



Le double embrayage à sec

Aspects techniques / Outillage spécial



Audi, Seat, Škoda et Volkswagen - boîte de vitesses oAM à 7 rapports

Renault - boîte de vitesses DC4 à 6 rapports

Ford, boîte de vitesses DPS6 à 6 rapports



SCHAEFFLER
AUTOMOTIVE AFTERMARKET

Les informations contenues dans cette brochure sont exclusivement données à titre indicatif et ne présentent aucune garantie ni caractère contractuel. Schaeffler Automotive Aftermarket GmbH & Co. KG décline toute responsabilité résultant de cette brochure ou y étant liée dans les limites de la loi.

Tous droits réservés. Toute reproduction, utilisation, diffusion, mise à disposition publique ou toute autre publication de cette brochure en tout ou partie n'est autorisée qu'avec l'accord préalable écrit de Schaeffler Automotive Aftermarket GmbH & Co. KG.

Copyright ©
Schaeffler Automotive Aftermarket GmbH & Co. KG
Octobre 2014

Contenu

1	La boîte de vitesses à double embrayage	4
2	Conception et fonctionnement du système du double embrayage à sec - Audi, Seat, Škoda et Volkswagen	6
2.1	Double embrayage	7
2.2	Système d'engagement	10
3	Conception et fonctionnement du système du double embrayage à sec – Renault	12
3.1	Double embrayage	13
3.2	Système d'engagement	16
4	Conception et fonctionnement du système du double embrayage à sec – Ford moteur essence de 1,6 et 2 litres	20
4.1	Double embrayage	21
4.2	Système d'engagement	26
5	Le volant bimasse pour double embrayage	30
6	Description et contenu de l'outillage spécial de LuK	31
6.1	Valise d'outillage de base	32
6.2	Valise d'outillage Volkswagen	33
6.3	Valise d'outillage Renault	34
6.4	Valise d'outillage Ford	35
6.5	Valise d'outillage de réinitialisation	36
6.6	Valise d'outillage complémentaire	37
6.7	Tableau pour l'utilisation des différentes valises d'outillage	38

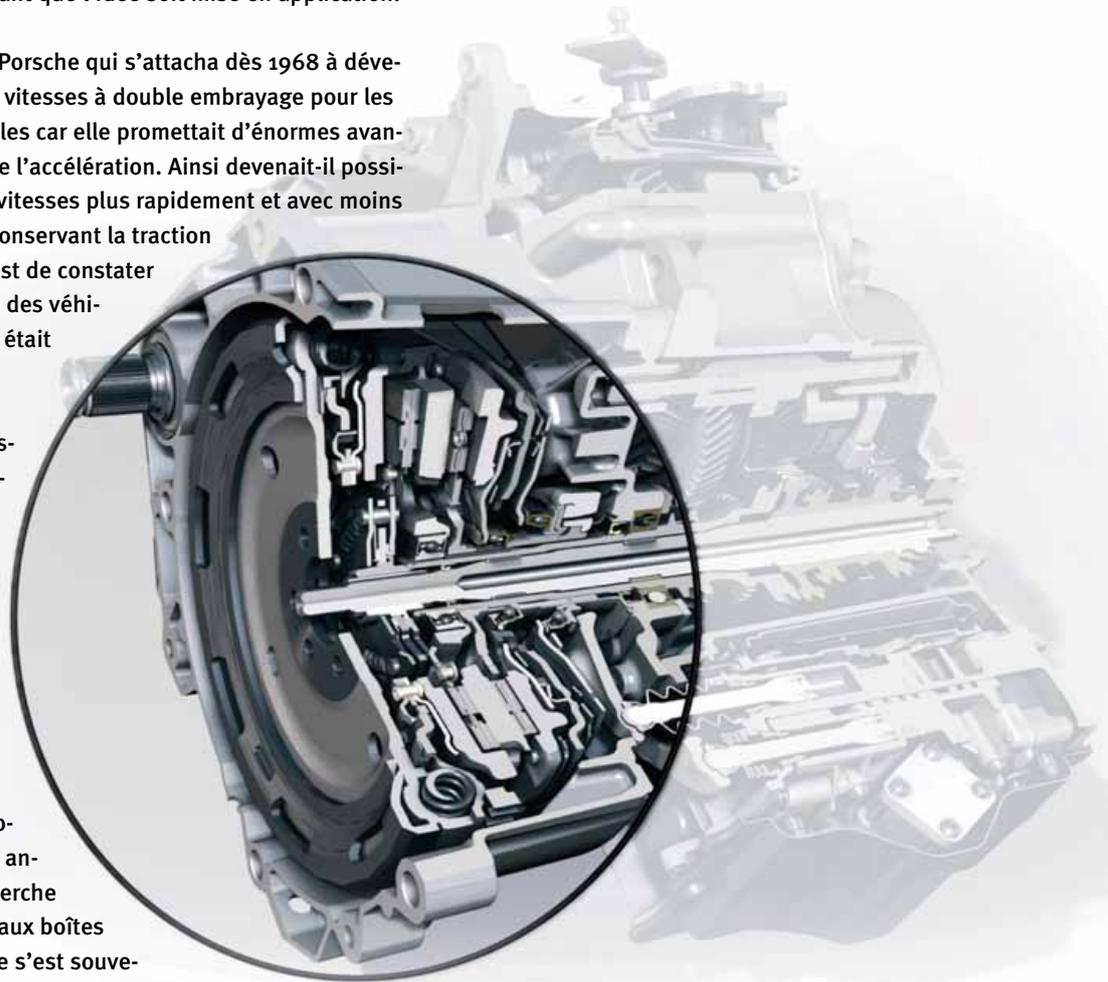
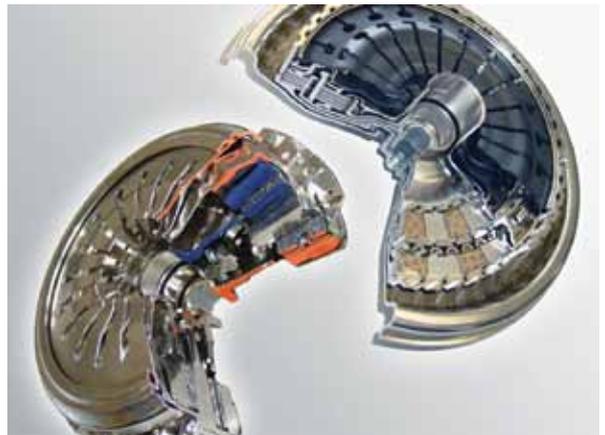
1 La boîte de vitesses à double embrayage

Depuis l'introduction de la boîte de vitesses automatique à convertisseur, le passage de vitesses sous charge, principal atout du double embrayage, est très apprécié. Les boîtes automatiques étant beaucoup moins efficaces que les boîtes manuelles du fait des pertes de conversion, on a commencé très tôt à développer le double embrayage, avec pour objectif de réunir dans une seule boîte de vitesses l'efficacité de la boîte manuelle et le confort de la boîte automatique.

Dès les années 1939/40, l'inventeur français, Adolphe Kégresse, et le professeur Rudolf Franke de Darmstadt ont déposé les premiers brevets pour un type de boîte de vitesses à double embrayage. Or, il a fallu un bon quart de siècle avant que l'idée soit mise en application.

C'est notamment Porsche qui s'attacha dès 1968 à développer la boîte de vitesses à double embrayage pour les courses automobiles car elle promettait d'énormes avantages au niveau de l'accélération. Ainsi devenait-il possible de passer les vitesses plus rapidement et avec moins de perte tout en conservant la traction maximale. Force est de constater que l'accélération des véhicules de l'époque était impressionnante.

Si la boîte de vitesses à double embrayage est restée longtemps réservée aux applications sportives, ce système d'entraînement a commencé à susciter l'intérêt croissant de l'industrie automobile au milieu des années 90. A la recherche d'une alternative aux boîtes automatiques, elle s'est souvenue des avantages de la boîte à double embrayage. Les exigences de la clientèle européenne en terme de sportivité et de consommation tout comme les lois de plus en plus sévères sur la réduction des émissions en CO₂ ont fortement stimulé le développement en série de la boîte de vitesses à double embrayage. Le groupe Volkswagen a présenté le premier véhicule de série équipé de cette technologie en automne 2002. D'abord avec un double embrayage humide (en bains d'huile) et cinq ans plus tard avec un double embrayage à sec. Entre temps, ce type d'entraînement est proposé par d'autres constructeurs automobiles renommés.



Qu'est-ce qu'une boîte de vitesses à double embrayage ?

La boîte de vitesses à double embrayage est composée de deux demi-boîtes indépendantes l'une de l'autre. Conçue comme une boîte de vitesses manuelle, chaque demi-boîte dispose de son propre embrayage. En fonction du couple moteur et de la place disponible, ces embrayages peuvent être humides ou secs.

Lors de la conduite, les changements de vitesses se font automatiquement. Un appareil de commande transmet les ordres aux actionneurs électrohydrauliques ou électromécaniques, permettant aux embrayages et aux fourchettes d'embrayages de faire leur travail au moment précisément défini. Ainsi, l'une des demi-boîtes reste toujours solidaire du moteur tandis que l'autre présélectionne le prochain rapport et le tient à disposition. Pendant la conduite, les embrayages sont actionnés en alternance en l'espace de quelques millisecondes. Pour le conducteur, cela représente un gain de confort du fait de l'absence quasi-totale de rupture de traction lorsqu'il accélère.

Résumé des avantages des doubles embrayages



- conjugaison du confort des boîtes de vitesses automatiques et de la réactivité des boîtes manuelles
- combinaison des avantages de la boîte de vitesses automatique avec un meilleur rendement
- aucune rupture de traction lors du changement des rapports
- économie de carburant
- réduction des émissions de CO₂

La présente brochure décrit le fonctionnement et la conception des différents systèmes à double embrayage à sec de LuK

2 Conception et fonctionnement du système du double embrayage à sec- Audi, SEAT, ŠKODA, Volkswagen

Le système du double embrayage est constitué de trois composants principaux ; le volant bimasse, le double embrayage et le système d'engagement. La commande est assurée par le module mécatronique, composé du calculateur électronique, des capteurs et d'une unité de pilotage électrohydraulique (actionneurs). Ces groupes fonctionnels sont regroupés dans un boîtier. La construction compacte permet de l'intégrer dans le carter de la boîte de vitesses sans encombrement supplémentaire.

Pendant la conduite, le système mécatronique analyse, entre autres, les informations suivantes :

- la vitesse de rotation des deux arbres d'entrée des boîtes
- la vitesse de rotation des roues et du véhicule
- la position du levier de sélection
- la position de l'accélérateur (accélération ou décélération)

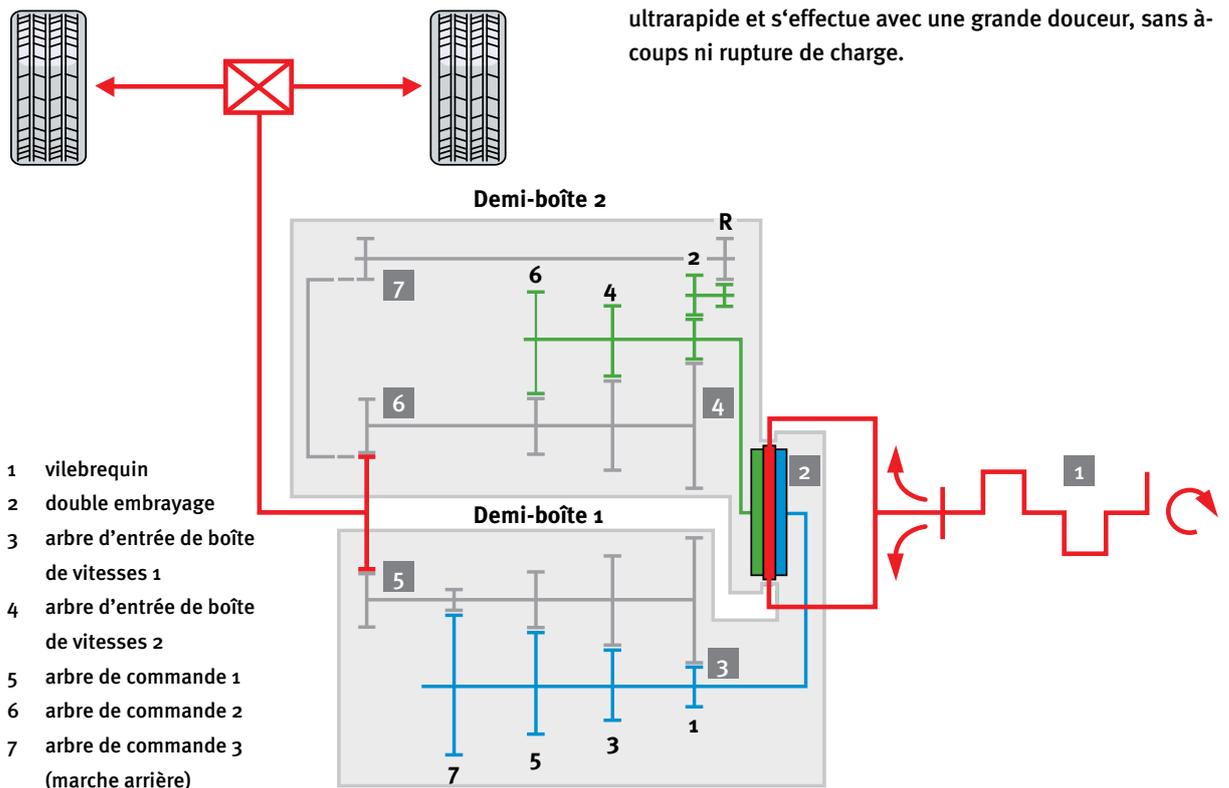
En fonction de ces données, le système mécatronique décide du rapport qu'il convient de passer et l'enclenche au moyen du sélectionneur de vitesse et de la fourchette de boîte de vitesses. L'ouverture et la fermeture de l'embrayage s'opèrent sous l'effet des leviers d'engagement, eux-mêmes actionnés par deux cylindres positionneurs.



- 1 volant bimasse
- 2 double embrayage
- 3 système d'engagement

Le système est construit de sorte que, lorsque le moteur s'arrête ou tourne au ralenti, les deux demi-embrayages restent ouverts et ne se ferment que sous l'effet des leviers d'engagement. En mode de fonctionnement, il y a toujours un embrayage fermé qui transmet le couple à la demi-boîte lui étant associée, le rapport dans l'autre demi-boîte étant déjà présélectionné puisque l'embrayage de cette demi-boîte est encore ouvert. Lors du passage d'un rapport, l'un des embrayages s'ouvre tandis que l'autre se ferme. Le changement de rapport est donc ultrarapide et s'effectue avec une grande douceur, sans à-coups ni rupture de charge.

Schéma de la boîte de vitesses



2.1 Double embrayage

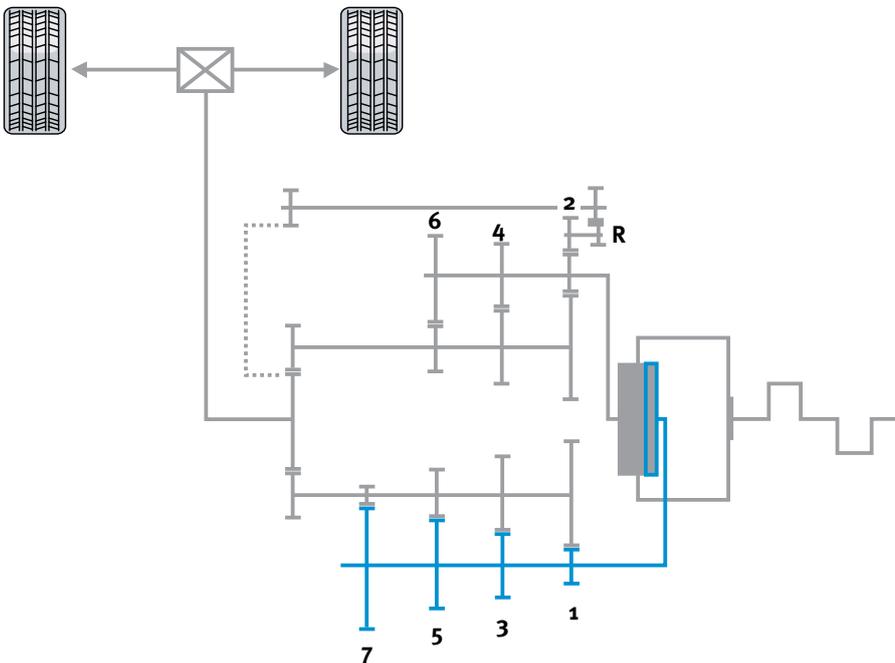
Principe de base

Dans les boîtes de vitesses à 7 rapports, chacune des demi-boîtes est conçue comme une boîte manuelle. Chaque demi-boîte dispose d'un demi-embrayage. Les deux embrayages sont positionnés sur deux arbres d'entrée de boîte de vitesses tournant l'un dans l'autre ; l'arbre creux extérieur et l'arbre plein intérieur.

