

Tout savoir sur les boîtes de vitesses des tracteurs agricoles

© 16/02/2018 | 📍 AgroSup Dijon • 📰 Terre-net Média

Après les embrayages, l'atelier de Michel revient avec un article consacré aux boîtes de vitesses. Quel est leur rôle? Quels sont les différents types de transmission disponibles sur nos tracteurs agricoles? Comment fonctionnent-elles? La rédaction s'est associée à l'équipe pédagogique "Agroéquipements" d'AgroSup Dijon pour vous rappeler ou expliquer cet organe central d'un tracteur agricole.



Les transmissions sont au coeur des tracteurs agricoles. ici une illustration d'une boîte de vitesses ZF. (©Terre-net Média)

La **boîte de vitesses** assure le lien entre le moteur et les ponts moteurs. Elle a pour mission d'**adapter la vitesse et le couple** fournis par le moteur aux conditions de travail. Il s'agit donc d'un organe particulièrement sensible.

Pour effectuer une réduction, la boîte de vitesses va proposer **différents rapports** qui seront choisis en fonction du travail effectué. Une bonne boîte réalise un étagement correct des rapports, qui évite les chevauchements de vitesses, mais surtout les trous. Ceux-ci sont particulièrement gênants pour le travail du sol entre 3 et 10 km/h. Sur cette plage de vitesses, l'écart souhaitable entre les rapports est de l'ordre de 15 %.

Afin d'obtenir un étagement satisfaisant de la boîte de vitesses, les constructeurs ont dû **multiplier le nombre de rapports**. Un phénomène qui s'est accentué suite à l'augmentation de la vitesse maximale des tracteurs. Ainsi, les boîtes de vitesses proposent souvent aujourd'hui plus de 20 rapports et même une infinité dans le cas des boîtes à variation continue.

Plutôt que de concevoir une seule boîte de vitesses avec un grand nombre de rapports, les constructeurs ont préféré **associer en série deux boîtes de vitesses** offrant un nombre de rapports limité. Ainsi, le schéma classique associe une première boîte de vitesses à quatre ou cinq rapports, avec une seconde boîte qui propose au conducteur des gammes. Le nombre de gammes a fortement évolué. Sur les tracteurs les plus simples, on en compte deux (lente et rapide), pouvant offrir autant de gammes que de vitesses. Pour les différencier, on utilise alors des lettres (A, B, C, D). En cabine, le conducteur devra donc sélectionner une vitesse et une gamme avec en général deux leviers distincts.

Ce type d'association est très intéressant car il multiplie le nombre de rapports avec un encombrement réduit. Toutefois, ce schéma n'évite pas les chevauchements, ni les trous, si sa conception est défailante. En outre, les rapports ne se suivent pas toujours de la façon la plus logique. Par exemple, la troisième vitesse en gamme A (3A) devrait être suivie par la 4A puis par la 1B. Le bon enchaînement pour éviter le trou : 3A, 1B, 4A. C'est particulièrement problématique si le conducteur doit changer de vitesses rapidement dans des conditions difficiles.

Les boîtes mécaniques, la préhistoire des transmissions ?

Les **boîtes mécaniques** sont les plus anciennes, mais elles sont toujours présentes dans les tracteurs actuels. Leurs composants se retrouvent ainsi dans des boîtes très évoluées comme celles à variation continue. Leur fonctionnement est basé sur la sélection d'un chemin de transmission de la puissance à travers une série de pignons. Le changement de rapport va donc sélectionner un chemin ou un autre en forçant la mise en mouvement d'un pignon sans que ceux qui ne sont pas concernés soient sous charge.

Par leur simplicité, et le peu d'éléments qu'elles mettent en œuvre, les boîtes mécaniques offrent encore de nombreux avantages : fabrication simple, coût

faible, bonne fiabilité, durée de vie longue, mais surtout meilleur rendement (environ 95 %).

Le pignon baladeur

Un **pignon baladeur** est fixe en rotation par rapport à l'arbre sur lequel il se trouve, mais libre en translation sur celui-ci. La sélection d'un rapport va donc consister à décaler ce pignon en face d'un autre pignon afin d'assurer l'engrènement de l'un avec l'autre. Pour pouvoir changer de rapport, cette technologie nécessite l'arrêt du mouvement et donc du tracteur. Son utilisation reste donc limitée.

Le crabot

Tout comme le pignon baladeur, le **crabot** nécessite l'arrêt du mouvement pour tout changement de rapport.

Dans le cas d'une boîte de vitesses avec dispositif de crabotage, les pignons sont montés libres en rotation mais fixes en translation par rapport à leur arbre. Sur ce même arbre, un manchon baladeur est monté libre en translation mais fixe en rotation.

La sélection d'un rapport va ainsi consister à déplacer ce manchon baladeur vers le pignon souhaité. La solidarisation du manchon et du pignon se fait grâce à des dentures de solidarisation situées sur le pignon et sur le manchon baladeur.

Les pignons de l'arbre primaire engrènent en permanence avec leur pignon "réciproque" sur l'arbre secondaire. Mais ils ne sont pas sous couple et ne transmettent donc de la puissance que lorsque le crabotage est effectué.

La synchro

Le **synchroniseur** représente une évolution importante dans les transmissions. Son montage permet en effet de changer de rapport sans immobiliser les deux pignons concernés, c'est-à-dire sans immobiliser le tracteur. Aujourd'hui, c'est un élément incontournable des boîtes de vitesses mécaniques.

