin de campagne, détendre les courroies de transmission, nettoyer et graisser les chaînes, vérifier les niveaux d'huile et vidanger si nécessaire.

• LES TRANSMISSIONS HYDRAULIQUES :

- examiner visuellement les tuyaux hydrauliques flexibles, afin de déceler tout signe de déchirure ou d'usure anormale,

- avant d'intervenir sur un circuit, effectuer si nécessaire un calage des mécanismes (table de coupe, rabatteurs, cueilleurs,..) ; utiliser les garants fournis par les constructeurs,

- vérifier chaque jour les niveaux, s'assurer de l'absence de fuite et dépoussiérer l'échangeur,

- en cas de fuite d'huile, ou si les vérins ne retiennent pas la charge, faire réparer sans attendre. En cas de fuite, ne pas approcher les mains, le fluide sous haute pression pourrait traverser l'épiderme et produire des lésions locales graves,

- s'assurer du réglage correct du point neutre au levier d'avancement lorsque la machine est à transmission hydrostatique.

ATTENTION
La machine peut avancer toute seule même si le levier est au neutre. Dans ce cas, faire régler les tringleries de commande.

- remplacer les filtres et vidanger aux échéances prescrites. Il est préférable d'effectuer la vidange du réservoir hydraulique et le remplacement des filtres avant la remise en route, plutôt qu'en fin de campagne. Cela permet d'éliminer l'eau qui s'est condensée pendant l'hiver.

ATTENTION : Pour les machines à transmission hydrostatique, la qualité de l'huile du circuit d'avancement est souvent différente de celle utilisée pour les circuits des vérins.

- pour le remisage, mettre tous les équipements hydrauliques en position de repos, en essayant de rentrer les tiges de vérins : sinon, les enduire de graisse.

• LA SIGNALISATION ET LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES :

- veiller à la protection des feux et des faisceaux électriques contre les risques de choc, de pincement et d'arrachement ; éviter en particulier les fils pendants,

- disposer, à bord, d'un jeu de lampes et de fusibles de rechange,

- en cas de montage d'un circuit supplémentaire, installer dans tous les cas un fusible de départ et choisir des conducteurs bien isolés et de section suffisante,

- en cas de remplacement d'un fusible, respecter rigoureusement le calibre d'origine du fusible,

- ne jamais débrancher la batterie lorsque le moteur tourne,

- avant toute intervention sur le circuit électrique, arrêter le moteur et débrancher la batterie,

- vérifier le niveau d'électrolyte des batteries, l'état et la tension de la courroie d'alternateur.

• **LA CIRCULATION SUR ROUTE** :

- déposer si possible la table de coupe et la déplacer avec son chariot en respectant les règles de signalisation des véhicules remorqués,

- bien tenir la droite de la route,

- allumer les feux de route, même de jour ; signaler clairement les extrémités ; faire précéder la machine par un véhicule d'avertissement,

- pour la signalisation sur route, jour et nuit, utiliser au moins un girophare orange, placé le plus haut possible, afin d'être visible dans toutes les directions,

- faire particulièrement attention lors des traversées de la chaussée ou d'engagement sur la route (sortie de ferme ou de champ). En cas de visibilité insuffisante, se faire guider par une personne,

- si nécessaire et si la puissance de l'alternateur le permet, ne pas hésiter à faire installer des phares de travail,

- veiller à nettoyer la chaussée en cas de perte de grains ou de dépôt de terre,

- vérifier l'éclairage du véhicule et prendre un éclairage de secours portatif.

• **LE TRAVAIL EN PENTE** :

- prévoir de travailler en montant et en descendant, partout où cela est possible,

- ne pas oublier les conséquences des transferts de charge dûs au relevage de la coupe et au remplissage de la trémie ; éviter de remplir complètement la trémie,

- mettre à l'arrière les masses additionnelles appropriées, surtout si la machine est équipée de cueilleurs à maïs,

- choisir la bonne vitesse, réduire si nécessaire le régime du moteur et embrayer doucement,

- réduire la vitesse pour tourner, spécialement en dévers,

- dégager les bords des digues, étangs et fossés pour qu'ils soient bien visibles et, en travail, ne pas s'en approcher,

- sur les machines munies d'un châssis correcteur de pente à commande manuelle, redoubler de prudence lors de l'actionnement des leviers. Sur les machines à correction automatique, faire régler immédiatement les commandes en cas d'anomalie.

• **LE NETTOYAGE DE FIN DE CAMPAGNE** :

- faire tourner la machine à vide, afin d'expulser le plus possible de débris végétaux et de poussières. Chasser si nécessaire les dépôts secs à l'air comprimé. Si la machine a récolté des produits humides, nettoyer l'intérieur et l'extérieur au jet d'eau, afin d'éliminer les dépôts. Utiliser un groupe de lavage, à l'eau froide ou tiède sous pression modérée (maximum 50 bars) en évitant, en particulier, d'approcher le jet des roulements, des connections électriques et des boîtiers électroniques (utiliser éventuellement un agent dégraissant, mais jamais de lessive de décapage ou d'entretien de bâtiment).

- après séchage, graisser la machine complètement et mettre de nouveau en marche quelques minutes,

- procéder aux réparations éventuelles,

- appliquer sur les surfaces nues un produit anti-corrosion ou repeindre si nécessaire,

- garer la machine dans un local sain, si possible fermé, à l'abri des poussières et des intempéries.

NORMES, RÉGLEMENTATION ET REPÈRES STATISTIQUES

10

- **Principales normes appliquées aux moissonneuses-batteuses 242**
- **Les dispositions réglementaires 243**
- **Repères statistiques 245**

- **PRINCIPALES NORMES APPLIQUÉES AUX MOISSONNEUSES-BATTEUSES :**

NF U 31-010 : Juillet 1983 (identique à ISO 5702). Matériel de récolte. Pièces constitutives de moissonneuses-batteuses.

NF U 31-011 : Mai 1983 (identique à ISO 6689). Matériel de récolte. Moissonneuses-batteuses et parties constitutives fonctionnelles. Définitions, spécifications et performances.

NF U 31-012 : Septembre 1978. Matériel de récolte. Moissonneuses-batteuses automotrices. Fiche signalétique. Plan type.

NF U 31-101 : Mars 1983 (identique ISO 5717). Matériels de récolte. Moissonneuses-batteuses. Doigts de barre de coupe. Dimensions.

NF U 31-102 : Mars 1983 (ISO 5687). Matériel de récolte. Moissonneuses-batteuses. Détermination et désignation de la capacité et des performances du dispositif de déchargement des trémies.

NF ISO 8210 : Janvier 1990 (indice de classement U 31-200). Matériel de récolte. Moissonneuses-batteuses. Méthode d'essai.

A la date de parution de cet ouvrage, une nouvelle norme concernant la sécurité est en cours d'élaboration sous la référence : Pr NF EN 632 (indice de classement U 02-006). Ce projet, élaboré dans le cadre du Comité Européen de Normalisation (C.E.N.), a pour intitulé : **exigences de sécurité pour le matériel agricole et forestier. Moissonneuses-batteuses et récolteuses-hacheuses.** Cette norme définit les modalités d'application de la directive européenne 89/392 CEE.

• **LES DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES** :

. **La réglementation française** :

- décret n° 86-594 du 14 mars 1986 (Journal Officiel du 19 mars 1986), définissant les conditions d'hygiène et de sécurité auxquelles doivent satisfaire les machines mobiles agricoles et forestières,

- arrêté du 14 mars 1986 (Journal Officiel du 20 mars 1986), définissant les prescriptions techniques d'hygiène et de sécurité auxquelles doivent satisfaire les machines mobiles agricoles et forestières,

- arrêté du 2 décembre 1986 (Journal Officiel du 11 décembre 1986), fixant les conditions d'hygiène et de sécurité auxquelles doivent satisfaire les machines mobiles agricoles et forestières,

- arrêté du 2 décembre 1988 (Journal Officiel du 23 décembre 1988), définissant les modalités d'apposition de la **marque de conformité et du certificat de conformité.**

Pour une information plus complète, il convient de se reporter notamment au Code de la Route (permis de conduire, circulation, signalisation, freinage,...) et au Code du Travail.

. **La réglementation communautaire** :

La directive Européenne 89/392 CEE du 14 juin 1989, complétée par la directive 91/368 CEE du 20 juin 1991, s'applique aux machines et fixe les exigences essentielles de sécurité et de santé des personnes. Cette directive est transcrite en droit français pour être applicable à compter du 1/01/1993. Pendant une période de transition de deux années (1/01/1993 au 1/01/1995), les constructeurs pourront opter soit pour la réglementation française, soit pour la réglementation commmunautaire ; **après ce délai les textes communautaires devront être appliqués**.