Les rapports impairs 1, 3, 5 et 7 sont enclenchés par l'embrayage K1, le couple étant transmis à la boîte de vitesses par le biais de l'arbre plein, tandis que les rapports pairs 2, 4, 6 et la marche arrière sont pilotés par l'embrayage K2 et le couple est transmis à la boîte de vitesses par le biais de l'arbre creux.

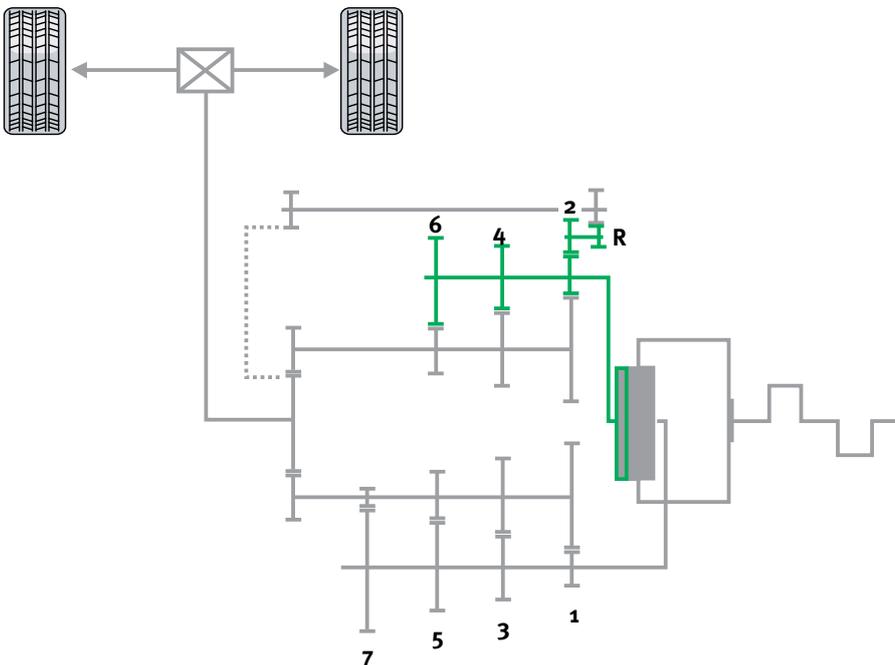
Embrayage K1

L'embrayage K1 est dédié aux rapports 1, 3, 5 et 7.



Embrayage K2

L'embrayage K2 est dédié aux rapports 2, 4, 6 ainsi qu'à la marche arrière.



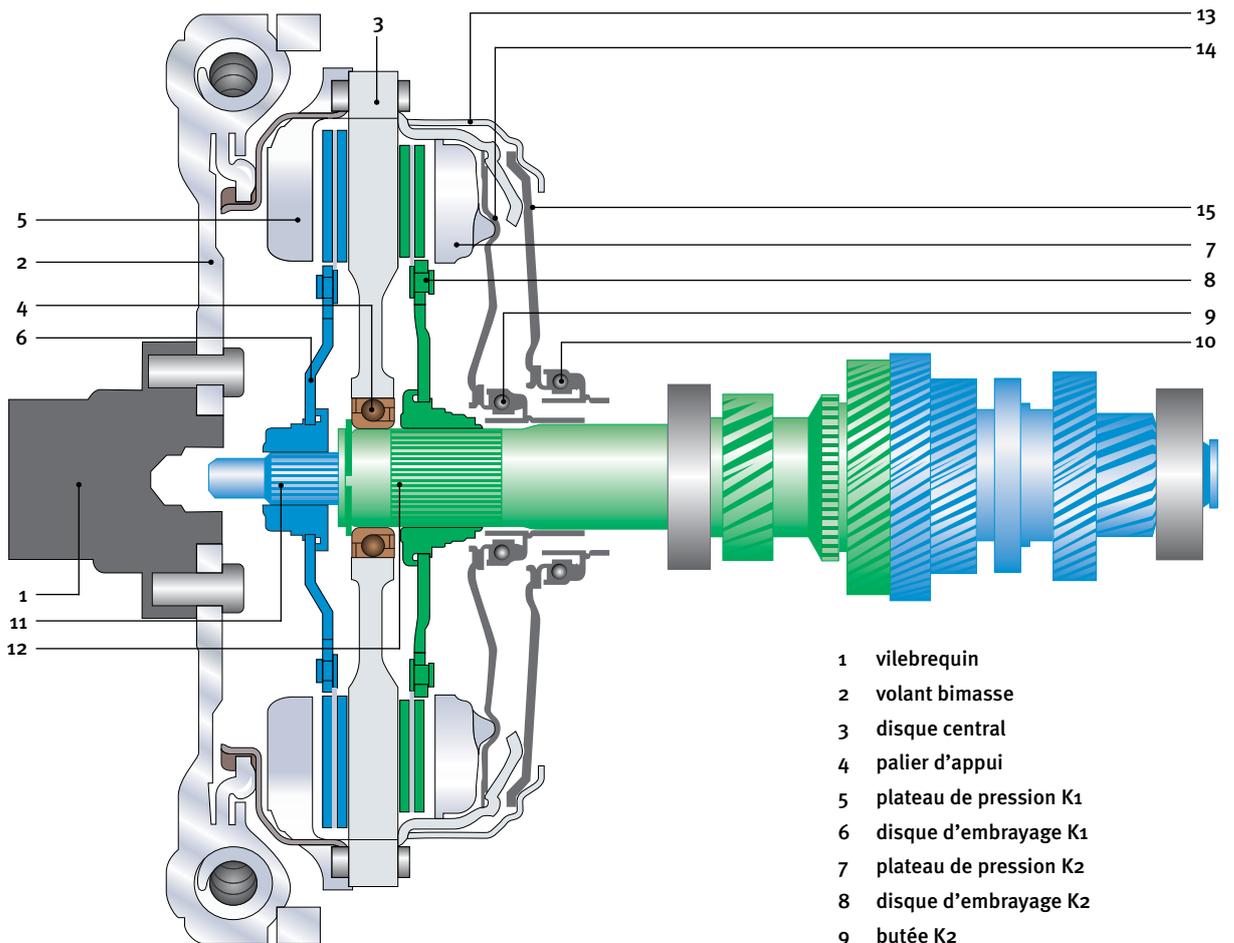
Conception



- | | |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1 bague d'entraînement avec plateau de pression pour K1 | 6 ressort de levier avec dispositif de rattrapage pour K2 |
| 2 disque d'embrayage K1 | 7 couvercle d'embrayage avec dispositif de rattrapage pour K1 |
| 3 disque central | 8 ressort de levier K1 |
| 4 disque d'embrayage K2 | 9 ancre de traction |
| 5 plateau de pression K2 | 10 bague de butée |

Avec ses deux surfaces de friction, le disque central constitue le cœur de l'embrayage. Il est fixé sur l'arbre creux au moyen d'un palier d'appui.

Chaque côté est équipé d'un disque d'embrayage et du plateau de pression y afférent.

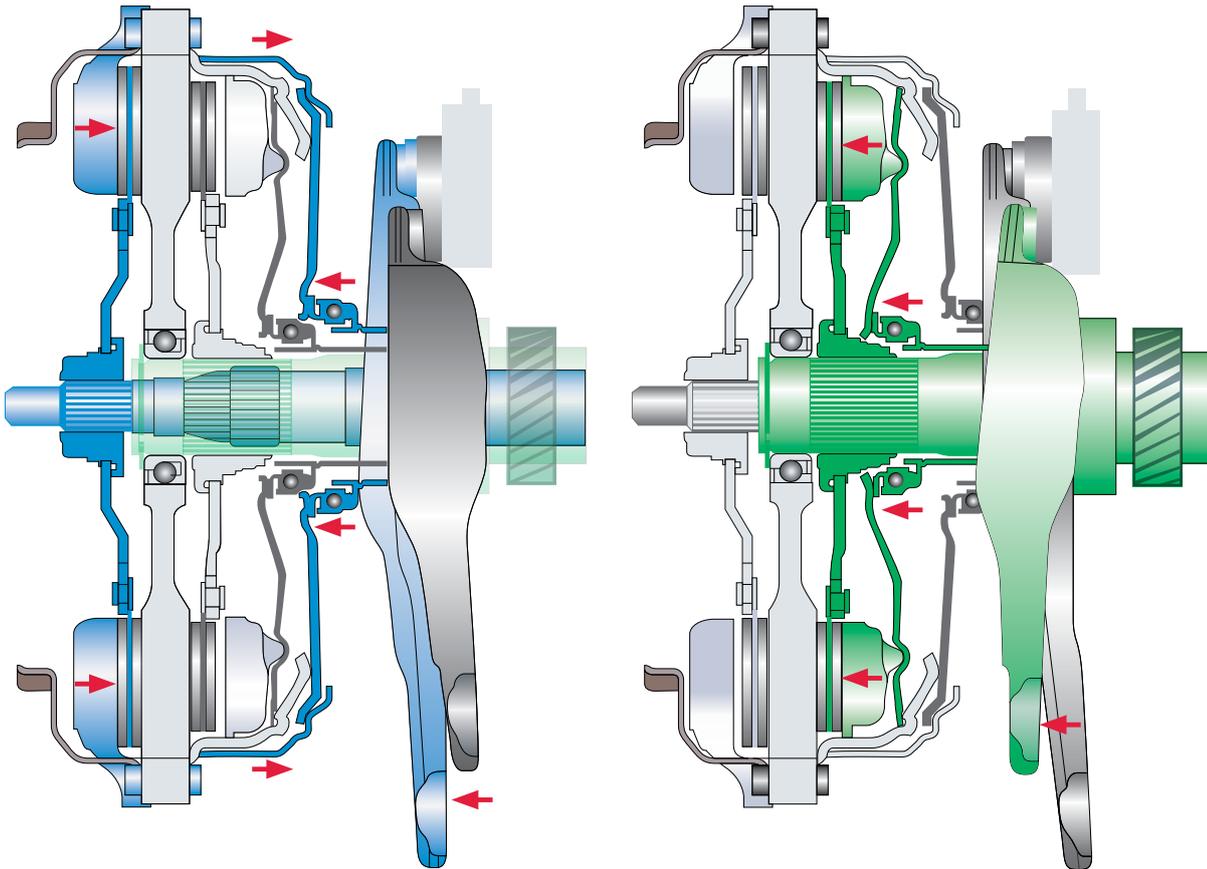


- | | |
|--------------------------------------------|-------------------------|
| 1 vilebrequin | 13 ancre de traction |
| 2 volant bimasse | 14 ressort de levier K2 |
| 3 disque central | 15 ressort de levier K1 |
| 4 palier d'appui | |
| 5 plateau de pression K1 | |
| 6 disque d'embrayage K1 | |
| 7 plateau de pression K2 | |
| 8 disque d'embrayage K2 | |
| 9 butée K2 | |
| 10 butée K1 | |
| 11 arbre d'entrée de boîte 1 (arbre plein) | |
| 12 arbre d'entrée de boîte 2 (arbre creux) | |

Fonctionnement

Pour le passage des rapports 1, 3, 5 ou 7, la mécanique actionne le grand levier d'engagement. Sous l'effet de ce levier, l'embrayage K1 se ferme et transmet le couple à l'arbre plein. Dès l'enclenchement d'un rapport « impair », la mécanique engage le rapport supérieur ou inférieur. Ce dernier « attend » la fermeture de l'embrayage K2.

Pour le passage des rapports 2, 4, 6 ou de la marche arrière, le système mécanique annule l'effet du grand levier d'engagement entraînant l'ouverture de l'embrayage K1. Simultanément, le système mécanique actionne le petit levier d'engagement. L'embrayage K2 se ferme et le couple est transmis à l'arbre creux.



- La force de pression du grand levier d'engagement de l'embrayage K1 est transmise au ressort de levier par le biais de la butée et convertie en force de traction par les inverseurs du boîtier des plateaux de pression.
- Le plateau de pression K1 est tiré vers le disque central et ferme ainsi l'embrayage
- Le petit levier d'engagement pousse le plateau de pression K2 contre l'embrayage K2, ce qui en entraîne la fermeture.

2.2 Système d'engagement

Les véhicules des marques Audi, Seat, Škoda et Volkswagen sont équipés de deux systèmes d'engagement différents. La 1^{ère} génération a été utilisée jusqu'en mai 2011; la 2^{ème} génération est montée en série depuis juin 2011.

Les deux systèmes présentant des différences optiques et techniques, il est indispensable de remplacer l'ensemble du système d'engagement quand on le répare.

Pour identifier les deux systèmes, il est possible de se référer à la date marquée sur la boîte de vitesses du véhicule. Elle est située à proximité du couvercle du frein de stationnement et encore une fois du côté de la mécanique.

Conception

On reconnaît les leviers d'engagement de la première génération à leur surface rugueuse.

Les deux leviers s'appuient sur un palier d'appui remplaçable dans le carter de la boîte de vitesses. Pour compenser les tolérances axiales, on utilise des bagues de réglage situées sur (K1) ou sous (K2) les butées correspondantes.

Système d'engagement de la 1^{ère} génération*



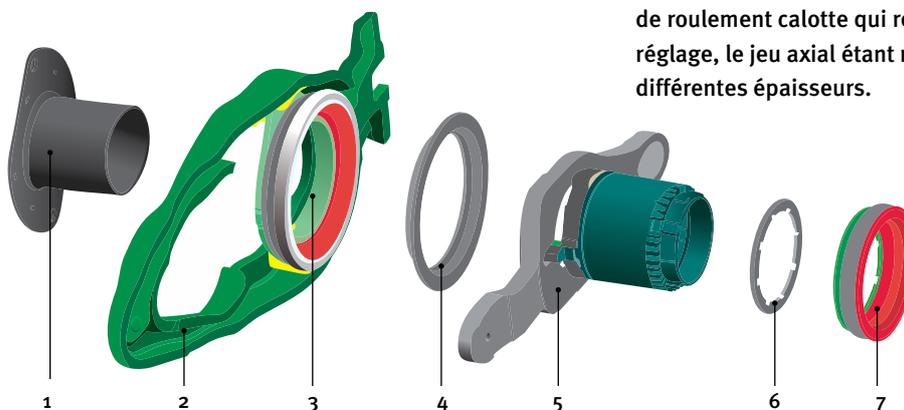
* jusqu'en mai 2011, date de fabrication de la boîte de vitesses, avec des leviers d'engagement forgés

- | | | | |
|---|-----------------------------------------|---|----------------------------------------------------------|
| 1 | douille de guidage | 5 | petit levier d'engagement avec piston de guidage pour K2 |
| 2 | grand levier d'engagement pour butée K1 | 6 | bague de réglage avec 4 à 8 encoches pour K2 |
| 3 | butée K1 | 7 | butée pour K2 |
| 4 | bague de réglage pour K1 | | |

Les deux leviers d'engagement de la 2^{ème} génération sont fabriqués en tôle d'acier et ont une surface lisse.

Le levier K1 s'appuie sur un roulement charnière non remplaçable dans le carter de la boîte de vitesses. Par contre le roulement d'appui (rotule) pour le levier K2 doit toujours être remplacé en cas de réparation. Autre modification : la butée K1 aujourd'hui sous forme de roulement calotte qui rend inutile toute bague de réglage, le jeu axial étant réglé par des calottes de différentes épaisseurs.