Sur le principe, une **boîte avec synchroniseurs** est assez proche d'une boîte à crabotage. Les pignons sont montés libres en rotation mais fixes en translation par rapport à leur arbre. Sur ce même arbre, un manchon baladeur est monté libre en translation mais fixe en rotation. La sélection d'un rapport va consister à déplacer ce manchon baladeur vers le pignon souhaité. La solidarisation du manchon et du pignon se fait grâce à des dentures de solidarisation situées sur le pignon et sur le manchon baladeur.

De ce point de vu, **synchro et crabot** sont identiques. Il faut regarder plus en détail pour comprendre ce que permet le synchro. Il se comporte comme un embrayage conique et est conçu comme tel. Lorsqu'il est sollicité, le synchro va mettre les cônes de synchronisation en contact. C'est l'étape d'armement. Le manchon de crabotage est maintenu en position neutre par une série de billes sur lesquelles un ressort exerce une pression.

Ensuite, commence la phase de synchronisation. Cette étape va égaliser les vitesses entre le cône récepteur et le cône meneur, dont la vitesse est liée à celle des roues. Enfin, une fois les vitesses des deux cônes égalisées, l'utilisateur, par un dernier effort sur le levier de vitesse, va déplacer le manchon de crabotage et assurer ainsi une liaison mécanique.

Les boîtes semi-Powershift

Elles reprennent le schéma de **boîtes mécaniques**, c'est-à-dire l'association en série de deux boîtes de vitesse (gammes et vitesses). Mais, dans ce cas, l'une propose un passage sous charge de ses rapports.

Dans leur développement, le nombre de rapports sous charge proposés s'est accru. Avec deux rapports sous charge, le doubleur constitue théoriquement une boîte semi-Powershift. Cependant, sa généralisation sur des tracteurs de petite ou moyenne puissance et sa relative simplicité en font un cas à part et c'est pourquoi nous l'avons traité dans l'encadré.

En revanche, une boîte proposant **trois vitesses sous charge** (tripleur) ou plus sera qualifiée sans ambiguïté de **semi-Powershift**. A l'heure actuelle, de telle boîte de vitesses développent jusqu'à neuf rapports sous charge, mais la plupart des constructeurs en offrent quatre ou six.

Pour réaliser ces boîtes de vitesses, le principe du coupleur a été repris, mais le nombre d'embrayages et de freins a été multiplié. Tout comme les doubleurs, les trains épicycloïdaux sont souvent employés dans ces transmissions, mais ce n'est pas une nécessité. En effet, certains constructeurs préfèrent reprendre le schéma d'une boîte conventionnelle en remplaçant les synchros par des embrayages.

Les **boîtes semi-Powershift** ont apporté une plus grande souplesse dans la conduite. Outre le fait qu'elles permettent de changer rapidement de rapport en cas de problème, et d'éviter ainsi des situations délicates qui peuvent se produire lorsqu'on travaille du sol, leur commande en cabine se révèle plus simple que celle des boîtes mécaniques.

La commande des embrayages et des freins de la transmission se faisant par la force hydraulique, c'est un ensemble de distributeurs pilotés électriquement qui va commander la boîte de vitesses ; la traditionnelle tringlerie des boîtes de vitesses mécanique disparaît ainsi au profit d'un nouveau circuit hydraulique à gestion électronique. Conséquence : les traditionnels leviers de vitesse avec grille en H ont ainsi été abandonnés ; seul celui qui commande la boîte mécanique a été conservé. La commande des rapports sous charge se fait alors grâce à de simples interrupteurs.

NB : les transmissions à variation continue seront traitées dans un prochain article.

Le doubleur

Le doubleur a marqué l'arrivée des transmissions Powershift en agriculture. On le retrouvait sous les dénominations commerciales High/low (John Deere), Twinshift (Renault, Claas), Dual Power (Ford)...

Les transmissions Powershift répondaient alors au besoin de changer de vitesse lors de travaux de traction lourds. Avec une boîte de

vitesse classique, le débrayage provoquait l'arrêt du tracteur, rendant ainsi plus difficile la reprise. Avec des rapports sous charge, le changement est quasi instantané, la rupture de charge dans la transmission est ainsi réduite et la reprise se fait plus rapidement, sans arrêt du tracteur.

Si l'architecture d'un doubleur peut varier selon les marques, on retrouve tout de même des composants identiques qui sont le train épicycloïdal, un embrayage et un frein multidisques.

La transmission Powershift va ainsi se baser sur les possibilités offertes par les trains planétaires. Comme vu précédemment, un seul train peut offrir huit combinaisons de fonctionnement selon les éléments entraînés et bloqués.

En pratique, ce sont les freins qui vont assurer le blocage de l'un des éléments constitutifs du train épicycloïdal et assurer une réduction de la vitesse de rotation, ou bien l'embrayage multidisque qui, en rendant solidaires deux éléments, va créer une prise directe.

Un doubleur est monté en amont de la boîte de vitesses mécanique. Il va permettre de multiplier le nombre de rapports par deux. La réduction de vitesse qu'il offre est de l'ordre de 15 %. En cabine, le doubleur est généralement commandé par un interrupteur placé sur le levier de vitesse. Celui-ci commande le frein et l'embrayage du doubleur, tout deux actionnés électriquement ou hydrauliquement.