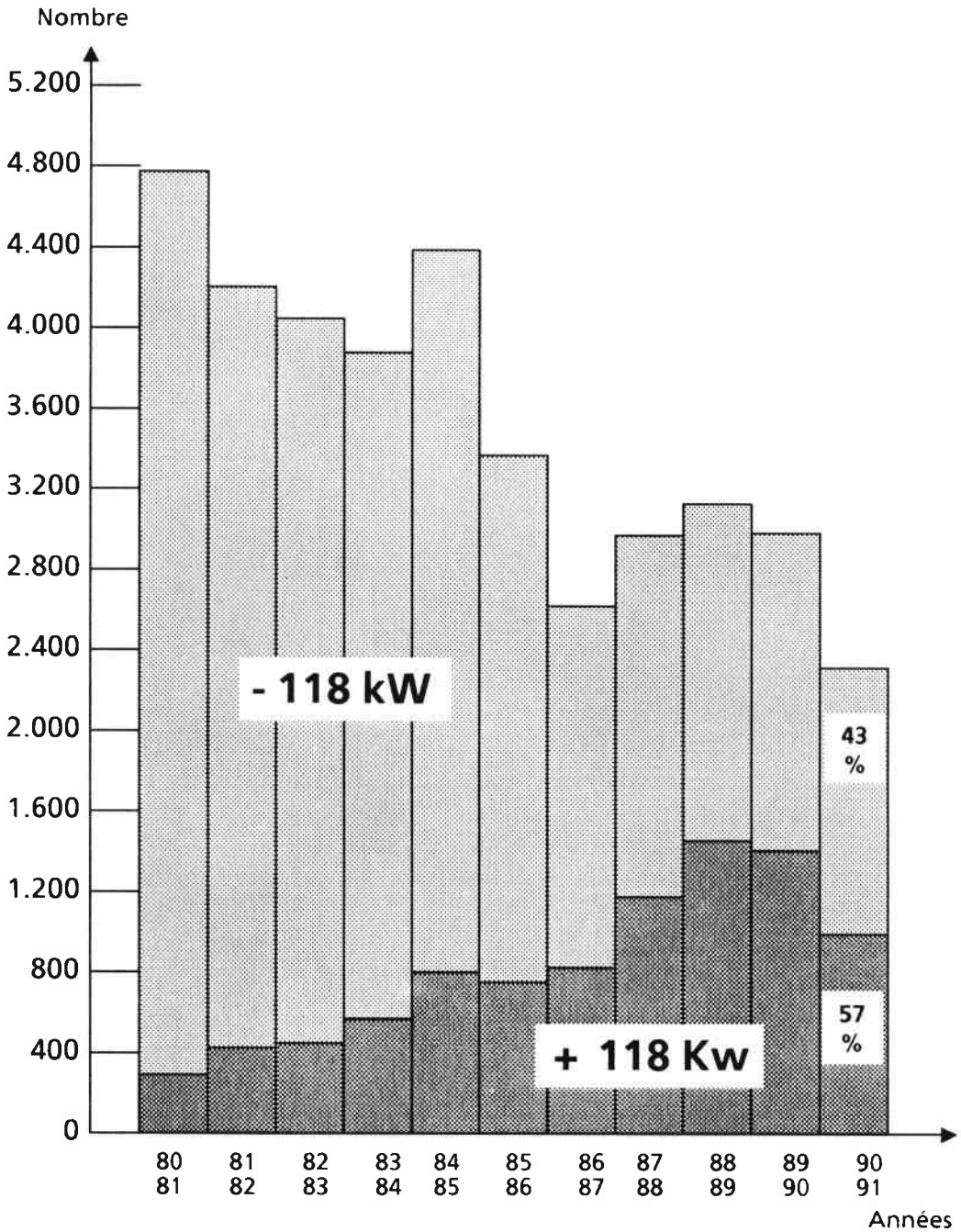
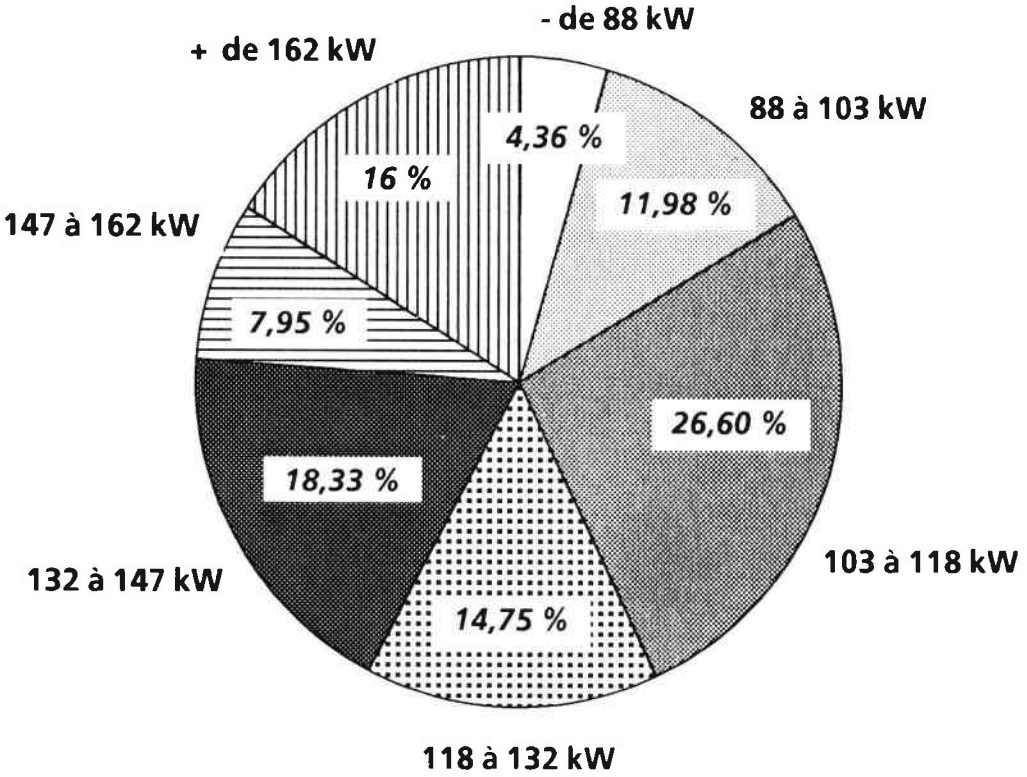


Fig. 228 — **Évolution des ventes de moissonneuses-batteuses en France de 1981 à 1991** *(source CEMAGREF).*

• **REPÈRES STATISTIQUES** :

Comme pour les autres matériels importants, les ventes annuelles de moissonneuses-batteuses en France (fig. **228**) ont nettement diminué (plus de 50 % de baisse en 10 ans). L'analyse des ventes annuelles, par catégorie de puissance (fig. **228** et **229**), montre par contre un accroissement sensible des puissances ; entre les campagnes 80-81 et 90-91 les ventes des machines de plus de 118 kW (160 ch) sont passées de 300 unités à près de 1400 unités, soit une augmentation de plus de 360 % en 10 ans.



Total des moissonneuses-batteuses vendues en 90-91 : 2 312

Fig. 229 — **Répartition, par catégorie de puissance, des ventes de moissonneuses-batteuses, en France, pour la campagne 90-91** *(source CEMAGREF).*

CONSEILS POUR LA PRÉSERVATION DE LA FAUNE SAUVAGE

Au moment de la récolte des céréales et des autres cultures, certains animaux risquent d'être victimes des machines. Au lieu de fuire, les mammifères ou les oiseaux, même s'ils ne nichent pas dans la parcelle à récolter, peuvent se laisser encercler par les machines et se blottir jusqu'à se laisser prendre.

Ce sont les perdrix, grises notamment, qui risquent de payer le plus lourd tribu à l'occasion de la moisson ou de la récolte d'autres cultures. Les risques sont plus graves après un printemps pluvieux ayant entraîné un échec des premières couvées et un recoquetage. Or cette espèce a tendance à se raréfier depuis plusieurs décennies, voire à disparaître dans certaines régions où elle était autrefois bien présente.

Mais d'autres espèces comme les lièvres, les faisans et même les jeunes faons de chevreuils peuvent également faire les frais de ces travaux.

Un certain nombre de recettes simples, pas très coûteuses ni très contraignantes permettent de réduire les pertes :

- **éviter si possible de régler les barres de coupe trop bas**, mais plutôt juste assez bas pour récolter le maximum des graines ;

- l'attaque de chaque nouvelle parcelle devrait se faire de la manière suivante : **commencer par exécuter un détourage lent** avec la barre de coupe réglée le plus haut possible. **Ensuite récolter le reste de la parcelle en attaquant par le centre ou en travaillant sur un seul côté de la parcelle**. Le choix de l'une ou de l'autre de ces deux méthodes dépend des conducteurs et de l'incidence sur les temps morts (temps de manœuvres) : distances parcourues sans récolte dans la première solution, manœuvre de retournement (à 180°) un peu plus longue que le changement de direction à 90° dans le second cas ; en cas de doute, ne pas hésiter à arrêter la machine quelques minutes avant de terminer la dernière fraction de la parcelle, puis crier et frapper dans ses mains pour faire fuire les animaux.