Système d'engagement de la 2^{ème} génération*



* à partir de juin 2011, date de fabrication de la boîte de vitesses, avec des leviers d'engagement en tôle d'acier

- | | | | |
|---|-----------------------------------------|---|----------------------------------------------------------|
| 1 | douille de guidage | 5 | petit levier d'engagement avec piston de guidage pour K2 |
| 2 | grand levier d'engagement pour butée K1 | 6 | bague de réglage avec 4 à 8 encoches pour K2 |
| 3 | butée K1 | 7 | butée pour K2 |
| 4 | calotte de réglage pour K1 | | |

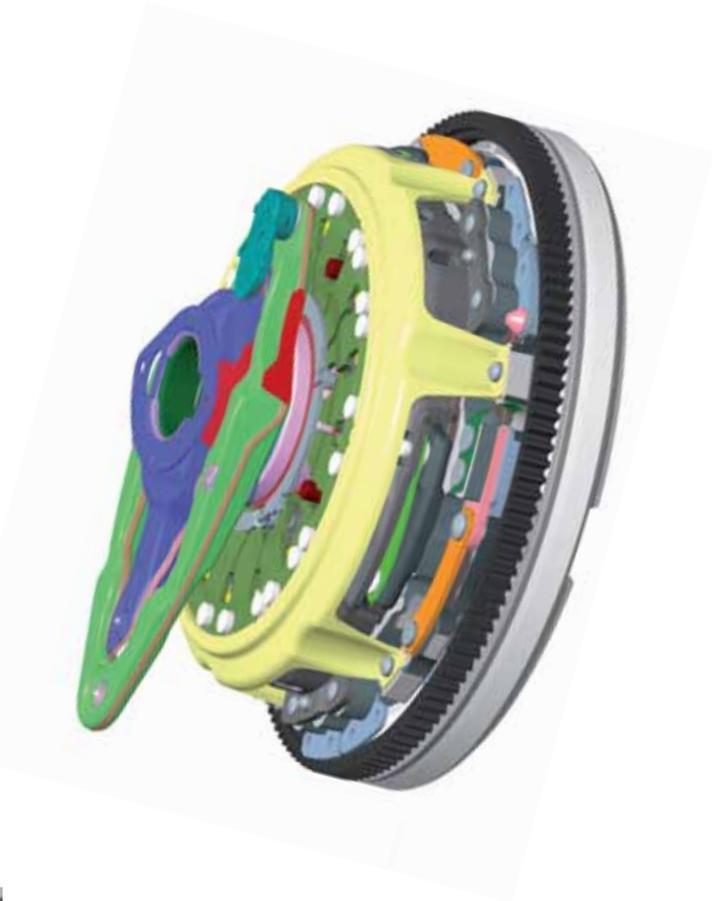
Fonctionnement

Dans les boîtes de vitesses manuelles classiques avec embrayage monodisque, l'embrayage, quand il est au repos, se trouve en position fermée. Il s'ouvre lorsque le conducteur appuie sur la pédale d'embrayage et interrompt de ce fait le flux d'effort. Ce processus est réalisé par le système de butée.

Avec les doubles embrayages, la situation est différente puisque les embrayages, même quand ils ne sont pas à l'œuvre, sont ouverts. Leur fermeture se fait par l'actionnement des leviers d'engagement. C'est la raison pour laquelle on parle d'un système d'engagement.

Le système mécatronique actionne en alternance les deux leviers d'engagement avec leurs butées au moyen de deux poussoirs. Lors de l'actionnement, les leviers d'engagement s'appuient sur les paliers et transmettent la force aux ressorts de levier par les butées.

Le système de rattrapage automatique compense l'usure des disques d'embrayage. Cela permet de maintenir la course constante des poussoirs dans le système mécatronique pendant toute leur durée de vie.



3 Conception et fonctionnement du système du double embrayage à sec – Renault

Chez Renault, le système du double embrayage est constitué des principaux composants suivants; le volant bimasse, le double embrayage et le système d'engagement avec actuateurs de levier. La commande de la boîte de vitesses située sur le côté extérieur du carter commande deux moteurs de pilotage d'actuateur. Ces derniers actionnent les actuateurs de levier qui ferment et ouvrent les embrayages en alternance.



- 1 volant bimasse
- 2 double embrayage
- 3 douille de guidage avec butée
- 4 actuateurs de levier avec moteurs de pilotage d'actuateur

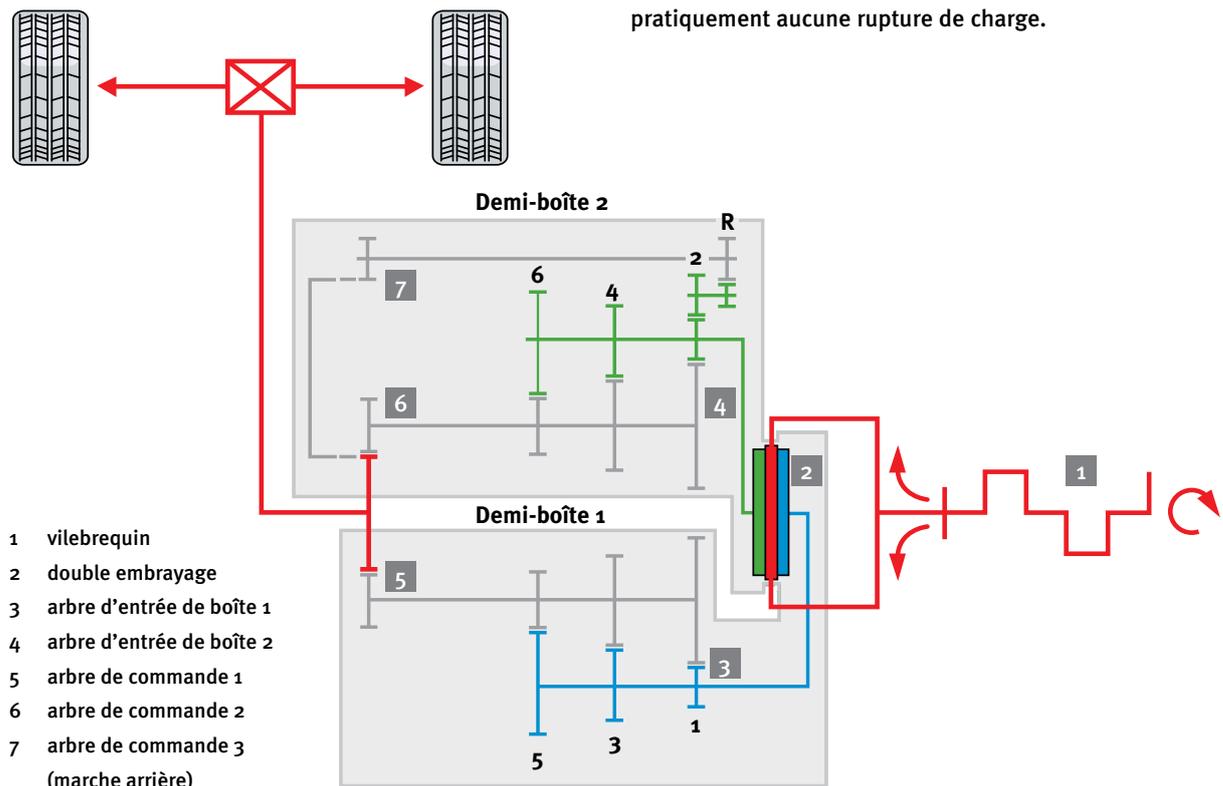
Pendant la conduite, le système électronique de la boîte de vitesses analyse, entre autres, les informations suivantes :

- la vitesse de rotation de l'arbre d'entrée de boîte
- la vitesse du véhicule
- la position du levier de sélection
- la position de la pédale d'accélération
- la position de la pédale de frein

En fonction de ces données, le système de commande décide du rapport qu'il convient de passer et l'enclenche au moyen des moteurs qui se trouvent dans le système de commande de la boîte de vitesses et actionnent directement les fourchettes d'embrayages à l'intérieur de la boîte de vitesses.

Le système de double embrayage est constitué de deux embrayages lesquels sont ouverts lorsque le moteur est à l'arrêt ou tourne au ralenti. En mode de fonctionnement, l'un des embrayages est toujours fermé et donc une demi-boîte reste solidaire. Le rapport dans l'autre demi-boîte est déjà présélectionné puisque l'embrayage de cette demi-boîte est encore ouvert. Lors du passage d'un rapport, l'un des embrayages s'ouvre tandis que l'autre se ferme. Le flux de force passe par le rapport précédemment engagé. Ainsi peut-on rouler sans pratiquement aucune rupture de charge.

Schéma de la boîte de vitesses



- 1 vilebrequin
- 2 double embrayage
- 3 arbre d'entrée de boîte 1
- 4 arbre d'entrée de boîte 2
- 5 arbre de commande 1
- 6 arbre de commande 2
- 7 arbre de commande 3 (marche arrière)

3.1 Double embrayage

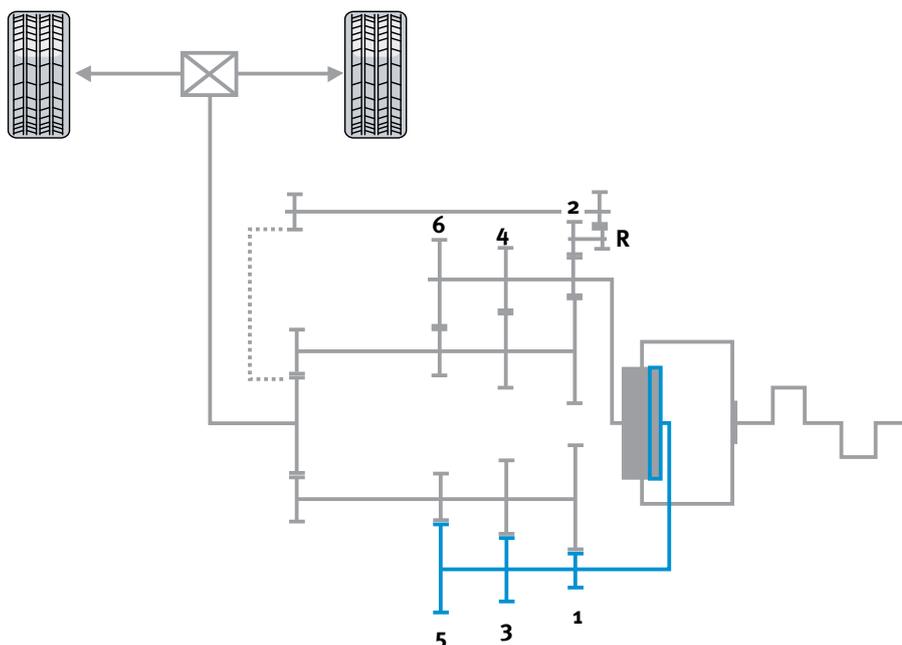
Principe de base

Dans la boîte de vitesses à double embrayage de Renault, chacune des demi-boîtes est conçue comme une boîte manuelle. Chaque demi-boîte dispose d'un embrayage. Les deux embrayages sont positionnés sur deux arbres d'entrée de boîte de vitesses tournant l'un dans l'autre ; l'arbre creux extérieur et l'arbre plein intérieur.

Les rapports impairs 1, 3 et 5 sont enclenchés par l'embrayage K1, le couple étant transmis à la boîte de vitesses par le biais de l'arbre plein, tandis que les rapports pairs 2, 4, 6 et la marche arrière sont pilotés par l'embrayage K2 et le couple est transmis à la boîte de vitesses par le biais de l'arbre creux.

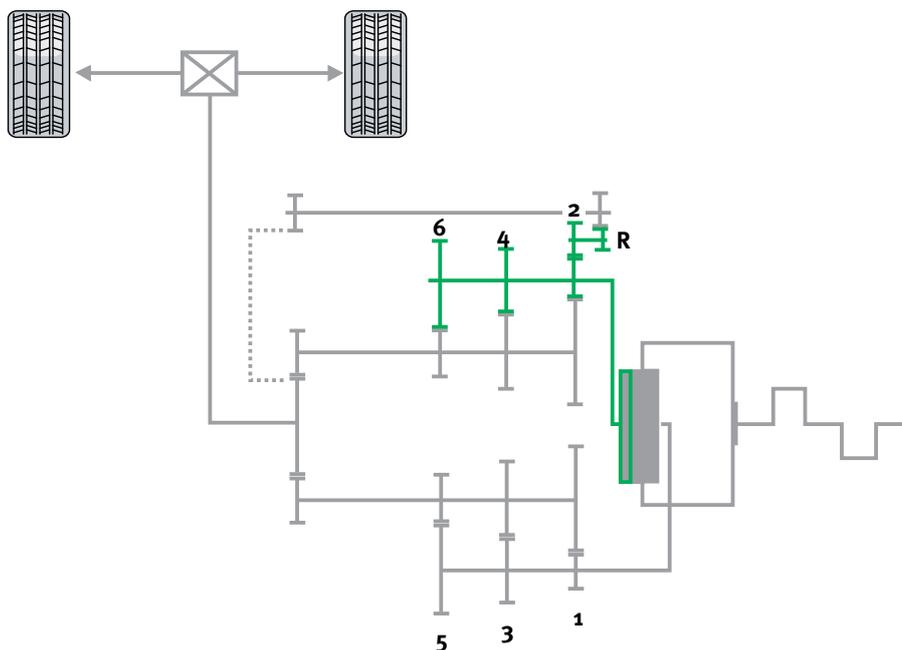
Embrayage 1 (K1)

L'embrayage K1 est dédié aux rapports 1, 3, et 5.

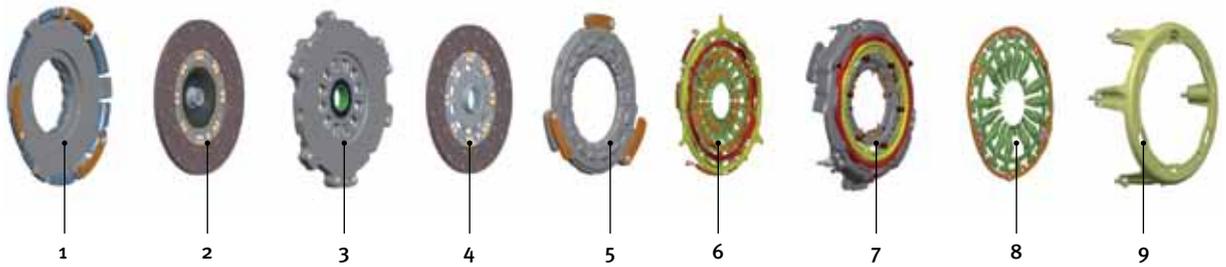


Embrayage 2 (K2)

L'embrayage K2 est dédié aux rapports 2, 4, 6 ainsi qu'à la marche arrière.



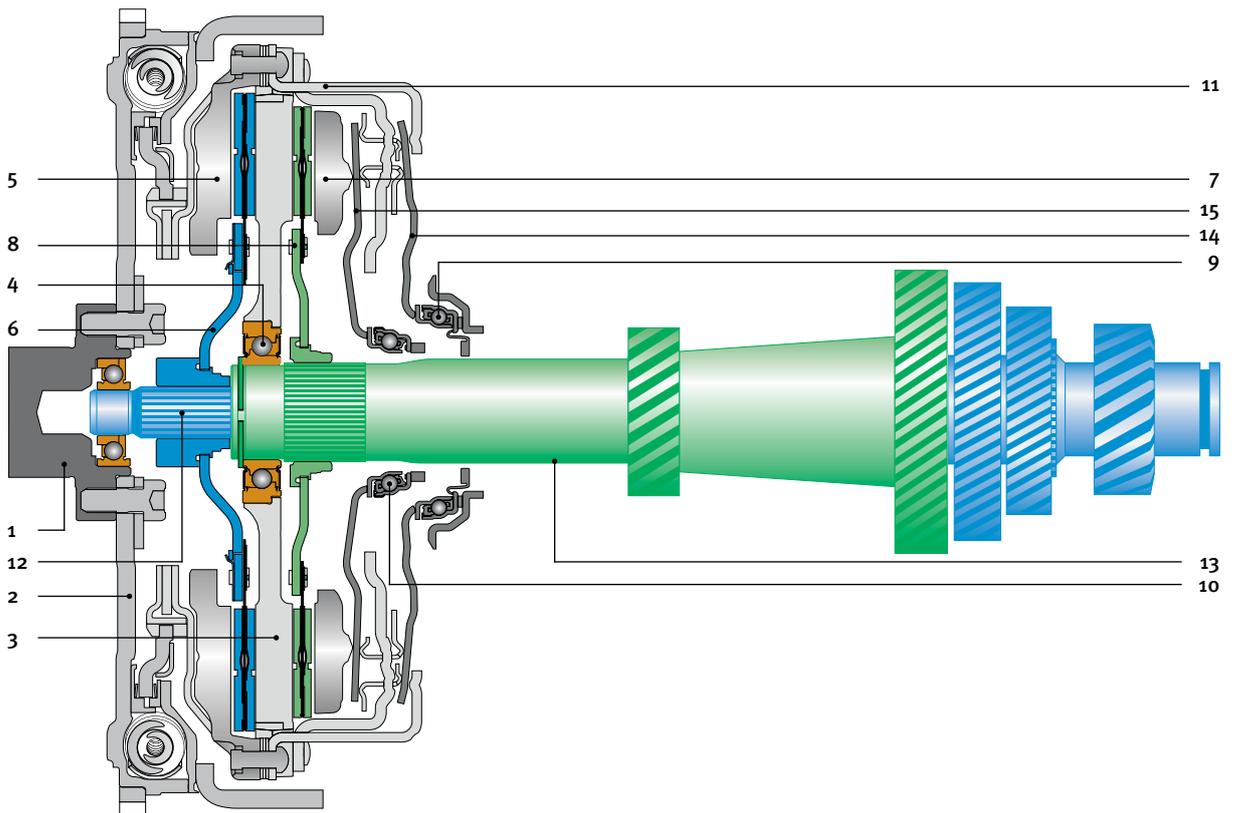
Conception



- | | |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 bague d'entraînement avec plateau de pression pour K1 | 6 ressort de levier avec dispositif de rattrapage pour K2 et sécurité de transport K2 |
| 2 disque d'embrayage K1 | 7 couvercle d'embrayage avec dispositif de rattrapage pour K1 et sécurité de transport K1 |
| 3 disque central | 8 ressort de levier K1 |
| 4 disque d'embrayage K2 | 9 ancre de traction |
| 5 plateau de pression K2 | |

Avec ses deux surfaces de friction, le disque central constitue le cœur de l'embrayage. Il est fixé sur l'arbre creux au moyen d'un palier d'appui.