- quand les opérations de pressage ou de broyage des pailles ne sont pas exécutés dans les 48 heures qui suivent la récolte elles peuvent entraîner **une mortalité importante** notamment pour le lièvre. Pour l'éviter on peut employer des moyens simples d'effarouchement tels qu'**une bûche fixée au maillon terminal d'une chaîne suspendue devant le tracteur** dans l'axe de l'andain ou **des chaînes disposées sur une perche fixée sous le tracteur**. Ces deux procédés peuvent être utilisés conjointement.

Dans un souci d'une préservation plus efficace il est possible, outre les procédés cités précédemment, d'inciter les animaux à quitter à l'avance les parcelles prochainement moissonnées. Des **dispositifs d'effarouchement** acoustiques ("canons à gaz", appareils diffusant le cri d'effroi de la chevrette) ou visuels (épouvantails simples mais assez nombreux) peuvent être utilisés. **Pour que ces moyens gardent leur efficacité il convient de ne pas les mettre en œuvre trop longtemps avant la récolte afin d'éviter que les animaux s'y habituent**.

Si le brûlage de la paille ne peut être évité, ne pas créer de foyers susceptibles d'encercler les animaux et effectuer au préalable quelques déplacements en tracteurs sur la parcelle, afin de les inciter à fuir.

ANNEXE DOCUMENTAIRE ET ADRESSES UTILES

- OUVRAGES :
  - Ouvrages généraux 251
  - Moissonneuses-batteuses 251
  - Moteurs 252
  - Transmissions mécaniques et hydrauliques 253
  - Electricité et électronique 254
  - Pneumatiques 254
- LOGICIELS 254
- ADRESSES UTILES 255

• **OUVRAGES** :

- **Ouvrages généraux** :

ADEME, **"Economiser 20 % de carburant"**. ADEME : Agence de l'Environnement et de l'Energie, 27 rue Louis Vicat 75015 PARIS. 1989.

ADEME, **"Module de formation générale à la conduite, et à l'entretien des tracteurs et automoteurs agricoles"**. ADEME : Agence de l'Environnement et de l'Energie, 27 rue Louis Vicat 75015 PARIS. 1989.

CAIROL Dominique et JANNOT Philippe, **"De la réduction des charges de mécanisation à l'augmentation de la productivité des matériels dans l'exploitation agricole"**. CEMAGREF - Groupement d'Antony, Division Production et Economie Agricoles, BP 121 92185 ANTONY CEDEX.

CEMAGREF/TEC et DOC : **"Lexique illustré du machinisme et des équipements agricoles"**. Coédition. Collection FORMAGRI, volume 1. Editions CEMAGREF DICOVA, BP 22 92162 ANTONY CEDEX. Editions TEC et DOC, 14 rue de Provigny 94236 CACHAN Cedex. 1991.

CEMAGREF : **"Dictionnaire machinisme et équipements agricoles"**. Six langues : Français, Anglais, Allemand, Espagnol, Italien, Portuguais. Editions CEMAGREF DICOVA, BP 22 92162 ANTONY CEDEX. 1990.

CEMAGREF/MSA, **"J'entretiens mon matériel agricole"**. Coédition. Editions CEMAGREF DICOVA, BP 22 92162 ANTONY CEDEX. Caisses Centrales de Mutualité Sociale Agricole. Prévention des Accidents du Travail, 8-10 rue d'Astorg, 75413 PARIS CEDEX 08. 1988.

CEMAGREF/MSA, **"J'organise mon atelier"**. Coédition. Editions CEMAGREF DICOVA, BP 22 92162 ANTONY CEDEX. Caisses Centrales de Mutualité Sociale Agricole. Prévention des Accidents du travail, 8-10 rue d'Astorg 75413 PARIS CEDEX 08. 1989

QUATREMER R. et TROTIGNON J.P. : **"Précis des unités et grandeurs"**. Editions AFNOR, Tour Europe Cedex 7 92080 PARIS la Défense. NATHAN, 18 rue Monsieur le Prince 75006 PARIS. 1986.

MUTUALITE SOCIALE AGRICOLE (MSA), **"Hygiène et sécurité dans l'utilisation des machines et du matériel agricoles"**. Edité par les Caisses Centrales de la Mutualité Sociale Agricole, 8-10 Rue D'Astorg 75413 PARIS Cedex 08.

- **Moissonneuses-batteuses** :

ACTA-BCMA, "Tractoguide Moissonneuses-batteuses". ACTA, 149 rue de Bercy, 75595 PARIS Cedex 12. Recueil annuel des caractéristiques des moissonneuses-batteuses.

BELL BRIAN, **"Farm Machinery"**. Farming Press Books, 4 Friars Courtyard, 30-32 Princes Street IPSWICH IP1 1RJ, United Kingdom. 1989.

BOUHAGEB.A., **"Produits de graissage et de protection"**. Editions CEMAGREF DICOVA, BP 22 92162 ANTONY CEDEX. 1991.

BP, **"Documentation agricole BP"**, brochures périodiques didactiques consacrées à l'évolution des matériels. BP France, 8 rue Gémaux Gergy St Christophe, 95866 CERGY-PONTOISE CEDEX.

CANDELON.P, **"les machines agricoles"**. Editions Baillière, 19 rue de Hautefeuille, 75006 PARIS. 1978.

E.T.A.I., **"Revue Technique machinisme agricole"**. Editions Techniques pour l'Automobile et l'Industrie, 96 rue de Paris, 92100 Boulogne Billancourt. Revue périodique Bimestrielle.

ITCF - AGPM, "Maïs 2 - Récolte épis et grains". ITCF, 8 avenue du Président Wilson, 75116 Paris. 1986.

JACOBS et HARRELL, **"Agricultural power and machinery"**. Gregg Division, Mc GRAW-HILL BOOK COMPANY, NEW YORK. 1983.

JOHN DEERE, **"Notions Techniques de base : la climatisation"**. BP 219 Ormes 45144 St Jean de la Ruelle Cedex. 1973.

KUNZE ROBERT FRITZ, **"Lexikon der Landtechnik"**. Vogel Buchverlag Würzburg (Lexique des matériels agricoles de récolte) - Vogel Buchverlag - Postfach 6740, D - 8700 WURZBURG 1. 1987

AGRI-NATHAN. Encyclopédie agricole pratique. Nouvelle librairie, département AGRI-NATHAN international, 10 boulevard Jourdan 75014 PARIS. 1986.

MOBIL/AGRI-NATHAN **"Les lubrifiants dans l'agriculture"**. Encyclopédie agricole pratique. Nouvelle librairie, département AGRI-NATHAN international, 10 boulevard Jourdan 75014 PARIS. 1986.

- **Moteurs** :

BOSCH, Cahiers Techniques : **"Equipements d'injection pour moteurs diesels, électricité, électronique, alternateurs et démarreurs"**. Editions DELTA PRESS, 111 rue Ste Cécile 13005 Marseille. 1985.

BOUHAGEB.A., **"Produits de graissage et de protection"**. Editions CEMAGREF DICOVA, BP 22 92162 ANTONY CEDEX. 1991.

BP, **"Documentation agricole BP"**, brochures périodiques didactiques consacrées à l'évolution des matériels. BP France, 8 rue Gémeaux, Gergy St Christophe - 95866 CERGY-PONTOISE CEDEX.

CEDRA C. et GAUTHIER D., **"les moteurs diesels, technologie et fonctionnement"**. Editions CEMAGREF DICOVA, BP 22 92162 ANTONY CEDEX. 1990.

DELANETTE M., **"la suralimentation des moteurs"**. Editions, 96 rue de Paris 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT. 1989.

E.T.A.I., **"Revue Technique Diesel"**. Editions Techniques pour l'Automobile et l'Industrie, 94 rue de Paris 92100 BOULOGNE BILLANCOURT. Bimestrielle.

E.T.A.I., **"Revue Technique machinisme agricole"**. Editions Techniques pour l'Automobile et l'Industrie, 94 rue de Paris, 92100 BOULOGNE BILLANCOURT. Revue périodique Bimestrielle.

E.T.A.I., **"Recueil des fiches techniques moteurs" de la Revue Technique Machinisme Agricole**. Editions ETAI, 94 rue de Paris 92100 BOULOGNE BILLANCOURT.

FOY H., **"Technique et Applications de la Suralimentation par Turbocompresseur"**. Edition Turbo Club de France, 3 à 5 rue Bernard Palissy 92600 Asnières. 1987.

FOY H., **"Technologie du turbocompresseur"**. Editions ETAI, 96 rue de Paris 92100 BOULOGNE BILLANCOURT.

- **Transmissions mécaniques et hydrauliques** :

BOUHAGEB A., **"Produits de graissage et de protection"**. Editions CEMAGREF DICOVA, BP 22 92162 ANTONY CEDEX. 1991.

BP, **"Documentation agricole BP"**, brochures périodiques didactiques consacrées à l'évolution des matériels. BP France, 8 rue Gémeaux, Gergy St Christophe - 95866 CERGY-PONTOISE CEDEX.

CEMAGREF/TEC et DOC : **"Les tracteurs agricoles"**. Coédition. Collection FORMAGRI, volume 2. Editions CEMAGREF DICOVA, BP 22 92162 ANTONY CEDEX. Editions TEC et DOC, 14 rue de Provigny 94236 CACHAN Cedex. 1991.

DECRIEM C. et FONTAINE J. : **"Technologie de l'hydraulique du machinisme agricole"**. Tomes 1 et 2. Editions ETAI, 94 rue de Paris 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT. 1989.

DE GROOTE J.P., **"Technologie de l'hydraulique"**. Editions ETAI, 94 rue de Paris 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT.

DERREUMAUX R., **"Les transmissions"** (automobile). Editions ETAI, 94 rue de Paris 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT.

DESBOIS M., MARIE L., MARTIN J.P., **"Organes de transmission et d'utilisation"**. La technique de la réparation automobile. Editions FOUCHER, 128 rue de Rivoli 75001 Paris. 1981.

E.T.A.I., **"Revue Technique machinisme agricole"**. Editions ETAI, 94 rue de Paris 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT. Revue périodique Bimestrielle.

- **Electricité et électronique** :

ASCH. G, **"Les capteurs en instrumentation industrielle"**. Editions DUNOD, 15 rue Gossin 92120 MONTROUGE. 1991.

BOSCH, Cahiers Techniques : **"Electricité automobile, batteries, alternateurs et démarreurs"**. Editions DELTA PRESS, 111 rue Sainte Cécile 13005 Marseille. 1985.

BOSCH, Cahiers Techniques : **"Electronique"**. Editions DELTA PRESS, 111 rue Sainte Cécile 13005 Marseille. 1985.

CEMAGREF/TEC et DOC : **"Les tracteurs agricoles"**. Coédition. Collection FORMAGRI, volume 2. Editions CEMAGREF DICOVA, BP 22 92162 ANTONY CEDEX. Editions TEC et DOC, 14 rue de Provigny 94236 CACHAN Cedex. 1991.

GESO-EPFL, Guide : **"Capteurs de mesure et de détection"** Edition Presses Polytechniques Romandes. CH-1015 Lausanne - SUISSE. 1985

ICHINOSE. N, KOBAYASHI. T, **"Guide pratique des capteurs"** Editions MASSON, 120 Boulevard Saint-Germain 75006 PARIS Cedex 06. 1990

BOHM.E, **"Messen, Steuern, Regeln in der Landtechnik"** Vogel Buchverlag Würzburg (commandes, régulations et asservissements sur les matériels agricoles) - Vogel Buchverlag - Postfach 6740, D - 8700 WURZBURG 1. 1988

COX S.W.R., **"Farm Electronics"** Editions BSP Professional Books, Osney Mead, Oxford 0X2 OEL.

- **Pneumatiques** :

ITCF/CEMAGREF, **"Choisir les pneumatiques"**. Coédition. Editions CEMAGREF DICOVA, BP 22 92162 ANTONY CEDEX. Editions de l'ITCF, 8 avenue du Président Wilson 75116 PARIS. 1991.

KLEBER/AGRI-NATHAN, **"Les pneumatiques dans l'agriculture"**. Encyclopédie agricole pratique. Nouvelle librairie, département AGRI-NATHAN International, 10 boulevard Jourdan 75014 PARIS. 1984.

• **LOGICIELS** :

BCMA. Disquette **"tableur"**, pour l'évaluation des coûts prévisionnels, à partir des données RESUMA. BCMA : Bureau de Coordination du Machinisme Agricole, 11 rue de la Baume 75008 PARIS

CEMAGREF. Logiciel GEDE - GUEPARD, conçu par le CEMAGREF et diffusé par France Maïs. Basé sur la programmation linéaire, il permet de déterminer la répartition optimale des productions végétales sur une exploitation agricole définie par un ensemble de contraintes et par les caractéristiques technico-économiques des différentes cultures possibles. La solution optimale est celle qui procure la plus grande marge brute (soit pour un appareil de production donné, le plus grand revenu). CEMAGREF Groupement d'ANTONY - Division Production et économie agricoles : BP 121 92185 ANTONY Cedex

FNCUMA. Logiciel MECAGEST : système de diagnostic de mécanisation de l'exploitation agricole, réalisé par des conseillers FDCUMA de l'ouest de la France et qui permet :
- l'inventaire et la description de tous les matériels individuels et en copropriété,
- la saisie des factures d'entretien, des dépenses de carburant et des fournitures,
- la prise en compte des travaux par tiers (CUMA, utilisateur individuel),
- le calcul analytique des coûts et leur visualisation graphique, par catégorie de matériels.

FNCUMA : Fédération Nationale des Coopérations d'Utilisation de Matériel Agricole, 48 rue Montmartre 75002 PARIS

FRANCE MAIS. Logiciel GEDE - GUEPARD, conçu par le CEMAGREF et diffusé par France-Maïs. Basé sur la programmation linéaire, il permet de déterminer la répartition optimale des productions végétales sur une exploitation agricole définie par un ensemble de contraintes et par les caractéristiques technico-économiques des différentes cultures possibles. La solution optimale est celle qui procure la plus grande marge brute (soit pour un appareil de production donné, le plus grand revenu). FRANCE MAIS : 4 rue Paul Bernès 31075 TOULOUSE CEDEX

INRA : l'Institut National de la Recherche Agronomique conçoit et développe plusieurs modèles informatiques et logiciels destinés aux chercheurs, prescripteurs et exploitants. Citons par exemple le logiciel OTELO (Organisation du Travail et Language à Objets) ; il s'agit d'un logiciel de simulation conçu pour aider l'agriculteur et son conseiller à raisonner l'organisation du travail et le choix des équipements. INRA : 147 rue de l'Université 75341 PARIS Cedex 07

ITCF : l'Institut Technique des Céréales et des fourrages conçoit et développe deux logiciels de simulation : SIMEQ (Simulateur d'Equipement) et SIMU-GC (Simulateur Grandes Cultures). Ces deux logiciels sont utilisés par l'ITCF pour répondre aux demandes des chercheurs, techniciens, agriculteurs et prescripteurs. Le service associé à ces deux logiciels peut inclure l'expertise préalable sur l'exploitation. Contact j.P Nicoletti, ITCF : 91720 Boigneville

PERFAGRI 92. Logiciel **IGOR**. Utilisé pour l'aide au choix des matériels (tracteurs et autres matériels), par sélection de critéres très variés : puissance, réserve de couple, cylindrée, consommation spécifique, ... PERFAGRI 92, 51 Avenue du Parc des Sports 94260 FRESNES

- **ADRESSES UTILES** :

- **ACTA** : Association de Coordination Technique Agricole, 149 rue de Bercy 75595 PARIS CEDEX 12

- **ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 27 rue Louis Vicat 75017 PARIS

- **AFNOR** : Association Française de Normalisation, Tour Europe Cedex 7 92080 PARIS-LA-DEFENSE

- **AGPM** : Association Générale des Producteurs de Maïs, 122 boulevard Tourasse 64000 PAU

- **APCA** : Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture, 9 avenue George V 75008 PARIS

- **BCMA** : Bureau de Coordination du Machinisme Agricole, 11 rue de la Baume 75008 PARIS

- **CEMAGREF-DICOVA** : Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Parc de Tourvoie BP 22 92162 ANTONY CEDEX

- **CETIM** : Centre Technique des Industries Mécaniques, 52 Avenue Félix-Louat 60304 SENLIS

- **CETIOM** : Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains, 174 avenue Victor Hugo 75116 PARIS

- **CNAR** : Confédération Nationale des Artisans Ruraux, 45 rue de Lisbonne 75008 PARIS

- **CNDP** : Centre National de Documentation Pédagogique, 29 rue d'Ulm 75230 PARIS Cedex 05

- **COMPA** : Conservatoire du Machinisme et des Pratiques Agricoles, 1 rue de la République 28300 CHARTRES-MAINVILLIERS

- **FNAFPA** : Fédération Nationale d'Associations de Formation et de Promotion des Adultes, B.P. 5 La Ménitré 49250 BEAUFORT-EN-VALLEE

- **FNAMS** : Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences, 74 rue Jean Jacques Rousseau 75001 PARIS

- **FNCETA** : Fédération Nationale Centres d'Etudes Techniques Agricoles, 9 rue de la Baume 75008 PARIS

- **FNCUMA** : Fédération Nationale des Coopératives d'Utilisation de Matériel Agricole, 48 rue Montmartre 75002 PARIS

- **FNGEDA** : Fédération Nationale des Groupes d'Etudes et de Développement Agricole, 9 rue de la Baume 75008 PARIS

- **GNIS** : Groupement National Interprofessionnel des semences et plants, 44 rue du louvre 75116 PARIS

- **INPSA** : Institut National de Promotion Supérieure Agricole, Rue des Champs-Prévois 21000 DIJON

- **INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique, 147 rue de l'Université 75431 PARIS Cedex 07