Chaque côté est équipé d'un disque d'embrayage et du plateau de pression y afférent.

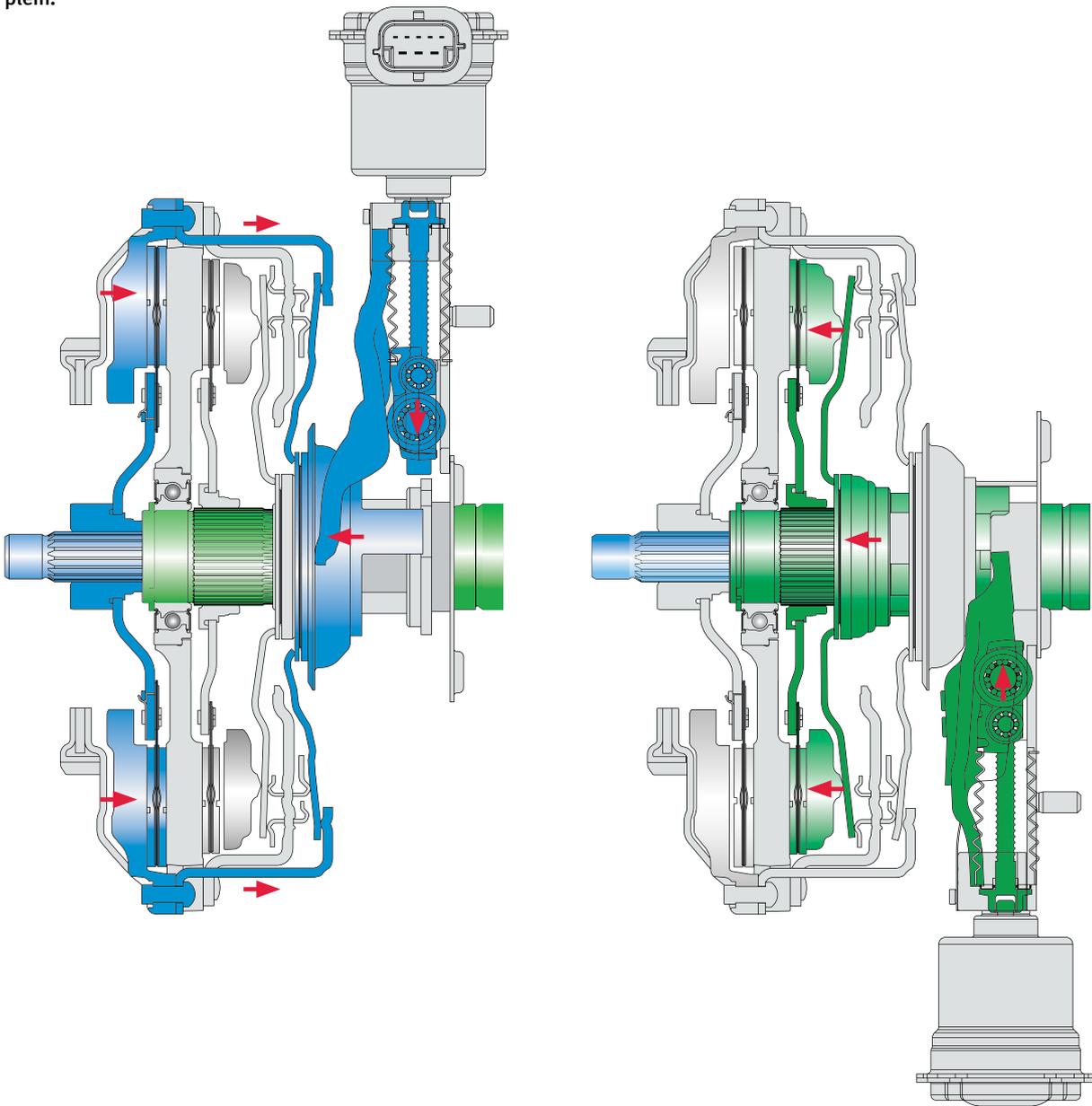


- | | |
|--------------------------|--------------------------------------------|
| 1 vilebrequin | 9 butée K1 |
| 2 volant bimasse | 10 butée K2 |
| 3 disque central | 11 arbre d'entrée de boîte 1 (arbre plein) |
| 4 palier d'appui | 12 arbre d'entrée de boîte 2 (arbre creux) |
| 5 plateau de pression K1 | 13 ancre de traction |
| 6 disque d'embrayage K1 | 14 ressort de levier K1 |
| 7 plateau de pression K2 | 15 ressort de levier K2 |
| 8 disque d'embrayage K2 | |

Fonctionnement

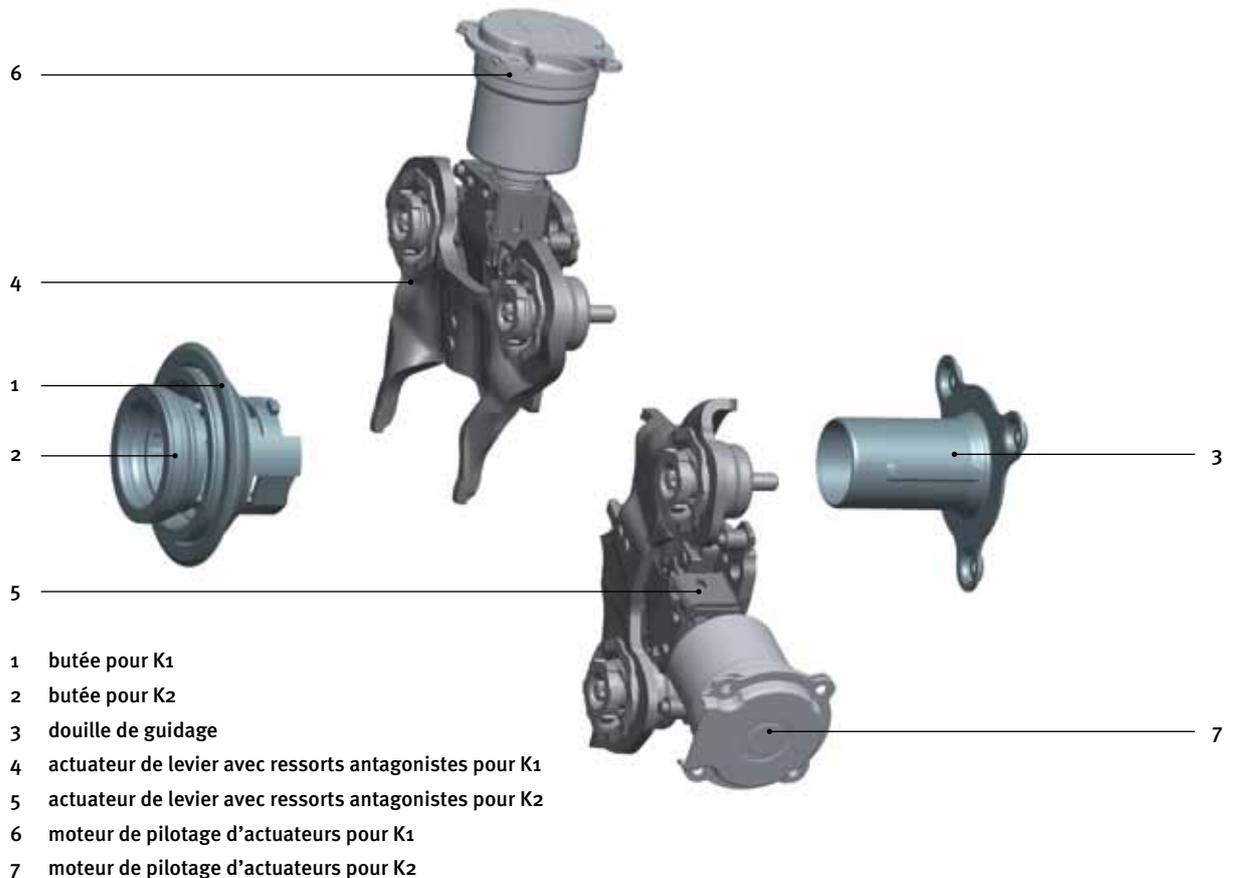
Lorsqu'on roule en première, en troisième ou en cinquième, le moteur de pilotage d'actuateurs de K1 est commandé électriquement. De ce fait, le levier d'engagement à grande ouverture de fourchette et la grande butée se déplacent en direction du double embrayage. Le ressort de levier extérieur transmet le mouvement à l'ancre de traction et inverse la direction de la force d'engagement. Ainsi, le plateau de pression de K1 est tiré en direction du disque central et l'embrayage se ferme. Le disque d'embrayage transmet alors le couple moteur à l'arbre plein.

Pour rouler en seconde, en quatrième, en sixième ou en marche arrière, le moteur de pilotage d'actuateurs de K2 actionne le levier d'engagement à petite ouverture de fourchette. La butée actionne le ressort de levier intérieur. Ce dernier déplace le plateau de pression K2 en direction du disque central. Ainsi, la solidarisation avec le disque d'embrayage est réalisée. Le couple est transmis à l'arbre creux tandis que simultanément K1 s'ouvre.



3.2 Système d'engagement

Conception du système



Dans les boîtes de vitesses manuelles classiques avec embrayage monodisque, l'embrayage, quand il est au repos, se trouve en position fermée. Il s'ouvre lorsque le conducteur appuie sur la pédale d'embrayage et interrompt de ce fait le flux d'effort. Ce processus est réalisé par le système de butée.

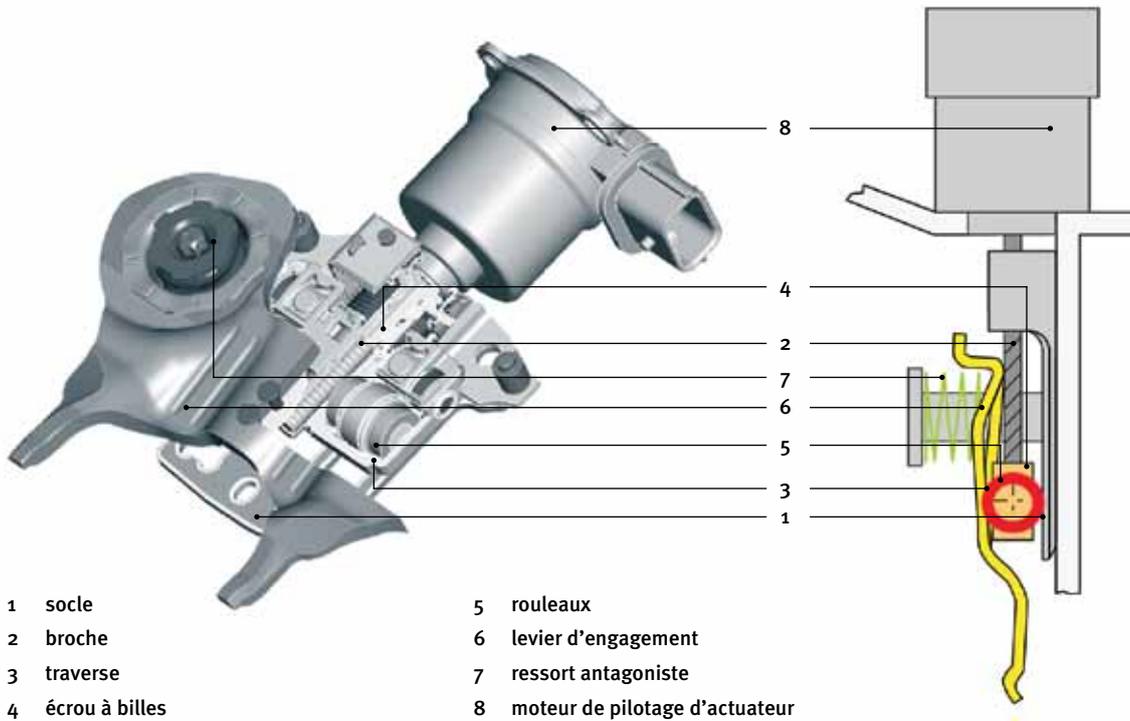
Avec les doubles embrayages, la situation est différente puisque les embrayages, même quand ils ne sont pas à l'œuvre, sont ouverts. Leur fermeture se fait par l'actionnement des leviers d'engagement. C'est la raison pour laquelle on parle d'un système d'engagement.

Le système d'engagement à commande électrique est composé de deux butées pour K1 et K2 [1 et 2], de la douille de guidage [3] et de deux actuateurs de levier [4 et 5]. Ces pièces sont logées dans la cloche de la boîte de vitesses. Les deux moteurs de pilotage d'actuateurs [6 et 7] sont montés à l'extérieur. Ils sont reliés aux actuateurs de levier respectifs par le biais d'une broche. Leur fonctionnement est identique et ils ne diffèrent que par l'ouverture de la fourchette des leviers d'engagements.

Conception de l'actuateur de levier

Les actuateurs de levier sont composés d'un socle, d'une broche et d'une traverse (écrou à billes avec rouleaux en plusieurs parties), d'un levier d'engagement et des ressorts antagonistes. L'ensemble constitue le système d'actionnement mécanique.

Le socle sert à fixer l'actuateur de levier dans la cloche de la boîte de vitesses et à guider les rouleaux avec précision. Le levier d'engagement contient deux ressorts antagonistes qui servent de points d'inversion et d'accumulateur de force.



- | | |
|------------------|----------------------------------|
| 1 socle | 5 rouleaux |
| 2 broche | 6 levier d'engagement |
| 3 traverse | 7 ressort antagoniste |
| 4 écrou à billes | 8 moteur de pilotage d'actuateur |

Conception et fonctionnement du ressort antagoniste

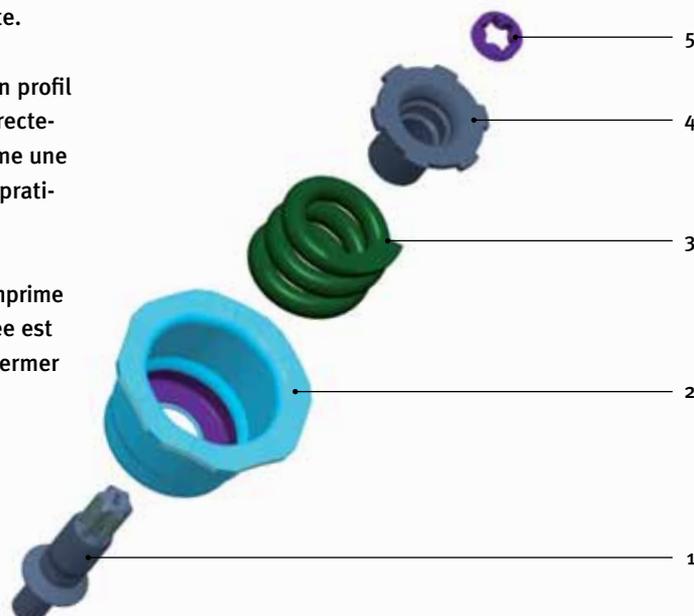
Pendant le processus d'engagement, le ressort antagoniste sert d'accumulateur de force. La douille [2] et le ressort de compression [3] forment une unité. La butée située sur le bord inférieur de la vis [1] limite la trajectoire de la douille. Sur le bord supérieur se trouve un écrou [4]. Ce dernier sert d'appui au ressort de compression et, à l'usine, de réglage du ressort antagoniste.

Pour assurer la performance optimale du système d'engagement, les ressorts antagonistes et l'actuateur de levier sont adaptés l'un à l'autre à l'usine et vendus par paire. Ces unités sont marquées d'une combinaison de quatre chiffres inscrits, à l'identique, tant sur la douille que sur le levier d'engagement.

Le levier d'engagement et la douille disposent d'un profil d'arbre. D'une part, ce profil permet de guider correctement le levier d'engagement et d'autre part, il forme une liaison basculante permettant un fonctionnement pratiquement sans friction.

Au début du processus d'engagement, la douille comprime le ressort de compression. La force ainsi accumulée est utilisée à la fin du processus d'engagement pour fermer l'embrayage.