- **INRAP** : Institut National de Recherches et d'Applications Pédagogiques, 2 rue des Champs Prévois 21000 DIJON

- **ITCF** : Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 8 Avenue du Président Wilson 75116 PARIS

- **MSA** : Mutualité Sociale Agricole, 8-10 rue d'Astorg 75413 PARIS Cedex 08

- **Musée de la machine agricole** : Les Ruralies VOUILLE 79230 PRAHECQ

- **OCDE** : Organisation pour la Coopération et le Développement Economiques, 2 rue André Pascal 75775 PARIS Cedex 16

- **ONIDOL** : Organisation Interprofessionnelle des Oléagineux, 12 avenue George V 75008 PARIS

- **PERFAGRI 92** : 51 avenue du Parc des Sports 94260 FRESNES

- **SECIMA** : Syndicat des Entreprises de Commerce International de Matériel Agricole, 25-27 rue d'Astorg 75008 PARIS

- **SEDIMA** : Syndicat National des Entreprises de service et de Distribution du Machinisme Agricole, 6 Boulevard Jourdan 75014 PARIS

- **SIMA** : Salon International de la Machine Agricole, Salon International de la Motoculture, 24 rue du Pont 92522 NEUILLY-SUR-SEINE Cedex

- **SOLAGRO** : Energie et Environnement Solutions adaptées pour un développement durable, 219 avenue de Muret 31300 TOULOUSE

- **SYGMA** : Syndicat Général des constructeurs de tracteurs et machines agricoles, 19 rue Jacques Bingen 75017 PARIS

INDEX ALPHABÉTIQUE GÉNÉRAL

A

Actionneurs électro-magnétiques, 193.
Actionneurs hydrauliques, 193.
Actionneurs mécaniques, 193.
Adaptation à la récolte des pois protéagineux, 120.
Adaptation pour la récolte de l'œillette, 123.
Adaptation pour la récolte des semences, 137.
Adaptation pour la récolte du soja, 125.
Agitateur-répartiteur, 60.
Aide à la conduite, 193, 202.
Aiguille, 20.
Air conditionné, 233.
Air de refroidissement, 172.
Amortissement, 224.
Amortissement moyen, 220, 224.
Analyse prévisionnelle du coût d'utilisation, 223.
Angle d'enveloppement du contre-batteur, 54.
Antigel, 172.
Appareil de mesure du taux d'humidité, 142.
Asservissement, 195, 205.
Automatismes, 193, 195, 204.
Automoteur, 25.
Automotrice, 25.
Avancement, 45, 104, 121, 157, 173, 183.
Axial flow, 28, 29.

B

Bac à pierres, 49.
Balises émettrices, 214.
Balises passives, 214.
Balle, 62.
Barillet, 185.
Barre de coupe, 18, 19, 39, 40.
Barre flexible, 40.
Barre flottante, 40.
Bati, 20.
Battage, 17, 50.
Battage axial, 25, 26, 28, 85, 90, 93.
Battage du maïs, 153.
Battage du tournesol, 135.
Batte, 23.
Batte métallique, 50.
Batteur, 21, 22, 50.
Batteur à battes caoutchoutées, 52.
Batteur à doigts, 23, 52.
Batteur auxiliaire à otons, 74.
Batteur axial, 91.
Batteur « écossais », 26.
Batteur et contre-batteur (pour le colza), 115.
Batteur et contre-batteur pour les semences, 139.
Batteur et contre-batteur pour le tournesol, 135.
Batteur pour le maïs, 153.
Batteur transversal, 86.
Batteur ventilateur, 105.
Batteurs axiaux, à dents pour le maïs, 159.
Batteurs axiaux hélicoïdaux pour le maïs, 160.
Batteuse, 21.
Batteuse à poste fixe, 22.
Bec cueilleur à maïs, 148, 150.
Bec cueilleur à tournesol, 132.
Boîte de vitesses, 177.
Boîtier de direction, 178.
Boucle fermée, 195.
Bouclier, 134.
Broyage, 76.
Broyeur à rouleaux tronçonneurs, pour le maïs, 152.
Broyeur de paille, 76.
Broyeur rotatif à axe horizontal pour le maïs, 152.
Broyeurs, 235.
Broyeurs à couteaux articulés, 76.
Broyeurs à couteaux fixes, 76.
Broyeurs rotatifs à axe vertical pour le maïs, 152.
Bruit, 233.
Brûlage de la paille, 247.

C

Cabine, 236.
Caisson de nettoyage, 65, 76.
Caisson pivotant, 99.
Calcul des charges fixes annuelles, 226.
Calcul du coût horaire de fonctionnement, 228.
Calcul du coût horaire total d'utilisation, 228.
Calcul prévisionnel des charges fixes, 224.
Calcul prévisionnel du coût de fonctionnement, 225.
Calibre des grilles, 69.
Capacité d'absorption, 101.
Capacité des moissonneuses-batteuses, 102.
Capteur de débit de grain, 213.
Capteurs, 194, 196.
Capteurs à effet Hall, 199.
Capteurs Boléens, 196.
Capteurs de niveau, 203.
Capteurs de niveau à bille, 204.
Capteurs de niveau à capacité variable, 204.
Capteurs de niveau de grain, 212.
Capteurs de position à bobines différentielles, 213.
Capteurs de position angulaire à magnéto-résistances, 209.
Capteurs de position à potentiomètres linéaires, 207.
Capteurs de position inductif, 212.
Capteurs de rotation, 198.
Capteurs de vitesse d'avancement, 200.
Capteurs inductifs, 198.
Capteurs inductifs à courants de Foucault, 199.
Capteurs inductifs à réluctance variable, 198.
Capteurs pendulaires, 203.
Capteurs scalaires, 196.
Carburant, 225.
Carters de protection, 235.
Cartographie de la fertilité, 214.
Cartographie des rendements, 215.
Cavitation, 189, 190.
Céréale à paille, 35.
Chaîne ameneuse, 150.
Chaîne et barette de convoyeur, 48.
Chaînes cinématiques, 174.
Chaleur, 189, 233.
Chambre de mesure, 212.
Chantier, 219.
Chantier de récolte, 229.
Charges de fonctionnement, 220.
Charges de structures, 220.
Charges fixes, 220, 224.
Charges fixes annuelles, 226.
Chenilles, 177.
Circuit avec batteur auxiliaire à otons, 74.
Circuit de gavage, 183, 184.
Circuit de puissance, 183.
Circuit de retour des fuites, 183, 185.
Circuit des otons, 73.
Circuit du grain propre, 72.
Circuit fermé, 183.
Circuit ouvert, 177.
Circuits électriques, 238.
Circulation, 239.
Circulation sur route, 239.
Classification de performance, (huiles), 188.
Classification de viscosité, (huiles), 188.
Climatisation, 233, 236.
Code de la route, 243.
Code du travail, 243.
Commande multi-fonction, 178, 180.
Commande réversible, 47.
Commandes assistées, 193.
Compartiment du moteur, 172.
Compensation du dévers et de la pente, 98.
Compensation dynamique de dévers Claas 3D, 98.
Compresseur, 233.
Comptabilité analytique, 223.
Condensateurs à capacité variable, 204.
Condensateurs variables, 204.
Condenseur-évaporateur, 233.
Conditionnement, 233.
Conditions de récolte du maïs, 146.
Conditions de travail, 233.
Conseils généraux de sécurité, 234.
Conseils pour la préservation de la faune sauvage, 246.
Consigne, 196.
Console, 202.
Console d'aide à la conduite, 202.
Console d'indication, 202.
Console vidéo, 202.
Contre-batte, 54.
Contre-batteur, 21, 22, 50, 54.
Contre-batteur maïs, 54.
Contre-séparateur, 86.
Contrôle de la hauteur de coupe, 40.
Contrôleurs de mouvement, 197.

Contrôleurs de rotation, 198, 200.
Convoyeur, 48.
Convoyeur pour le maïs, 153.
Corn-pickers, 164.
Correction d'assiette, 177, 207, 208.
Correction de dévers, 98, 99, 203.
Correction de niveau, 177, 203, 204.
Correction de pente intégrale, 100, 203.
Correction intégrale, 203.
Correction transversale, 208.
Couloir d'alimentation, 48.
Coup de bélier, 189, 190.
Courroie trapézoïdale, 172.
Coût comptable, 221.
Coût de fonctionnement, 225.
Coût d'utilisation, 95.
Coût d'utilisation à l'hectare, 228.
Couteau débourreur, 151.
Couteaux, 76.
Coût horaire, 220.
Coût horaire de fonctionnement, 221, 228.
Coût horaire total d'utilisation, 228.
Coût prévisionnel, 221.
Coût prévisionnel d'utilisation, 223, 225.
Coût réel d'utilisation, 223.
Coût standard, 223.
Crible à courtes pailles, 66.
Crible de finition, 69.
Cristal piézo-électrique, 201.
Cueilleur pour le maïs en épis, 162.
Culture du maïs, 145.
Culture du tournesol, 127.
Cylindres séparateurs multiples, 88.