- | |
|--------------------------|
| 1 vis |
| 2 douille |
| 3 ressort de compression |
| 4 écrou |
| 5 bague de sécurité |



Fonctionnement

Le moteur de pilotage d'actuateur modifie l'appui central du levier d'engagement par le biais d'une vis à bille, appelée traverse. Ceci a une influence sur le rapport effectif du levier qui se modifie en permanence pendant le processus d'engagement.

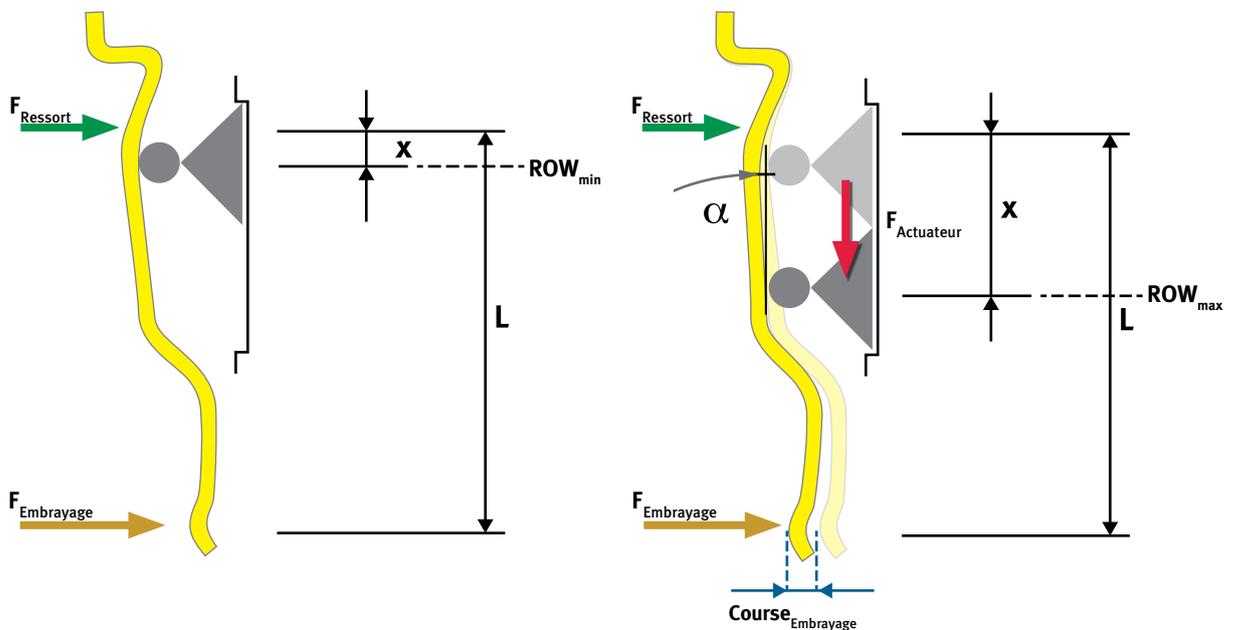
Pendant ce processus, la traverse se rapproche de l'arbre d'entrée de boîte. Le ressort antagoniste est comprimé du fait du plan incliné du levier d'engagement et sert d'accumulateur d'énergie. La force exercée sur la butée augmente mais ne suffit pas encore pour fermer l'embrayage à cause des rapports de levier désavantageux.

A fur et à mesure du déplacement de la traverse, le ressort antagoniste accumule de plus en plus d'énergie jusqu'au point où sa force suffit pour fermer l'embrayage.

L'utilisation intelligente de la loi de levier confère au moteur de pilotage d'actuateur un niveau de force quasi constant. Ceci permet de réduire considérablement le volume du moteur.

Grâce au faible besoin en énergie et au mécanisme des d'actionneurs, ce système satisfera également aux défis posés par les systèmes hybrides futurs.

Représentation schématique



La précontrainte du ressort de compression [$F_{Ressort}$] dans le ressort antagoniste et le rapport de démultiplication de levier [$x/(L - x)$] résultant du positionnement [x] de la traverse déterminent la force d'engagement de l'embrayage [$F_{Embrayage}$].

$$F_{Embrayage} = F_{Ressort} \cdot \frac{x}{L - x}$$

Pour engager l'embrayage, la traverse doit se déplacer sur sa course maximale [ROW_{max}].

$$F_{Actuateur} = (F_{Embrayage} + F_{Ressort}) \cdot \alpha$$

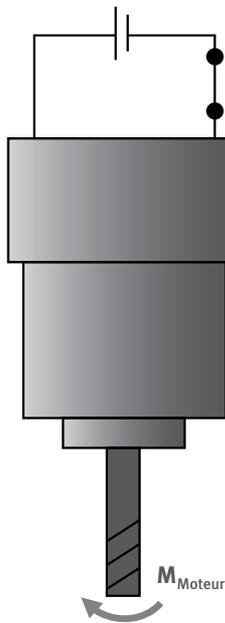
La force de l'actuateur [$F_{Actuateur}$] est composée de l'équilibre entre les forces des ressorts et de l'embrayage, compensée par l'angle d'effet [α].

Ouverture d'urgence automatique de l'embrayage

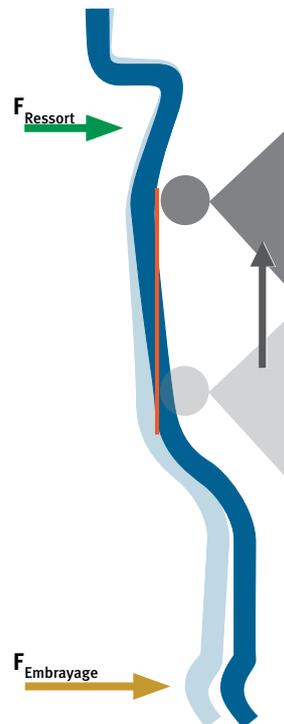
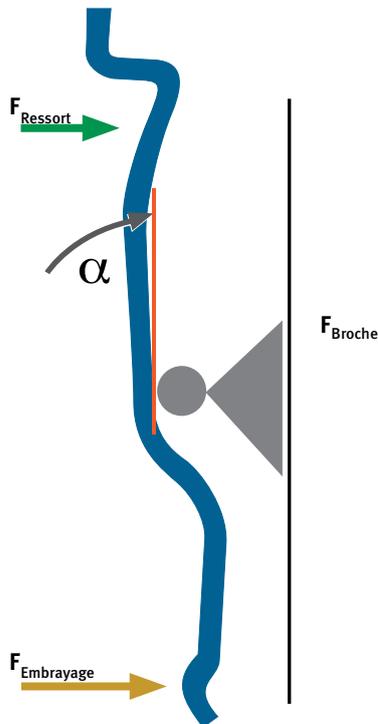
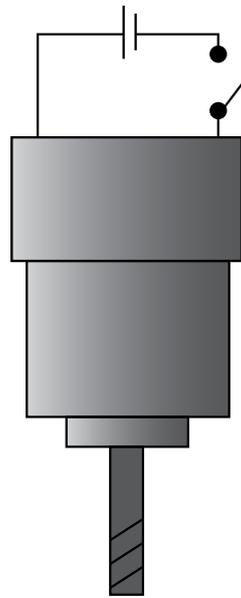
Etant donné que, contrairement aux boîtes de vitesses manuelles, les embrayages se ferment activement, il est possible que le système d'engagement reste bloqué en cas de panne du système électronique. Dans ce cas, avec un rapport engagé, le véhicule n'avancerait plus.

Pour éviter une telle situation, les actuateurs de levier sont conçus de sorte qu'en cas de défaillance de l'alimentation des moteurs de pilotage d'actuateur, la force antagoniste des ressorts de levier soit suffisante pour retirer automatiquement la traverse et donc ouvrir l'embrayage. Ainsi et malgré la vitesse enclenchée, le véhicule pourra avancer.

Moteur actif



Moteur passif



4 Conception et fonctionnement du système du double embrayage à sec – Ford moteur essence de 1,6 et 2 litres

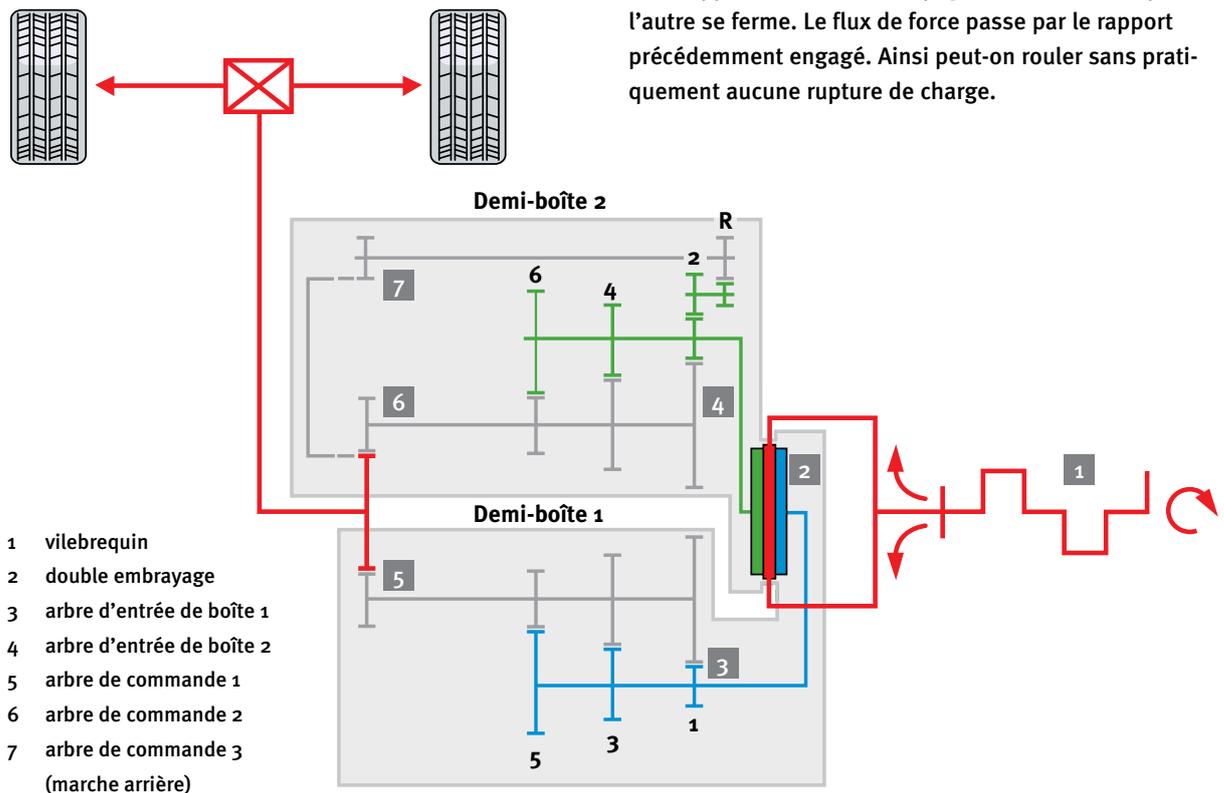
Chez Ford, le système du double embrayage est constitué des principaux composants suivants; le double embrayage, le système d'engagement avec actuateurs de levier et le volant rigide. La commande de la boîte de vitesses située sur le côté extérieur du carter commande deux moteurs de pilotage d'actuateur. Ces derniers actionnent les actuateurs de levier qui ferment et ouvrent les embrayages en alternance.

Pendant la conduite, le système électronique de la boîte de vitesses analyse, entre autres, les informations suivantes :

- la vitesse de rotation de l'arbre d'entrée de boîte
- la vitesse du véhicule
- la position du levier de sélection
- la position du papillon des gaz
- la position de la pédale d'accélération
- la position de la pédale de frein
- le régime et le couple moteur
- la température du moteur et la température extérieure
- l'angle de braquage

En fonction de ces données, le système de commande décide du rapport qu'il convient de passer et l'enclenche au moyen des moteurs qui se trouvent dans le système de commande de la boîte de vitesses et actionnent directement les fourchettes d'embrayages à l'intérieur de la boîte de vitesses.

Schéma de la boîte de vitesses



- 1 volant moteur
- 2 double embrayage
- 3 douille de guidage avec butée
- 4 actuateurs de levier avec moteurs de pilotage d'actuateur

Le système de double embrayage est constitué de deux embrayages lesquels sont ouverts lorsque le moteur est à l'arrêt ou tourne au ralenti. En mode de fonctionnement, l'un des embrayages est toujours fermé et donc une demi-boîte reste solidaire. Le rapport dans l'autre demi-boîte est déjà présélectionné puisque l'embrayage de cette demi-boîte est encore ouvert. Lors du passage d'un rapport, l'un des embrayages s'ouvre tandis que l'autre se ferme. Le flux de force passe par le rapport précédemment engagé. Ainsi peut-on rouler sans pratiquement aucune rupture de charge.

4.1 Double embrayage

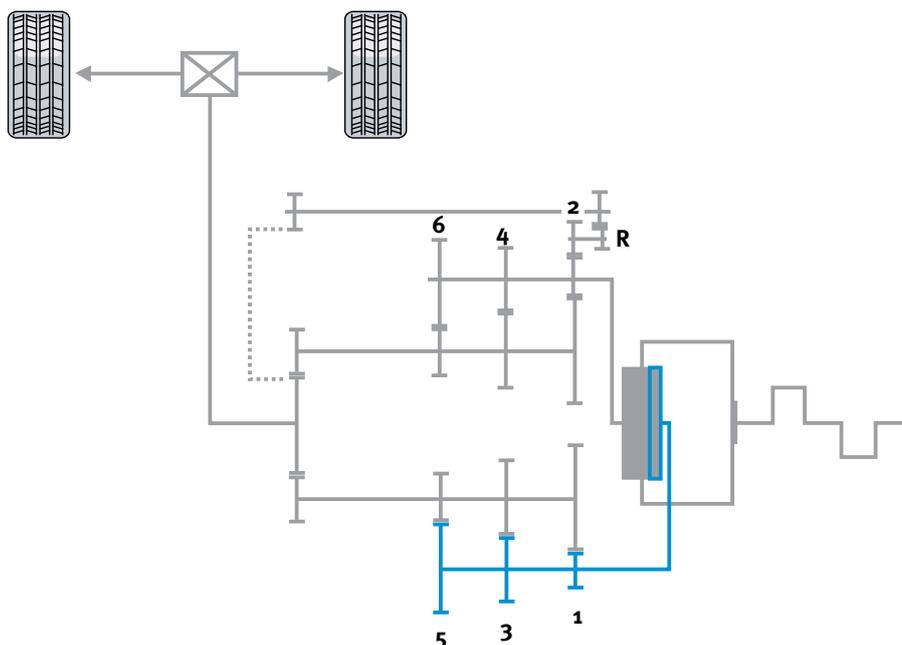
Principe de base

Dans la boîte de vitesses à double embrayage de Ford, chacune des demi-boîtes est conçue comme une boîte manuelle. Chaque demi-boîte dispose d'un embrayage. Les deux embrayages sont positionnés sur deux arbres d'entrée de boîte de vitesses tournant l'un dans l'autre ; l'arbre creux extérieur et l'arbre plein intérieur.

Les rapports impairs 1, 3 et 5 sont enclenchés par l'embrayage K1, le couple étant transmis à la boîte de vitesses par le biais de l'arbre plein, tandis que les rapports pairs 2, 4, 6 et la marche arrière sont pilotés par l'embrayage K2 et le couple est transmis à la boîte de vitesses par le biais de l'arbre creux.

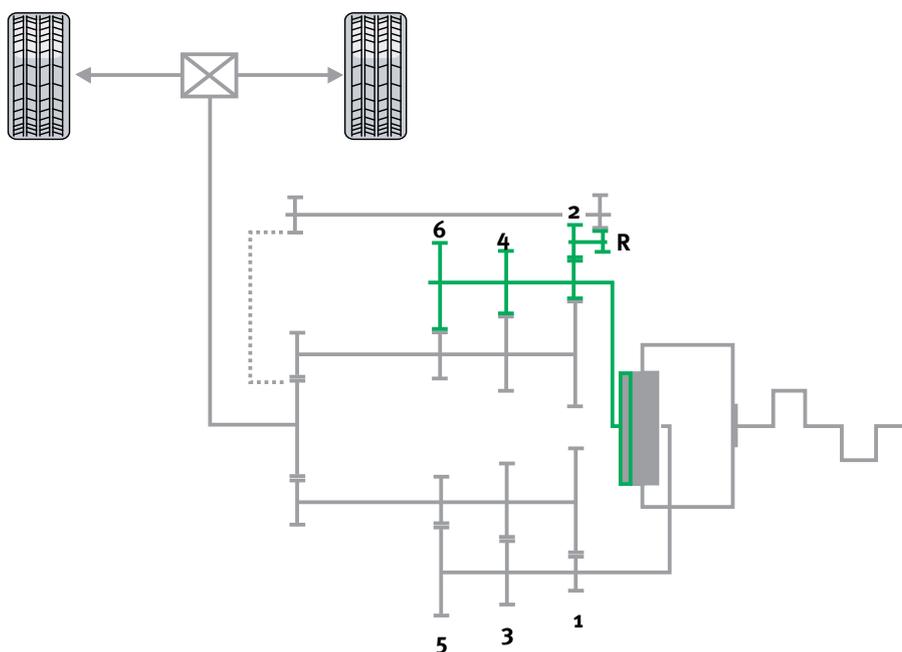
Embrayage 1 (K1)

L'embrayage K1 est dédié aux rapports 1, 3, et 5.

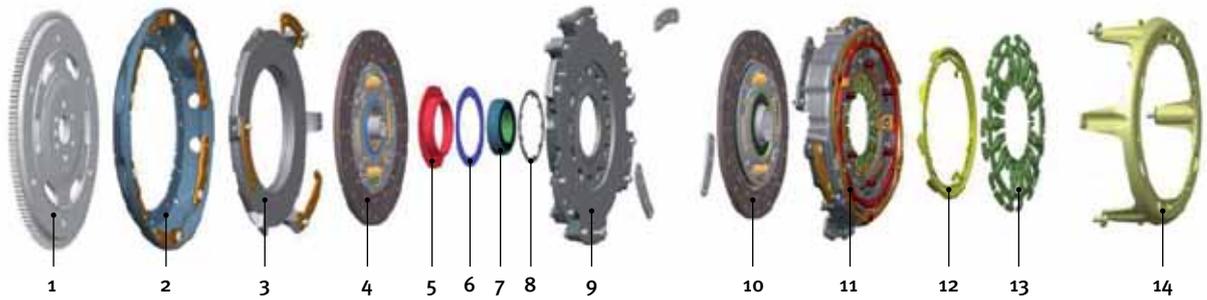


Embrayage 2 (K2)

L'embrayage K2 est dédié aux rapports 2, 4, 6 ainsi qu'à la marche arrière.



Conception

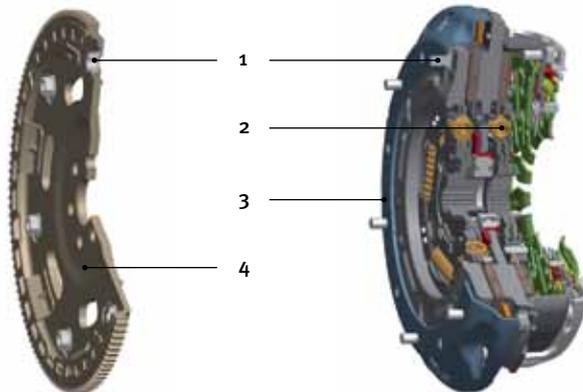


- | | |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1 volant | 9 plateau central |
| 2 bague d'entraînement avec languettes de rappel | 10 disque d'embrayage K2 |
| 3 plateau de pression K1 | 11 couvercle d'embrayage avec ressort de levier et dispositif de rattrapage K2 |
| 4 disque d'embrayage K1 | 12 bague de rattrapage pour K1 |
| 5 coussinet | 13 ressort de levier pour K1 |
| 6 rondelle de glissement | 14 ancre de traction |
| 7 palier | |
| 8 circlip | |

Avec ses deux surfaces de friction, le disque central constitue le cœur de l'embrayage. Il est équipé d'un palier qui forme avec le circlip, la rondelle de glissement et le coussinet, le dispositif de compensation du défaut d'alignement par glissement.

De part et d'autre du plateau central se trouvent un disque d'embrayage avec amortisseur de torsion et un plateau de pression avec compensation d'usure. Avec ses languettes de rappel, la bague d'entraînement située côté volant moteur assure une liaison souple avec le moteur.

Compensation du défaut d'alignement



- | |
|---------------------------|
| 1 vissage |
| 2 amortisseur de torsions |
| 3 bague d'entraînement |
| 4 volant moteur |

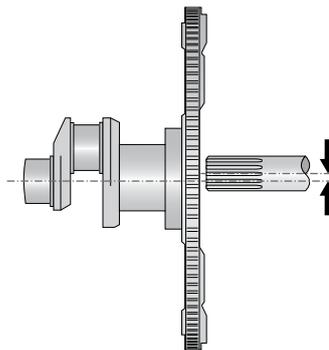
L'une des caractéristiques de ce système est sa liaison avec le moteur. Jusqu'à présent, les systèmes de double embrayage classiques sont reliés au moteur par un modèle de volant bimasse particulier (cf. page 30). La compensation des différents types de défaut d'alignement pouvant exister entre le moteur et la boîte de vitesses se fait sous l'action conjuguée de la denture intérieure et de la couronne d'entraînement. Contrairement à ce système classique, le nouveau système a recours à un volant moteur conventionnel. Cela s'explique par le comportement favorable des moteurs à essence de 1,6 et 2 litres soumis aux vibrations permettant l'amortissement de torsion au moyen des disques d'embrayage.

La liaison ferme entre l'embrayage et le volant bimasse au moyen de la denture est supprimée et remplacée par le vissage de bague d'entraînement sur le volant moteur.

Pour compenser les différents types de défaut d'alignement, le double embrayage est équipé de fonctions supplémentaires. Le défaut d'alignement radial est compensé par le dispositif de compensation par glissement et les défauts d'alignement angulaires et axiaux par les languettes de rappel situées sur la bague d'entraînement.

Défaut d'alignement radial

Les pièces automobiles sont toujours fabriquées avec des tolérances définies qui permettent un écart par rapport à la norme sans pour autant nuire au bon fonctionnement du système. Lors du rapprochement du moteur et de la boîte de vitesses, il est possible que la tolérance des pièces cause un défaut d'alignement radial, c'est-à-dire que les axes de rotation du vilebrequin et de l'arbre d'entrée de boîte ne se trouvent pas sur un même niveau. Ce défaut d'alignement peut notamment générer des bruits au ralenti et causer l'usure excessive des arbres d'entrée de boîte sans roulement pilote.



On y remédie en utilisant le dispositif de compensation du défaut d'alignement par glissement. Il permet, au moyen d'un palier lisse sans liquide, le déplacement radial du double embrayage sur l'arbre d'entrée de boîte. Les mouvements relatifs sont absorbés par une rondelle de glissement résistante permettant d'éviter efficacement les forces radiales.



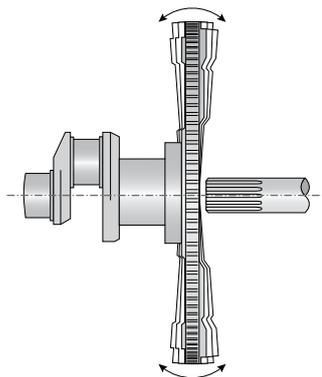
Remarque:

Dans un double embrayage déposé, le roulement à billes du dispositif de compensation du défaut d'alignement par glissement est guidé librement dans le plateau central.

Lié à la conception du système, cette particularité n'est pas un vice.

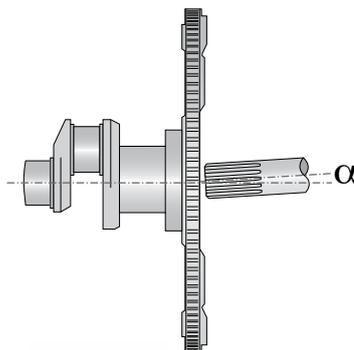
Défaut d'alignement axial

L'allumage périodique dans les cylindres soumet le vilebrequin à des contraintes de flexion ; il se distend en direction de l'axe de rotation. Parallèlement à la fréquence des allumages, le flasque du vilebrequin est soumis à des dilatations par impulsion qui se traduisent par un défaut d'alignement axial. Or, si l'on veut éviter toute dégradation de confort, le désaxage du volant moteur qui en résulte ne doit en aucun cas être directement transmis au double embrayage.



Défaut d'alignement angulaire

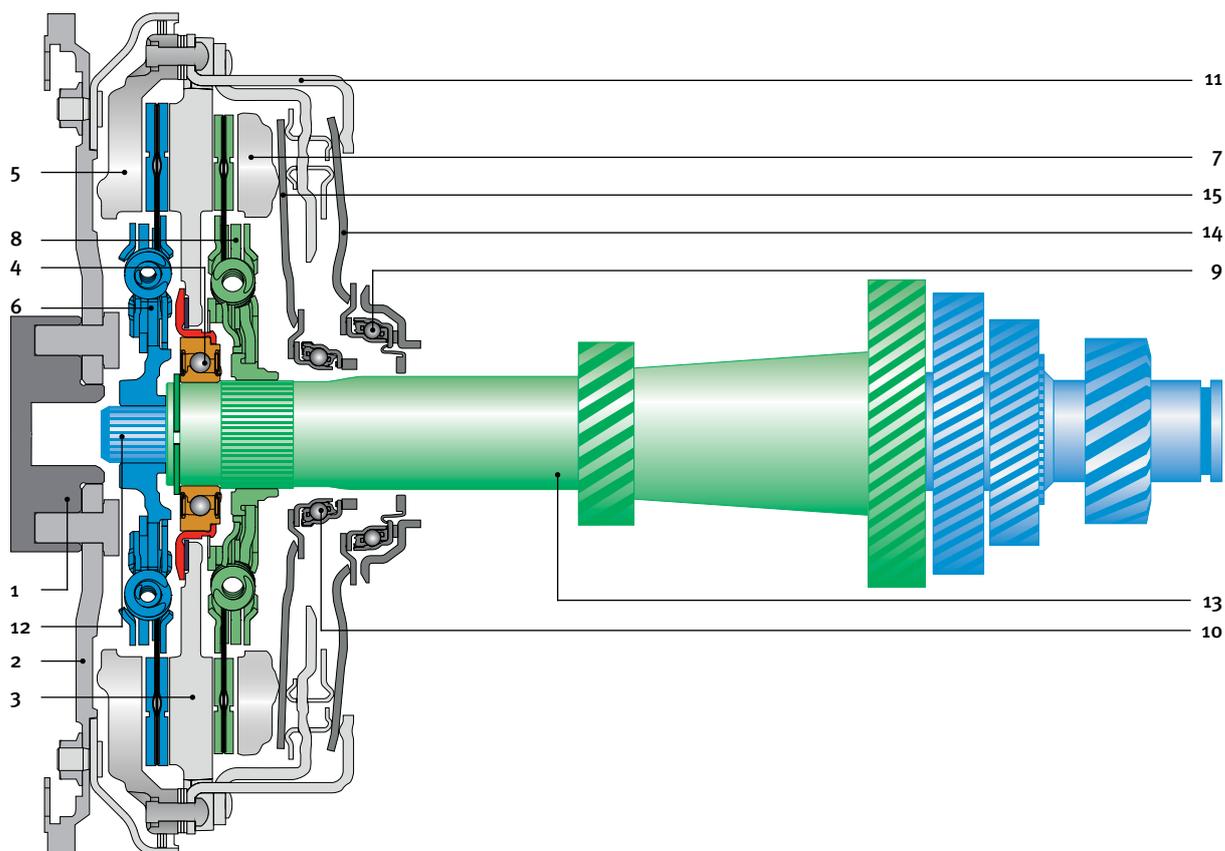
Le défaut d'alignement angulaire peut, lui aussi, résulter d'une combinaison de tolérances des pièces. Dans ce cas, les axes de rotation du vilebrequin et de l'arbre d'entrée de boîte sont orientés l'un par rapport à l'autre sous des angles différents. Par conséquent, tandis que le véhicule roule, les disques d'embrayage sont soumis en permanence à des contraintes de flexion qui les endommagent prématurément.



Pour compenser le défaut d'alignement axial et angulaire sans usure, le double embrayage est logé de façon élastique dans la bague d'entraînement. Des languettes de rappel de forme spéciale compensent efficacement les deux types de défauts d'alignement.



Conception



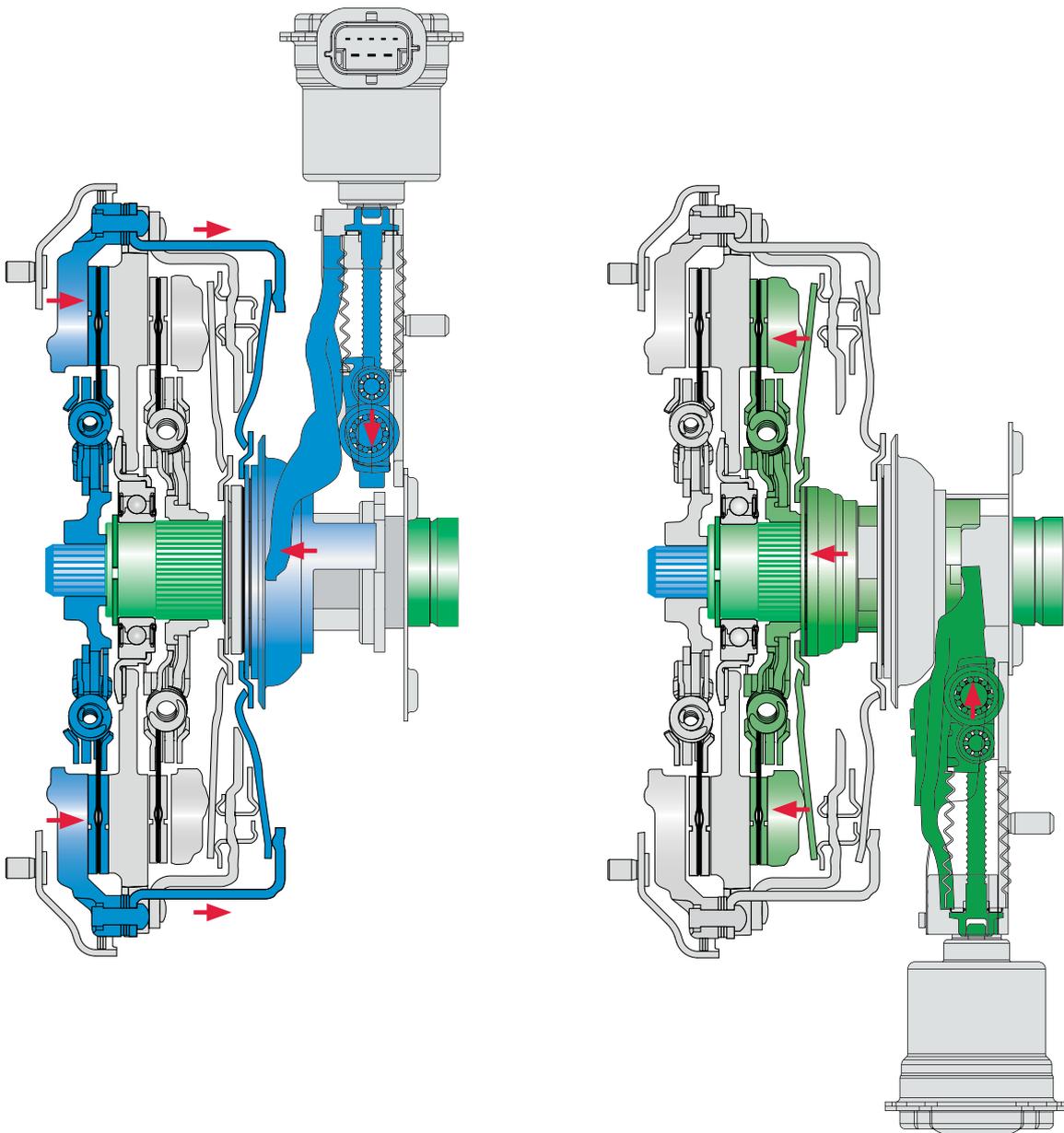
- | | |
|--------------------------|--------------------------------------------|
| 1 vilebrequin | 9 butée K1 |
| 2 volant bimasse | 10 butée K2 |
| 3 disque central | 11 ancre de traction |
| 4 palier d'appui | 12 arbre d'entrée de boîte 1 (arbre plein) |
| 5 plateau de pression K1 | 13 arbre d'entrée de boîte 2 (arbre creux) |
| 6 disque d'embrayage K1 | 14 ressort de levier K1 |
| 7 plateau de pression K2 | 15 ressort de levier K2 |
| 8 disque d'embrayage K2 | |

Fonctionnement

Lorsqu'on roule en première, en troisième ou en cinquième, le moteur de pilotage d'actuateurs de K1 est commandé électriquement. De ce fait, le levier d'engagement à grande ouverture de fourchette et la grande butée se déplacent en direction du double embrayage. Le ressort de levier extérieur transmet le mouvement à l'ancre de traction et inverse la direction de la force d'engagement. Ainsi, le plateau de pression de K1 est tiré en direction du disque central et l'embrayage se ferme. Le disque d'embrayage transmet alors le couple moteur à l'arbre plein.