D

Date de la récolte, 117.
Débit d'air, 70.
Débit instantané, 213.
Débit massique, 214.
Dents oscillantes, 60.
Dépanouillage, 162.
Dépiquage, 17.
Détecteur de perte de grains, 76, 200.
Détecteurs de proximité, 199.
Détermination du taux d'amortissement, 224.
Détourage, 247.
Dévers, 203.
Différentiel, 177.
Direction, 177, 181.
Direction hydrostatique, 181.
Dispositifs d'effarouchement, 247.
Dispositifs pour la mesure de la quantité récoltée, 210.
Dispositions réglementaires, 243.
Distributeur hydraulique, 177, 178.
Diviseur coupant animé, 114.
Diviseurs, 18, 19, 39, 41.
Diviseurs fixes, 41.
Diviseurs réglables, 41.
Doigts escamotables, 45.
Doigts releveurs, 41, 120.
Double nettoyage, 24, 63.

E

Ébarbeur rotatif, 71.
Écartement entre contre-batteur et batteur pour le maïs, 154.
Échangeurs de chaleur, 185, 189, 238.
Échaudage, 36.
Écran-déflecteur, 55.
Effarouchement des animaux, 247.
Effet Hall, 196, 199, 200.
Égalisateurs, 20.
Égrenage sur pied, 28, 101, 102.
Égreneur de finition pour le maïs, 160.
Égreneuse, 103.
Éjecteur de poussières, 173.
Éjecteurs, 20.
Électrodistributeurs hydrauliques, 207.
Électronique embarquée, 193.
Elévateur, 48.
Elévateur à grains, 72.
Embrayage monodisque à sec, 177.
Entretien, 225, 233.
Entretien de fin de campagne, 240.
Entretien de la direction et des freins, 237.
Entretien de la moissonneuse-batteuse à tournesol, 136.
Entretien des transmissions hydrauliques, 187, 238.
Entretien des transmissions mécaniques, 237.
Entretien du moteur, 236.
Entretien du poste de conduite, 235.
Éparpilleur centrifuge, 77.
Éparpilleur de paille, 77.

Épi de maïs, 145.
Équipement (pour la récolte du colza), 113.
Équipement cueilleur pour le maïs-grains, 147.
Équipement pour la récolte du tournesol, 128.
Ergonomie, 178.
Essieu moteur, 177.
Étalonnage, 142, 197, 201.
État du sol (à la récolte des pois), 117.
Étude du coût d'utilisation, 219.
Évaluation des pertes de grains, 74.
Extensométrie, 211.

F

Faucheuse-andaineuse, 18.
Faucille, 17.
Faune sauvage, 246.
Faux, 17.
Filtration de l'air de refroidissement, 171.
Filtre à air, 172.
Filtre à air à cartouche sèche, 172.
Filtres, 178, 184, 188.
Fléau, 21.
Flow control, 210, 213.
Freinage, 237.
Freins, 177, 237.

G

Galet de tension, 173.
Gestion intra-parcellaire, 210, 214.
Girophare, 239.
Goulotte de vidange, 73, 177.
GPS (Global positioning system), 214.
Graissage, 235.
Grille à grains, 69.
Grille à lamelles, 67.
Grille à otons, 66.
Grille de nettoyage (pour les semences), 141.
Grille de nettoyage (pour le tournesol), 135.
Grille en cascade, 69.
Grille « graepel », 69.
Grille inclinable, 99.
Grille inférieure, 69.
Grille supérieure, 66.
Grilles, 59, 65.
Groupe moteur, 171.
Guidage automatique, 207.
Guidage automatique dans le rang, 208.
Guidage de la table de coupe, 205.

H

Hall (effet), 196, 199, 200.
Hauteur de coupe, 40, 115, 205, 207.
Huiles, 187, 238.

I

Incendie, 172.
Inclinaison des griffes des rabatteurs, 44.
Indicateurs (monitoring), 193, 194.
Informations, 193, 195.
Intérêt du capital, 224.
Interrupteurs magnétiques à lame souple (I.L.S.), 197.
Intrants, 210.
Intra-parcellaire, 214.
Inverseur, 48.
Inverseur de mouvement, 151, 177.

J

Jauge, 73.
Jauges de contraintes, 211.
Javelles, 18.
Jours disponibles, 226.

L

Lame anti-enroulement, 151.
Largeur de coupe effective, 213.
Laser, 214.
Levier manipulateur, 178.
Liage, 20.
Lieur, 20.

Lieuse de javelles, 19.
Limiteur de couple, 47.
Limiteur de couple à friction, 174.
Limiteur de pression, 178, 183, 185.
Liquide de refroidissement, 172.
Liquide quatre saisons, 172.
Liquide réfrigérant, 233.
Livret d'utilisation, 112, 234.
Localisation, 210, 213, 214.
Localisation globale, 214.
Lubrifiants, 225.

M

Machines à battage axial, 93.
Machines à correction de pente intégrale, 100, 203.
Magnéto-résistances, 209.
Maïs, 143, 145 à 168.
Maïs doux, 145, 164.
Maïs en épi, 161.
Maïs-grain, 158.
Maïs humide, 165.
Manège, 21.
Manomètre, 206.
Manuel d'utilisation, 76, 202.
Maturité, 111.
Maturité optimale, 111.
Mesure des quantités récoltées, 210.
Mesure du taux d'humidité, 142.
MGR (maïs, grain, rafle), 166.
Micro-ordinateurs, 194.
Microphones piézoélectriques, 200.
Micro-processeur, 193, 207.
Moissonnage, 17.
Moissonnage-battage, 17.
Moissonneuse, 18.
Moissonneuse-batteuse, 17, 24.
Moissonneuse-batteuse à deux rotors axiaux jumelés, 93.
Moissonneuse-batteuse axiale, 90.
Moissonneuse-batteuse tractée, 106.
Moissonneuse-égreneuse, 28, 104.
Moissonneuse-javeleuse, 18.
Moissonneuse-lieuse, 19.
Montaison, 35.
Moteur, 171, 236.
Moteur à explosion, 21.
Moteur à pistons axiaux, 187.
Moteur à pistons axiaux à barillet incliné, 187.
Moteur à vapeur, 21.
Moteurs hydrauliques, 180, 183.
Moteurs hydrauliques à engrenages, 180.
Moteurs hydrauliques à rotor hypocycloïdal, 180.
Motoréducteur électrique, 173.
Moyens de transport, 229.

N

Nettoyage, 62, 115, 240.
Nettoyage des semences, 141.
Nettoyage du maïs, 156, 160.
Nettoyage pour la récolte du tournesol, 135.
Nettoyeur, 242.
Niveau à bille, 204.
Niveaux électroniques à bille, 203.
Nombre de grains par épi, 35.
Nombre de jours disponibles, 226.
Nombre d'épis, 35.
Normes, 242.
Noueur, 20.

O

Oléagineux-protéagineux, 111 à 136.
Ordinateurs de bord, 193.
Organes d'alimentation, 37.
Organes de battage, 50, 121.
Organes de coupe, 37.
Organes de dépanouillage, 162.
Organes d'égrenage, 159.
Organes de nettoyage, 62.
Organes de nettoyage pour le maïs, 156.
Organes de récolte, 173, 177.
Organes de séparation, 57.
Organes de séparation pour le maïs, 156.
Organes sensitifs, 196.
Otons, 24, 62.

P

Palier hydrique, 36.
Palpeurs métalliques, 209.
Pavot-œillette, 123.
Peigne, 55.

Pente, 239.
Pertes admissibles, 201.
Pertes à la coupe, 76.
Pertes à la récolte, 118.
Pertes au niveau de la barre de coupe (récolte des pois), 118.
Pertes au niveau du nettoyage (récolte des pois), 118.
Pertes de charge, 190.
Pertes de grain, 75.
Pertes qualitatives (à la récolte des pois), 118.
Pertes quantitatives (avant la récolte des pois), 118.
Pistons, 185.
Pistons axiaux, 185.
Plaques de séparation, 150.
Plateaux diviseurs articulés, 131.
Plateaux fixes, 129.
Plateaux fixes à pointe asymétrique, 129.
Plate-forme, 25.
Plate-forme de coupe, 37.
Plots magnétiques, 200.
Pluie, 28.
Pneumatiques, 225.
Poids du grain, 36.
Poids spécifique, 214.
Pointes, 23.
Pois protéagineux, 116.
Pompe, 177, 183.
Pompe à cylindrée variable, 183, 185.
Pompes à barillet rotatif, 185.
Pont de Wheatstone, 209, 211.
Position d'une machine dans une parcelle, 214.
Position instantanée, 214.
Positionnement par satellite, 214.
Poste de conduite, 202, 214, 235.
Potentiomètre, 208, 209.
Poulie, 21.
Poussières, 233, 236.
Préfiltre centrifuge, 172.
Pré-réglage de la hauteur de coupe, 205.
Préservation de la faune sauvage, 246.
Presse à paille, 25.
Pression au sol, 207.
Pression d'appui sur le sol, 206.
Protection contre l'incendie, 236.

R

Rabatteur, 19, 39, 41, 43, 114, 120, 133, 177.
Radar embarqué, 214.
Radiateur, 172, 236.
Radiateurs d'huile, 189.
Radio-positionnement terrestre, 214.
Rafle, 145.
Rateaux, 18.
Récolte des oléagineux et protéagineux, 111.
Récolte des pois protéagineux, 116.
Récolte des semences, 136.
Récolte directe du maïs en grains, 145, 153, 158.
Récolte du colza, 112.
Récolte du maïs, 146.
Récolte du maïs avec les récolteuses-égreneuses, 158.
Récolte du maïs doux, 164.
Récolte du maïs en épis, 145, 161.
Récolte du maïs en plante, 145.
Récolte du maïs-grain avec les moissonneuses-batteuses, 153.
Récolte du maïs-grain-rafle, 166.
Récolte du maïs humide, 165.
Récolte du pavot-œillette, 123.
Récolte du soja, 125.
Récolte du tournesol, 127.
Récolte par égrenage sur pied, 101.
Récupération du grain, 72.
Recyclage des otons, 73.
Réducteurs finals, 177.
Réglage de la pression d'appui sur le sol, 206.
Réglage de l'écartement batteur-contre-batteur, 55.
Réglage de l'écartement des plaques, 150.
Réglage en hauteur des rabatteurs, 42.
Réglage longitudinal des rabatteurs, 43.
Réglages pour la récolte du colza, 113.
Réglages (pour la récolte du MGR), 166.
Réglages pour la récolte du tournesol, 128.
Réglementation, 243.
Réglementation communautaire, 243.
Réglementation française, 243.
Relation homme-machine, 193.
Relevage de la table de coupe, 39, 177.
Releveur d'épis, 39, 41.
Réluctance, 198.
Rendement, 35.
Rendement instantané, 213.

Rendement total, 214.
Réparations, 225.
Réservoir, 178.
Retour des otons, 74.
Révision, 234.
Rotor, 91.
Rotor éparpilleur de paille, 77.
Rotor transversal, 94.
Rouleau séparateur multiple, 88.
Route, 239.

S

Second nettoyage, 71.
Secouage, 59.
Secoueurs, 23, 57, 76, 85, 203.
Section, 40.
Section alternée, 40.
Sécurité, 172, 174, 183, 233, 234.
Sélecteur d'échange d'huile, 184.
Séparateur multiple, 88
Séparateur rotatif, 28, 62, 86.
Séparation, 37, 57, 59, 60, 85, 86, 91, 94.
Séparation forcée, 25, 26, 85.
Séparation par criblage, 66.
Séparation par densité, 66.
Séparation de la paille, 23.
Séparation des menues pailles, 23.
Séparation du grain, 24.
Séparation du maïs, 156.
Séparation (pour la récolte des pois), 122.
Seuil de perte, 201.
Siège, 235.
Signalisation, 238.
Soies, 145.
Sonde à rayonnement gamma, 213.
Spathe, 145.
Stade de récolte, 36.
Statistiques, 245.
Stripper, 28, 103.
Surface de secouage, 59, 85.
Surface totale de séparation, 59.
Suspension à accumulateurs hydropneumatiques, 206, 207.
Système « axial flow », 90.
Système batteur-ventilateur, 105.
Système Claydon Yieldometer, 212.
Système de l'université agricole de Louvain, 212.
Système de nettoyage « MX », 96.
Système Griffith Elder, 210.
Systèmes d'aide à la conduite, 193.
Systèmes de correction de niveau, 203.
Systèmes de guidage de la table de coupe, 205.
Systèmes de rafraîchissement, 233.
Systèmes d'indication, 197, 200.

T

Table à grain, 59, 63.
Table américaine, 40.
Table de coupe, 37.
Table de coupe (guidage), 205.
Table de coupe allongée, 114.
Table de coupe à tournesol, 132.
Table de coupe courte, 40.
Table de coupe longue, 40.
Table de dépanouillage, 162.
Table de préparation, 63, 64.
Table de préparation munie de vis parallèle, 65.
Table de récolte (pour les semences), 138.
Table de secouage, 23.
Table européenne, 40.
Table pré-effeuilleuse, 164.
Table réceptrice, 59.
Tablier, 18.
Tablier de coupe, 39.
Tallage, 35.
Tambour d'alimentation, 39.
Tambour rotatif de convoyeur, 49.
Tamis rotatif, 171.
Tarare, 21.
Tasseurs, 20.
Taux d'amortissement moyen, 220.
Taux d'humidité, 117, 142.
Teneur en eau, 113.
Tête de récolte, 147.
Tête égreneuse, 103.
Tire-paille, 50, 55.
Tôle amovible du contre-batteur, 54.
Tôle d'ébardage, 54.
Transmission hydrostatique, 238.
Transmissions hydrauliques (entretien des), 187, 238.
Transmissions hydrauliques des organes de récolte, 177.
Transmissions hydrostatiques pour l'avancement, 183.

Transmissions mécaniques, 173, 237.
Transmissions mécaniques pour l'avancement, 177.
Transmissions primaires, 173.
Transporteur, 20.
Transporteur horizontal, 18.
Travail en pente, 239.
Trépigneuse, 21.
Trieur, 71.
Twin-flow rotor, 28, 86.
Twin-rotor, 28, 93.

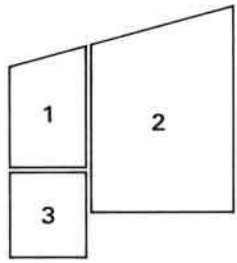
U, V, W

Unité de commande, 195.
Utilisation du maïs, 146.

Valeur de consigne, 196.
Valeur résiduelle, 224.
Vannage, 21.
Vanneuse, 21.
Variateur de vitesse, 173, 177.
Variateur de vitesse à courroie, 174.
Ventilateur de nettoyage, 177.
Ventilateur électrique, 233.
Ventilateurs, 65, 69, 70.
Ventilation (pour le tournesol), 136.
Vérin électrique, 173, 204, 205.
Vérins de commande, 178.
Verrou, 20.
Vibrations, 234.
Viscosité, 188.
Vis d'alimentation, 45, 121.
Vis de décharge, 73.
Vis de remplissage, 72.
Vis de répartition, 73.
Vitesse d'avancement, 45, 104, 121, 157, 183.
Vitesse du batteur, 51.
Vitesse instantanée, 213.
Vitesse périphérique du batteur, 52.
Volume d'air admis, 70.

Wheastone, 209, 211.

CRÉDIT PHOTOS



- **Photos de couverture** :

1. Batteur "Axial-Flow", Case IH (photo Case IH)
2. Moissonneuse-batteuse Claas "Dominator" au travail (photo Claas)
3. Grilles à lamelles réglables Deutz-Fahr (photo CEMAGREF)

- **Photos hors texte** :

- Photo p. 14 - C. CEDRA : Batteuse Ruston fabriquée en 1922, au travail lors du 3e festival des vieilles mécaniques de Pont du Casse (47). Propriété du conservatoire du machinisme agricole en Lot et Garonne,
- Photo p. 30 - CLAAS : Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Claas "Dominator",
- Photo p. 32 - DEUTZ-FAHR : Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Deutz-Fahr "M36",
- Photo p. 33 - FIATAGRI : Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Fiatagri 3890,
- Photo p. 34 - JOHN DEERE : Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse John Deere 9600,
- Photo p. 78 - MASSEY-FERGUSON : Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Massey-Ferguson "MF38",
- Photo p. 80 - FORD NEW-HOLLAND : Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Ford New Holland "TX",
- Photo p. 81 - FORD NEW-HOLLAND : Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse à séparation rotative Ford New Holland "Twin-Flow",
- Photo p. 82 - CLAAS : Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Claas "Commandor CS", à cylindres séparateurs multiples,
- Photo p. 83 - CASE IH : Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Case IH "Axial Flow" 1660,
- Photo p. 84 - FIATAGRI : Vue en coupe d'une moissonneuse-batteuse Fiatagri "MX"
- Photo p. 110 - FIATAGRI : Moissonneuse-batteuse et son équipement pour la récolte de soja,
- Photo p. 144 - JOHN DEERE : Récolte de maïs-grain avec une moissonneuse-batteuse équipée d'un cueilleur à 5 rangs,
- Photo p. 170 - CEMAGREF : Pompe LINDE à pistons axiaux et cylindrée variable, animant une transmission hydrostatique pour l'avancement d'une moissonneuse-batteuse,
- Photo p. 192 - CLAAS : Circuits électroniques de l'unité de commande du système Claas "Autocontour",
- Photo p. 216 - M. MOISAN : Chantier de récolte de blé,
- Photo p. 230 - FIATAGRI : Vue du poste de conduite d'une moissonneuse-batteuse.