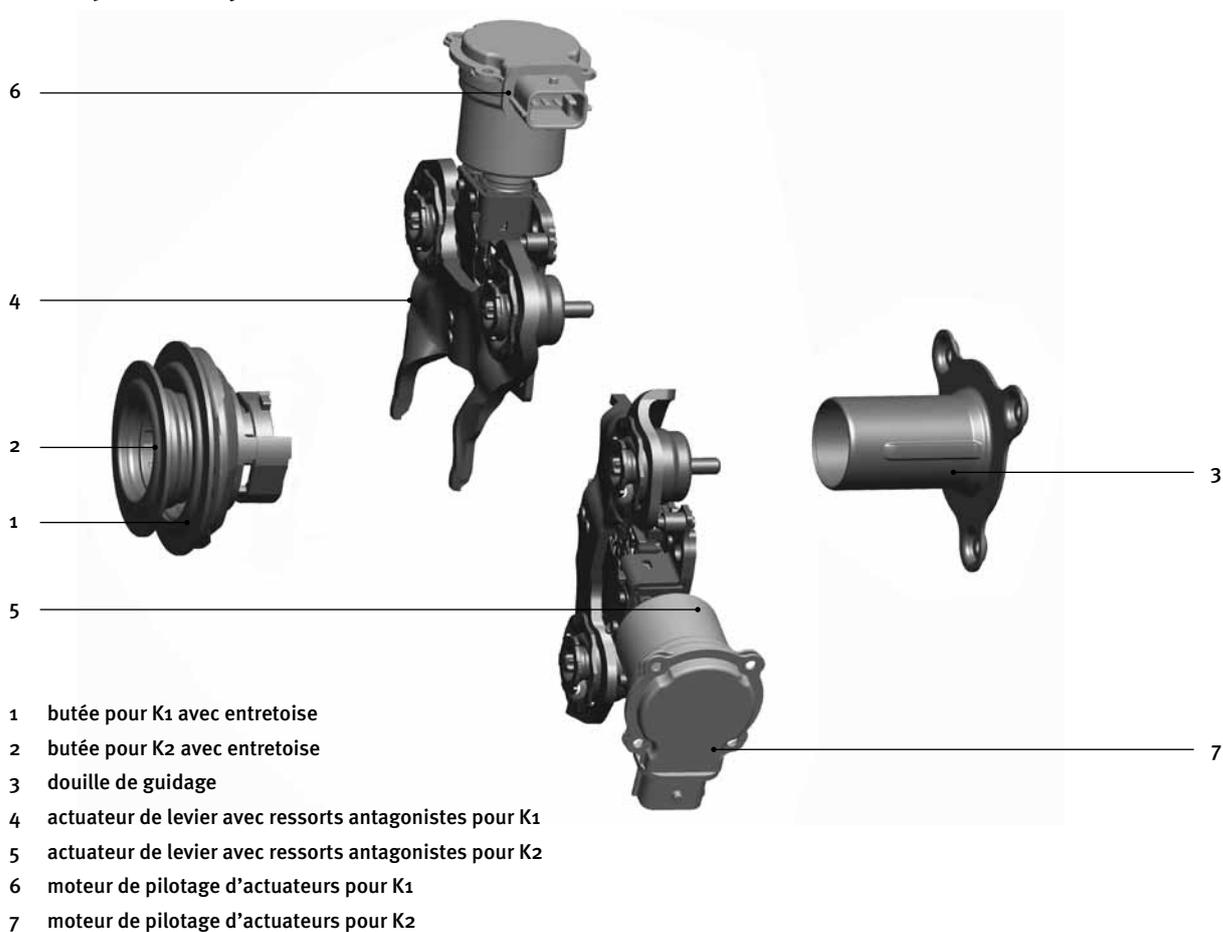
Pour rouler en seconde, en quatrième, en sixième ou en marche arrière, le moteur de pilotage d'actuateurs de K2 actionne le levier d'engagement à petite ouverture de fourchette. La butée actionne le ressort de levier intérieur.

Ce dernier déplace le plateau de pression K2 en direction du disque central. Ainsi, la solidarisation avec le disque d'embrayage est réalisée. Le couple est transmis à l'arbre creux tandis que simultanément K1 s'ouvre.



4.2 Système d'engagement

Conception du système



Dans les boîtes de vitesses manuelles classiques avec embrayage monodisque, l'embrayage, quand il est au repos, se trouve en position fermée. Il s'ouvre lorsque le conducteur appuie sur la pédale d'embrayage et interrompt de ce fait le flux d'effort. Ce processus est réalisé par le système de butée.

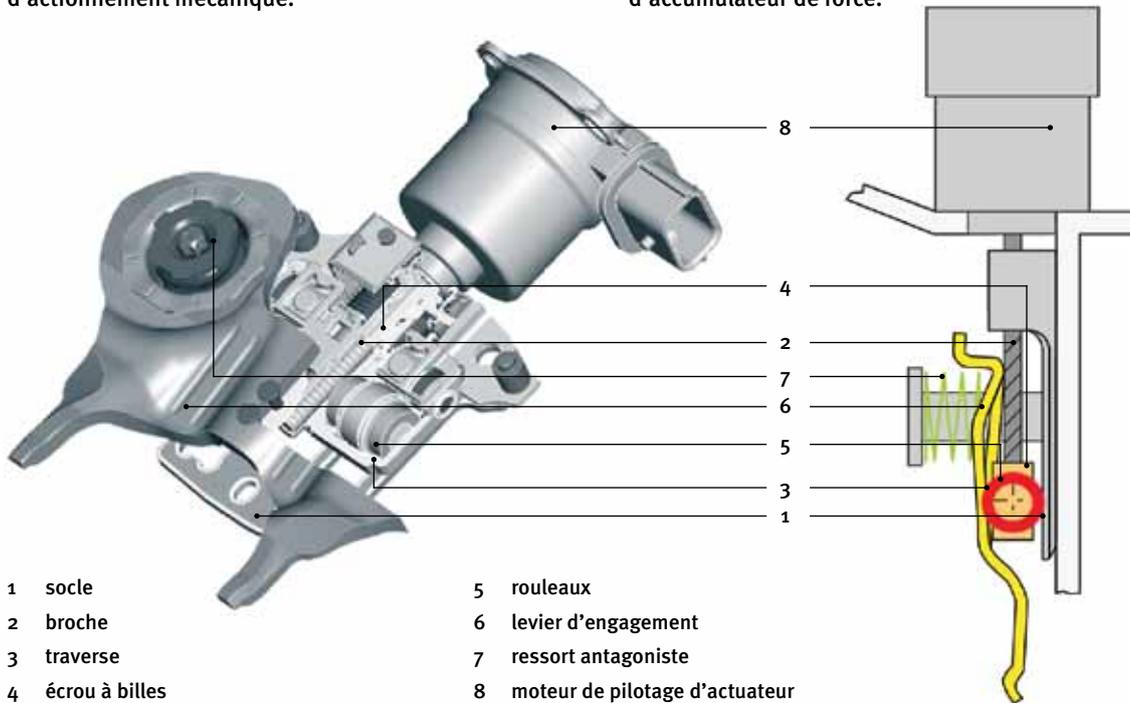
Avec les doubles embrayages, la situation est différente puisque les embrayages, même quand ils ne sont pas à l'œuvre, sont ouverts. Leur fermeture se fait par l'actionnement des leviers d'engagement. C'est la raison pour laquelle on parle d'un système d'engagement.

Le système d'engagement à commande électrique est composé de deux butées avec entretoise pour K1 et K2 [1 et 2], de la douille de guidage [3] et de deux actuateurs de levier [4 et 5]. Ces pièces sont logées dans la cloche de la boîte de vitesses. Les deux moteurs de pilotage d'actuateurs [6 et 7] sont montés à l'extérieur. Ils sont reliés aux actuateurs de levier respectifs par le biais d'une broche. Leur fonctionnement est identique et ils ne diffèrent que par l'ouverture de la fourchette des leviers d'engagements.

Conception de l'actuateur de levier

Les actuateurs de levier sont composés d'un socle, d'une broche et d'une traverse (écrou à billes avec rouleaux en plusieurs parties), d'un levier d'engagement et des ressorts antagonistes. L'ensemble constitue le système d'actionnement mécanique.

Le socle sert à fixer l'actuateur de levier dans la cloche de la boîte de vitesses et à guider les rouleaux avec précision. Le levier d'engagement contient deux ressorts antagonistes qui servent de points d'inversion et d'accumulateur de force.



- | | |
|------------------|----------------------------------|
| 1 socle | 5 rouleaux |
| 2 broche | 6 levier d'engagement |
| 3 traverse | 7 ressort antagoniste |
| 4 écrou à billes | 8 moteur de pilotage d'actuateur |

Conception et fonctionnement du ressort antagoniste

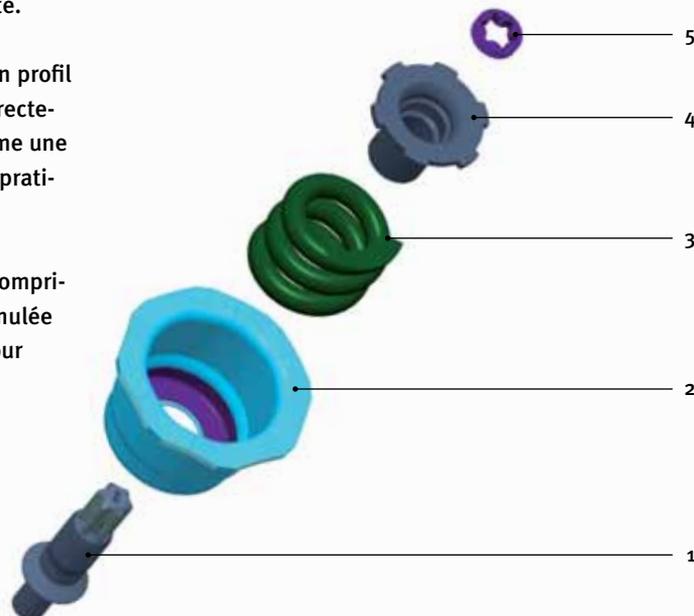
Pendant le processus d'engagement, le ressort antagoniste sert d'accumulateur de force. La douille [2] et le ressort de compression [3] forment une unité. La butée située sur le bord inférieur de la vis [1] limite la trajectoire de la douille. Sur le bord supérieur se trouve un écrou [4]. Ce dernier sert d'appui au ressort de compression et, à l'usine, de réglage du ressort antagoniste.

Pour assurer la performance optimale du système d'engagement, les ressorts antagonistes et l'actuateur de levier sont adaptés l'un à l'autre à l'usine et vendus par paire. Ces unités sont marquées d'une combinaison de quatre chiffres inscrits, à l'identique, tant sur la douille que sur le levier d'engagement.

Le levier d'engagement et la douille disposent d'un profil d'arbre. D'une part, ce profil permet de guider correctement le levier d'engagement et d'autre part, il forme une liaison basculante permettant un fonctionnement pratiquement sans friction.

Au début du processus d'engagement, la douille comprime le ressort de compression. La force ainsi accumulée est utilisée à la fin du processus d'engagement pour fermer l'embrayage.

- | |
|--------------------------|
| 1 vis |
| 2 douille |
| 3 ressort de compression |
| 4 écrou |
| 5 circlip |



Fonctionnement

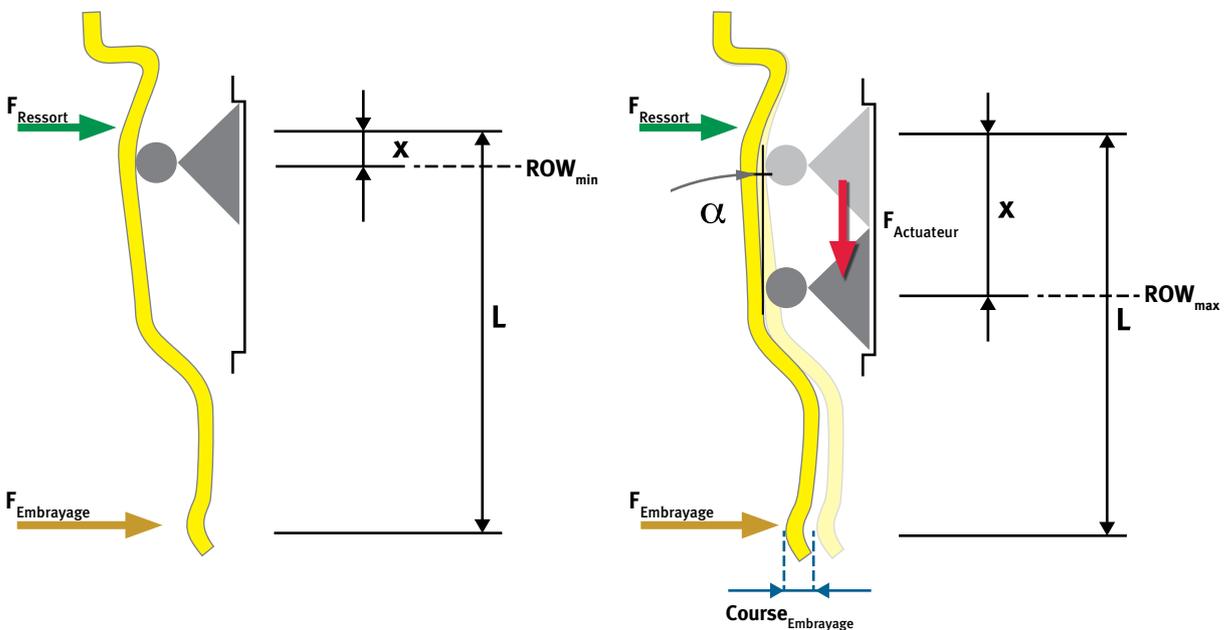
Le moteur de pilotage d'actuateur modifie l'appui central du levier d'engagement par le biais d'une vis à bille, appelée traverse. Ceci a une influence sur le rapport effectif du levier qui se modifie en permanence pendant le processus d'engagement.

Pendant ce processus, la traverse se rapproche de l'arbre d'entrée de boîte. Le ressort antagoniste est comprimé du fait du plan incliné du levier d'engagement et sert d'accumulateur d'énergie. La force exercée sur la butée augmente mais ne suffit pas encore pour fermer l'embrayage à cause des rapports de levier désavantageux.

A fur et à mesure du déplacement de la traverse, le ressort antagoniste accumule de plus en plus d'énergie jusqu'au point où sa force suffit pour fermer l'embrayage.

L'utilisation intelligente de la loi de levier confère au moteur de pilotage d'actuateur un niveau de force quasi constant. Ceci permet de réduire considérablement le volume du moteur. Grâce au faible besoin en énergie et au mécanisme des d'actionneurs, ce système satisfera également aux défis posés par les systèmes hybrides futurs.

Représentation schématique



La précontrainte du ressort de compression [F_{Ressort}] dans le ressort antagoniste et le rapport de démultiplication de levier [$x/(L-x)$] résultant du positionnement [x] de la traverse déterminent la force d'engagement de l'embrayage [$F_{\text{Embrayage}}$].

$$F_{\text{Embrayage}} = F_{\text{Ressort}} \cdot \frac{x}{L-x}$$

Pour engager l'embrayage, la traverse doit se déplacer sur sa course maximale [ROW_{max}].

$$F_{\text{Actuateur}} = (F_{\text{Embrayage}} + F_{\text{Ressort}}) \cdot \alpha$$

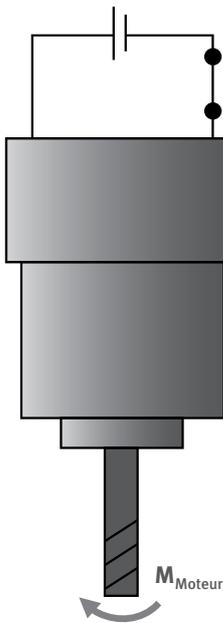
La force de l'actuateur [$F_{\text{Actuateur}}$] est composée de l'équilibre entre les forces des ressorts et de l'embrayage, compensée par l'angle d'effet [α].