• **Photos des chapitres 1 à 9** :

3 : Moissonneuse-lieuse Amouroux-Hirondelle, vers 1930 (archives C.Cédra),
9 : Vue arrière d'une moissonneuse-batteuse française Douilhet en 1932 ; machine tractée à moteur auxiliaire (document Hachette de l'époque : "vie à la campagne"),
10 : Moissonneuse-batteuse tractée Claas "Super", vers 1949 (document Claas),
11 : Moissonneuse-batteuse automotrice Massey-Harris 21, de 1939 (document Massey-Ferguson),
57 : Table à grain à vis parallèles (Photo Case IH)
61 : Grille supérieure à lamelles réglables d'une moissonneuse-batteuse Deutz-Fahr (photo CEMAGREF),
74 : Eparpilleurs centrifuges placés à la sortie du caisson de nettoyage (photo Claas),
92 : Vue du système de commande de correction de dévers Claas "3D" (photo Claas),
95 : Système de correction de dévers Ford New-Holland, par étagement des éléments de la grille supérieure (photo Ford New-Holland),
97 : Moissonneuse-batteuse Fiatagri, à châssis correcteur de pente et de dévers (photo Fiatagri),
110 : Récolte du pavot avec une moissonneuse-batteuse John Deere (photo John Deere),
148 : Récolteuse automotrice de maïs en épis Bourgoin (photo Bourgoin)
155 : Vue en coupe d'un moteur diesel Case IH (photo Case IH),
159 : Embrayage par tension de courroie et variateur de vitesse pour l'entraînement du rotor "Axial-Flow" (photo Case IH),
161 : Vue en coupe d'un vérin électrique (coupe et photo CEMAGREF)
167 : Moissonneuse-batteuse Fiatagri à chenilles, pour la récolte du riz (photo Fiatagri),
171 : Levier combiné : fonctions machine et avancement (photo John Deere),
177 : Moissonneuse-batteuse Case IH, à quatre roues motrices (photo Case IH),
179 : Vue en coupe d'une pompe Vickers à pistons axiaux et plateau inclinable (photo et coupe CEMAGREF),
185 : Vue d'un ordinateur de bord Fiatagri (photo Fiatagri),
188 : Vue d'une console pour la surveillance des mouvements (photo R. Autellet),
190 : Vue en coupe d'un interrupteur magnétique à lame souple (photo CEMAGREF),
192 : Capteur de rotation à réluctance variable sur une moissonneuse-batteuse Deutz-Fahr (photo CEMAGREF),
194 : Capteur de proximité à courants de Foucault (photo CEMAGREF),
196 : Capteur de rotation à effet Hall sur une moissonneuse-batteuse Massey-Ferguson (photo CEMAGREF),
197 : Console d'un indicateur de pertes de grain à diodes électro-luminescentes (document Ford New-Holland)
198 : Vue d'un capteur de perte de grain placé à la sortie des secoueurs (photo CEMAGREF),
200 : Console d'un ordinateur de bord Deutz-Fahr (photo CEMAGREF),
201 : Deux exemples d'affichage vidéo du système "Datavision" de Massey-Ferguson (photo Massey-Ferguson),
205 : Niveau à bille et circuit électronique pour la mise à niveau automatique du caisson de nettoyage Ford New-Holland "TX" et "TF" (photo CEMAGREF),
212 : Système de palpeurs Claas, pour le guidage automatique dans les rangs de maïs (photo Claas),
222 : Unité de traitement embarquée pour l'enregistrement des quantités récoltées (photo Claas).

CRÉDIT DESSINS

• **Sommaires des chapitres 1 à 8, pages 15, 31, 79, 109, 143, 169, 191, 217,** SEDI 91952 Les Ulis, sur propositions CEMAGREF-DICOVA, service formation.

• **Schémas et figures** : SEDI 91952 Les Ulis, sur propositions CEMAGREF-DICOVA, service formation, sauf les figures :

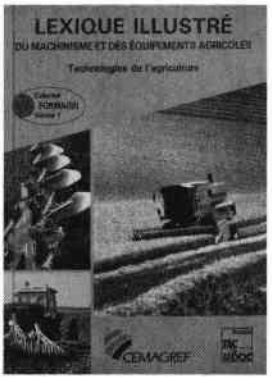
15 : gravure reconstituée d'après Pline l'Ancien
22 : Deutz-Fahr
50 : Claas
51 : Fiatagri
52 : John Deere
56 : Claas
70 : Deutz-Fahr
71 : Deutz-Fahr
76 : Fiatagri
78 : Ford New-Holland
79 : Ford New-Holland
80 : Claas
82 : Case IH
83 : Case IH
84 : Case IH
85 : Case IH
86 : Ford New-Holland
88 : Fiatagri
89 : Fiatagri
90 : Fiatagri
91 : Claas
93 : Ford New-Holland
96 : Fiatagri
99 : Shelbourne Reynolds et Agram
113 : Heniker
139 : Agram
140 : Claas
152 : Bourgoin
153 : Bourgoin
156 : Ford New-Holland
172 : Deutz-Fahr
173 : Danfoss
175 : Danfoss
176 : Linde
180 : Sauer
181 : Fiatagri
182 : Linde
206 : Deutz-Fahr
208 : Ford New-Holland
210 : Claas

CEMAGREF

Collection FORMAGRI

ouvrages déjà parus :

Lexique illustré du machinisme et des équipements agricoles



Accessible à tous et facile à utiliser, ce lexique précise, par une définition, une description ou un schéma, l'un des nombreux termes utilisés dans le machinisme et les équipements agricoles (1 500 termes et 356 illustrations).
Collection *FORMAGRI,* Volume 1
ISBN CEMAGREF Volume 1 : 2-85362-218-5
1991, 17 x 24, relié, 350 pages - **Prix : 195 F**

Les tracteurs agricoles

Coordination Camille Cédra
Seul ouvrage pédagogique à proposer une approche globale des matériels de traction : technologie, ergonomie, sécurité, électronique, économie, normalisation, réglementation ...
Collection *FORMAGRI, Volume 2*
Coédition CEMAGREF - TEC et DOC
ISBN CEMAGREF Volume 2 : 2-85362-259-2
1992, 1re édition, 17 x 24, relié, 392 pages - **Prix : 165 F**

Dictionnaire technologique machinisme et équipements agricoles

6 langues : Français, Anglais, Allemand, Espagnol, Italien, Portugais, 11 700 termes spécifiques du vocabulaire du machinisme, de la mécanisation, des outils et des équipements agricoles, ouvrage de référence, très pratique, destiné aux techniciens, enseignants, ingénieurs, constructeurs, prescripteurs concernés par la motorisation, les outils, les équipements agricoles et technologies les plus récentes.
Coédition CEMAGREF - La Maison du Dictionnaire
ISBN 2-85362-163-4 - 1990, 16 x 23, relié, 1296 pages - **Prix : 800 F**

CEMAGREF-DICOVA, BP 22, 92162 ANTONY CEDEX - Fax : (1) 40 96 61 64

Les moissonneuses-batteuses - 1992 - Collection **FORMAGRI, volume 7** - Direction scientifique et technique : Bernard CHEZE. 1re édition - ISSN 1159-0807 - ISBN 2-85362-288-6 (CEMAGREF) - ISBN 2-86492-152-9 (ITCF) - ISBN 2-85206-866-4 (TEC ET DOC).
Copyright : CEMAGREF EDITIONS - Directeur de la publication : Robert HENAFF - Coordination de la rédaction : Camille CÉDRA - Coordination de l'édition : Martine BOUDOT-LAMOTTE - Secrétaire de rédaction et d'édition : Catherine HERBLOT - Mise en page, impression : SAGER, 28240 La Loupe - Maquette de couverture : Françoise CÉDRA - Crédit photos et dessins : pp. 267 et 269 - Edition et diffusion : CEMAGREF-DICOVA, BP 22, 92162 Antony Cedex, Tél. : (1) 40.96.61.32. et ITCF, 8, avenue du Président Wilson, 75116 Paris - Vente aux libraires : TEC et DOC, 14, rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex, Tél. : (1) 47.40.67.00.

Prix de vente : 145 F TTC

Après le *Lexique Illustré du Machinisme Agricole* (volume 1) et les *Tracteurs Agricoles* (volume 2), la collection *FORMAGRI* du CEMAGREF s'enrichit de ce nouvel ouvrage consacré aux moissonneuses-batteuses et aux équipements pour la récolte des graines.

Réalisé par le CEMAGREF en collaboration avec ses partenaires, l'ouvrage est coédité avec l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages (ITCF).

La description des machines conventionnelles est associée à des textes illustrés inédits : évolutions technologiques, particularités physiologiques des produits récoltés, adaptation des machines aux différentes récoltes, transmissions mécaniques et hydrauliques, équipements électroniques, analyse du coût d'utilisation, sécurité, protection de la faune sauvage,...

Un livre de référence pour l'enseignement, les techniciens, les agriculteurs, leurs conseillers et prescripteurs.

9 782853 622882

Coédition
CEMAGREF-DICOVA
ITCF
Lavoisier Tec et Doc