Ouverture d'urgence automatique de l'embrayage

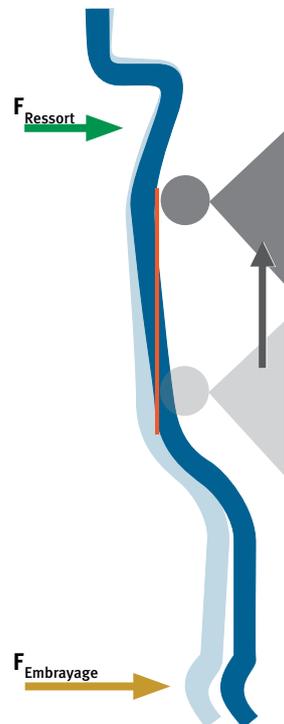
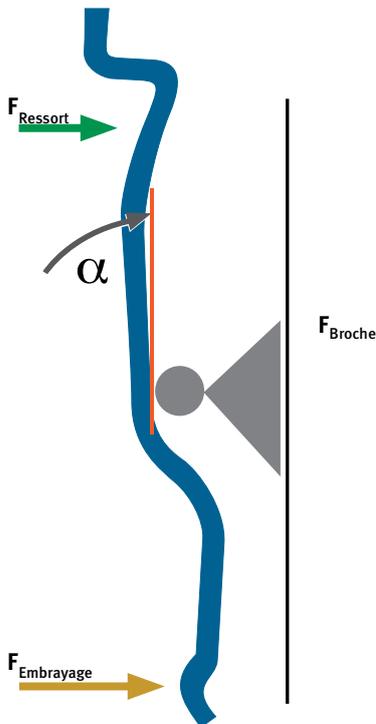
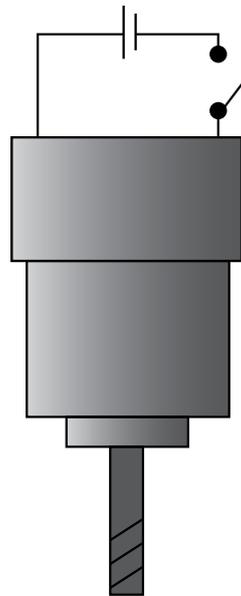
Etant donné que, contrairement aux boîtes de vitesses manuelles, les embrayages se ferment activement, il est possible que le système d'engagement reste bloqué en cas de panne du système électronique. Dans ce cas, avec un rapport engagé, le véhicule n'avancerait plus.

Pour éviter une telle situation, les actuateurs de levier sont conçus de sorte qu'en cas de défaillance de l'alimentation des moteurs de pilotage d'actuateur, la force antagoniste des ressorts de levier soit suffisante pour retirer automatiquement la traverse et donc ouvrir l'embrayage. Ainsi et malgré la vitesse enclenchée, le véhicule pourra avancer.

Moteur actif



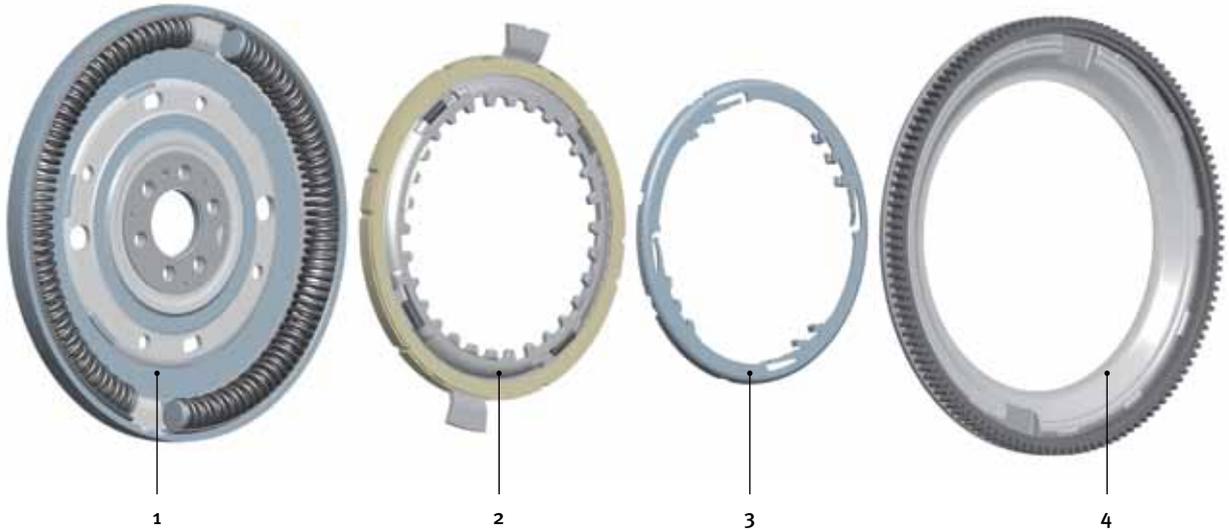
Moteur passif



5 Le volant bimasse pour boîtes de vitesses à double embrayage

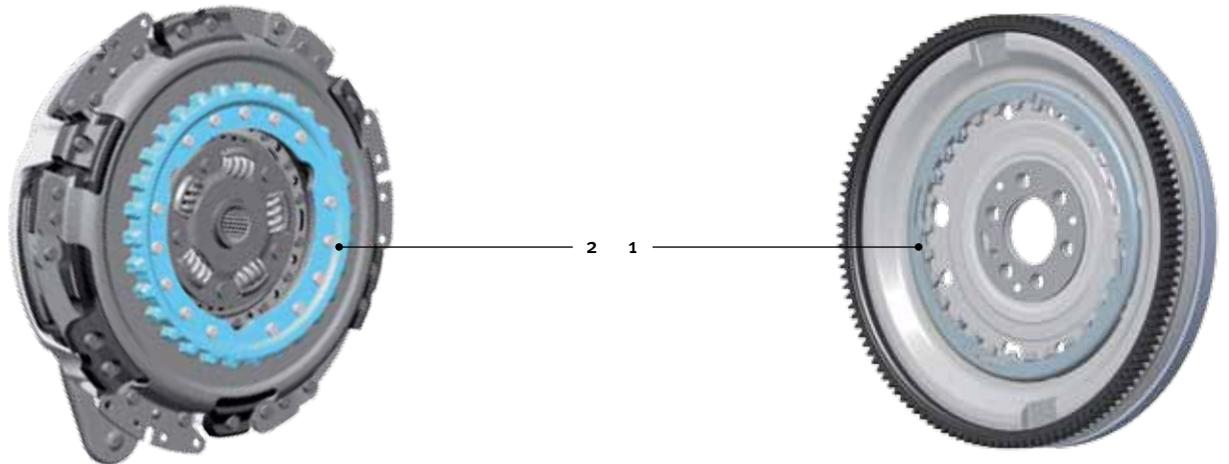
Le volant bimasse utilisé dans le double embrayage est un modèle spécial du volant bimasse de LuK. Comme les volants bimasse équipant les boîtes de vitesses manuelles, ce dernier dispose d'un côté primaire et secondaire. Contrairement au volant bimasse classique, le côté secondaire ne se présente pas sous forme de volant mais sous forme de flasque. Il sert uniquement comme liaison entre la masse primaire et le double embrayage.

Dans ce cas, le rôle de la masse secondaire est repris par le poids du double embrayage situé sur l'arbre creux de la boîte de vitesses. Ainsi les roulements à billes ou paliers lisses tels qu'on les trouve dans les volants bimasse classiques sont-ils supprimés.



- 1 masse primaire avec ressorts en arc
- 2 flasque avec denture intérieure pour réception de la couronne d'entraînement du double embrayage

- 3 bague de tension
- 4 couvercle pour la masse primaire avec couronne dentée pour capteur de régime



- 1 bague de tension
- 2 couronne d'entraînement du double embrayage

Une autre différence par rapport au volant bimasse classique est l'absence de surface de friction côté secondaire. Cette dernière se trouve dans le double embrayage où le disque central intègre les surfaces de friction des deux embrayages. A la place de la surface de friction du volant bimasse, on utilise un flasque avec denture intérieure dans laquelle vient se loger la couronne d'entraînement du double embrayage.

Pour éviter qu'en cas de jeu, l'engrenage des deux couronnes dentées provoque des bruits, une bague de tension a été introduite: elle exerce un effet de précontrainte sur les deux couronnes dentées si bien qu'il n'y a aucun jeu entre les profils des dents. Dans certains modèles, la bague de tension doit être réinitialisée à l'aide d'un outillage spécial avant de poser la boîte de vitesses.

Remarque :

Pour plus de renseignements sur le volant bimasse, veuillez consulter la brochure de LuK intitulée « Le volant bimasse ».

6 Description et contenu de l'outillage spécial de LuK

Les travaux sur le système de double embrayage à sec doivent toujours être réalisés avec les outillages spécifiques appropriés. Cela pour garantir une réparation professionnelle et éviter l'endommagement de l'embrayage et de la boîte de vitesses.

Pour la pose et la dépose professionnelles, Schaeffler Automotive Aftermarket propose un système d'outillage complet. Modulaire, ce système est composé d'une valise d'outillage de base et de plusieurs autres valises adaptées aux différents types de véhicules. Ainsi, la gamme d'outillage convient pour tous les nouveaux et futurs systèmes de doubles embrayages. Ces outillages peuvent être combinés entre eux sans problème.

Remarque:

Pour la réparation, il faut toujours utiliser la valise d'outillage de base et la valise d'outillage correspondant au constructeur automobile.

Actuellement, il existe les valises d'outillage suivant:

- Valise d'outillage de base
- Valise d'outillage Volkswagen (Audi, Seat, Škoda, Volkswagen)
- Valise d'outillage Renault
- Valise d'outillage Ford
- Valise d'outillage de réinitialisation, Renault, Ford
- Valise d'outillage complémentaire (pour l'ancien outillage spécial double embrayage LuK, réf. 400 0240 10)



Remarque :

Pour toute question relative à l'acquisition des outillages spéciaux, aux diagnostics et aux réparations, veuillez vous adresser à notre service technique LuK INA FAG au +33 1 40 92 34 03/04/05/06/

6.1 Valise d'outillage de base

La valise d'outillage de base (réf. 400 0418 10) constitue la base du système d'outillage modulaire. Elle contient la partie des outils nécessaire pour réparer tous les doubles embrayages.

En y ajoutant la valise d'outillage spécial adapté au véhicule à réparer, on obtient l'outillage nécessaire complet pour une réparation professionnelle. Cela vaut également pour tous les doubles embrayages à sec de LuK actuellement disponibles sur le marché.



- | | | | |
|---|-----------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------|
| 1 | Support de broche à 3 branches et pièce de pression | 8 | 2 bouchons pour obstruer les orifices du différentiel |
| 2 | 3 vis moletées | 9 | Outil de réinitialisation pour volant bimasse |
| 3 | 3 Boulons filetés M10, d'une longueur de 100 mm | 10 | Clé de déverrouillage |
| 4 | 3 Boulons filetés M10, d'une longueur de 160 mm | 11 | Clé spéciale à fourche |
| 5 | Pince de sécurité, coudée | 12 | DVD avec instructions de pose/dépose et vidéo de formation |
| 6 | Aimant | | |
| 7 | Support de boîte de vitesses réglable en hauteur | | |

6.2 Valise d'outillage Volkswagen

Cet outillage spécifique aux véhicules (réf. 400 0419 10) doit être combiné avec l'outillage de base. Ainsi, il est possible de déposer, poser et régler tant les doubles embrayages à sec de la 1^{ère} génération (boîtes de vitesses construites jusqu'au mois de mai 2011) que ceux

de la 2^{ème} génération (boîtes de vitesses construites à partir du mois de juin 2011) dans les véhicules des marques Audi, Seat, Škoda et Volkswagen équipés de boîtes de vitesses oAM.



- | | | | |
|---|-------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------|
| 1 | Comparateur à cadran avec pied | 9 | Bouchons d'obturation |
| 2 | Bague de réglage 32,92 mm (1 ^{ère} génération, K2) | 10 | 3 crochets |
| 3 | Bague de réglage 48,63 mm (1 ^{ère} génération, K1) | 11 | Jauge pour bague de réglage |
| 4 | Bague de réglage 32,12 mm (2 ^{ème} génération, K2) | 12 | Crochets de traction |
| 5 | Bague de réglage 48,42 mm (2 ^{ème} génération, K1) | 13 | Poids de 3,5 kg |
| 6 | 3 pièces de pression | 14 | DVD avec instructions de pose et de dépose et vidéo de formation |
| 7 | Douille d'appui pour la dépose | | |
| 8 | Douille de pression pour la pose | | |

6.3 Valise d'outillage Renault

Cette valise d'outillage (réf. 400 0423 10) comprend tous les outils nécessaires pour réparer professionnellement un double embrayage à sec Renault (boîte de vitesses DC4 à 6 rapports). Elle s'utilise en complément de la valise d'outillage de base.



- 1 3 crochets
- 2 Douille de pression pour la pose
- 3 Douille d'appui pour la dépose
- 4 Pièce d'arrêt
- 5 DVD avec instructions de pose et de dépose et vidéo de formation

6.4 Valise d'outillage Ford

Cette valise d'outillage (réf. 400 0427 10) contient tous les outils nécessaires pour réparer professionnellement les doubles embrayages à sec montés sur les véhicules Ford équipés d'un moteur essence de 1,6 et 2 litres (avec boîte de vitesses DPS6 à 6 rapports).

Il s'utilise avec l'outillage de base.



- 1 3 crochets
- 2 3 pièces de pression
- 3 Douille de pression pour la pose
- 4 Douille d'appui pour la dépose
- 5 2 poignées

- 6 Pochoir pour véhicules équipés d'un moteur essence de 1,6 litre
- 7 Pochoir pour véhicules équipés d'un moteur essence de 2 litres
- 8 DVD avec instructions de pose et de dépose et vidéo de formation

6.5 Valise d'outillage de réinitialisation

Par principe, les nouveaux doubles embrayages des véhicules Renault à boîtes de vitesses DC4 et Ford à boîtes de vitesses DPS6 sont équipés d'une sécurité de transport. Aucun travail supplémentaire n'est donc nécessaire avant la pose.

Avant de réutiliser un double embrayage déjà déposé, par exemple pour effectuer des travaux d'étanchéité sur la boîte de vitesses, la sécurité de transport doit être réactivée. Pour ce type d'intervention, il faut utiliser la valise d'outillage de réinitialisation (réf. 400 0425 10)



- | | | | |
|---|----------------------------------|----|------------------------------------------------------------|
| 1 | Socle avec broche | 8 | Bague de pression K1 - Ø 85 mm |
| 2 | Ecrous de pression | 9 | Bague de pression K1 - Ø 105 mm |
| 3 | Adaptateurs | 10 | Bague de réinitialisation K1 |
| 4 | 2 Goujons de fixation | 11 | Bague de réinitialisation K2 |
| 5 | 2 Ecrous moletés | 12 | 3 Pièces de fixation K1 |
| 6 | Pièce de pressions K2 - Ø 115 mm | 13 | DVD avec instructions de pose/dépose et vidéo de formation |
| 7 | Pièce de pressions K2 - Ø 131 mm | | |

6.6 Valise d'outillage complémentaire

En ajoutant l'outillage complémentaire (réf. 400 0420 10) au précédent outillage spécial pour doubles embrayages de LuK (réf. 400 0240 10) on obtient l'équivalent du nouvel outillage modulaire.

Le contenu réuni des deux valises d'outillages correspond à l'outillage de base et l'outillage pour Volkswagen.



- 1 Support de boîte de vitesses réglable en hauteur
- 2 bouchons d'obturation pour les ouvertures du différentiel
- 3 Clé spécial à fourche
- 4 Bague de réglage 32,12 mm (2^{ème} génération, K2)
- 5 Bague de réglage 48,42 mm (2^{ème} génération, K1)

- 6 Outil de réinitialisation pour volant bimasse
- 7 Clé de déverrouillage
- 8 DVD avec instructions de pose et de dépose et vidéo de formation

6.7 Tableau pour l'utilisation des différentes valises d'outillage

Le tableau ci-après présente l'outillage nécessaire si vous ne disposez d'aucun outillage spécial LuK.

Application		Audi, Seat, Škoda, VW 1 ^{ère} génération	Audi, Seat, Škoda, VW 2 ^{ème} génération	Renault	Ford
Valise d'outillage	Valise d'outillage de base Réf. 400 0418 10	X	X	X	X
	Valise d'outillage pour Volkswagen Réf. 400 0419 10	X	X		
	Valise d'outillage pour Renault Réf. 400 0423 10			X	
	Valise d'outillage pour Ford Réf. 400 0427 10				X

Le tableau ci-après présente l'outillage nécessaire si vous disposez déjà de la valise d'outillage pour double embrayage réf. 400 0240 10.

Application		Audi, Seat, Škoda, VW 1 ^{ère} génération	Audi, Seat, Škoda, VW 2 ^{ème} génération	Renault	Ford
Valise d'outillage	Valise d'outillage spécial LuK Réf. 400 0240 10	X	X	X	X
	Valise d'outillage complé- mentaire Réf. 400 0420 10		X	X	X
	Valise d'outillage pour Renault Réf. 400 0423 10			X	
	Valise d'outillage pour Ford Réf. 400 0427 10				X

Lorsqu'on remonte un double embrayage Ford ou Renault déjà utilisé, les deux sécurités de transport doivent être réactivées avec les outillages ci-après.

Application		Audi, Seat, Škoda, VW 1 ^{ère} génération	Audi, Seat, Škoda, VW 2 ^{ème} génération	Renault	Ford
Valise d'outillage	Valise d'outillage de réinitialisation Réf. 400 0425 10			X	X

						
 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>