

DOSSIER RESSOURCE

La boîte de vitesses « Powershift » Mercedes est montée sur porteur et tracteur ACTROS. Elle existe en version 12 ou 16 rapports et peut se décliner avec différents étagements afin de répondre aux besoins : route, chantier, approche-chantier, ...



1. Présentation du système étudié

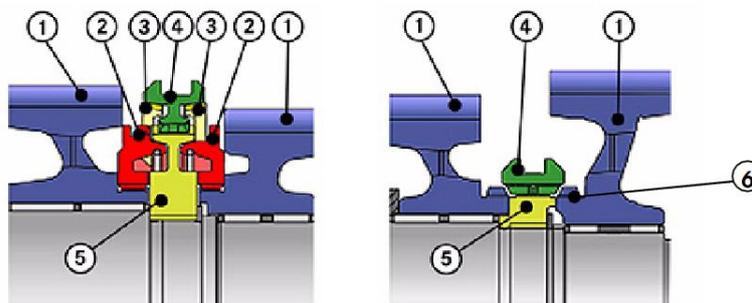
En introduisant la boîte de vitesses Mercedes PowerShift avec commande des rapports entièrement automatisée en version à 12 rapports, Mercedes-Benz propose des boîtes de vitesses compactes et très performantes destinées à une utilisation sur route.

Ces boîtes sont proposées en tant que boîtes de vitesses entièrement automatisées et non synchronisées sous le nom de Mercedes PowerShift.



➤ Grâce à la suppression de la synchronisation mécanique, de l'espace a été libéré dans la boîte de vitesses de base. Cet espace permet d'utiliser des pignons plus larges. Résultat : la boîte de vitesses peut transmettre des couples plus élevés ou être de forme plus compacte pour un couple de transmission identique.

- 1 : Engrenages
- 2 : Bagues de synchronisation
- 3 : Cônes de synchronisation
- 4 : Manchon coulissant
- 5 : Moyeu
- 6 : Crabots



Avec synchronisation

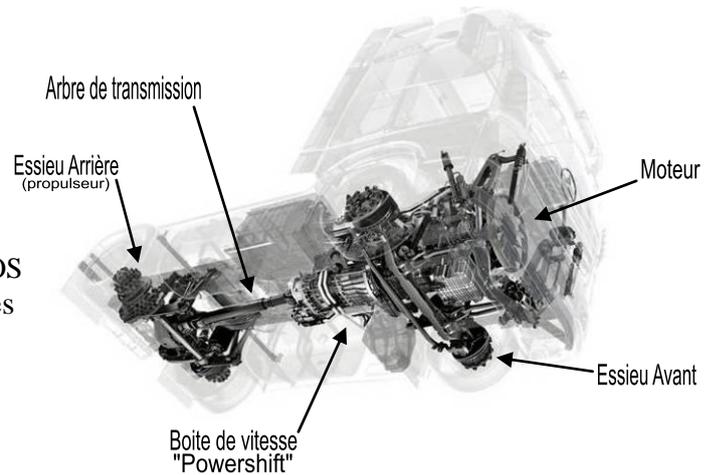
sans synchronisation

➤ Les Mercedes Powershift conservent un embrayage traditionnel (monodisque à sec) piloté par le calculateur du véhicule permettant la sélection et le passage automatique des rapports.

A tout moment, le chauffeur peut néanmoins demander un changement de rapport lui-même (anticipation d'une descente / montée) et un mode manuel (non permanent) est également possible. Par défaut, la boîte est sur mode automatique.

La boîte de vitesses Powershift fait partie de la chaîne de transmission de puissance. Sa fonction est d'adapter et de transmettre le couple et la vitesse moteur à l'essieu arrière via l'arbre de transmission.

L'étude porte sur un tracteur routier MERCEDES-ACTROS équipé d'un moteur OM 501 LA et d'une boîte de vitesses Powershift G211 à 12 rapports.



2. Mise en situation du système

La boîte de vitesses "Powershift" G211-12 est composée des ensembles suivants :

- Diviseur (split), synchronisé (a)
- Boîte principale, non synchronisée (b)
- Groupe multiplicateur (doubleur de gamme), synchronisé (c)

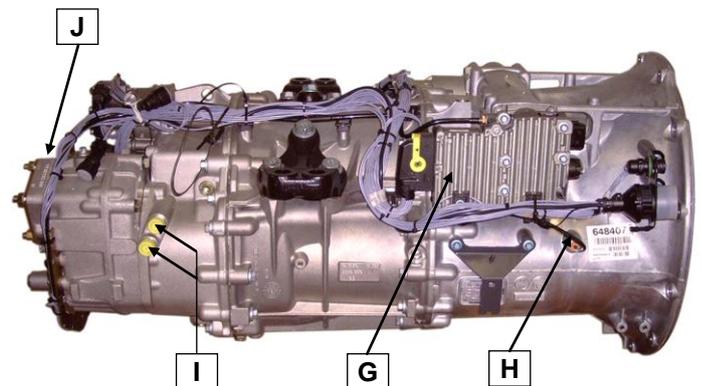
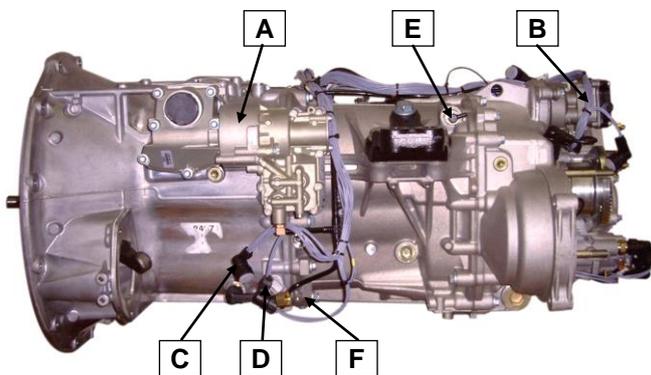
Sous-ensemble	Possibilité de démultiplication
Diviseur (split)	2
Boîte principale	3
Groupe multiplicateur (doubleur gamme)	2



S'agissant d'un véhicule industriel, la boîte principale ne comporte que 3 rapports. Mais l'intervention du diviseur (split) permet de doubler ce nombre.

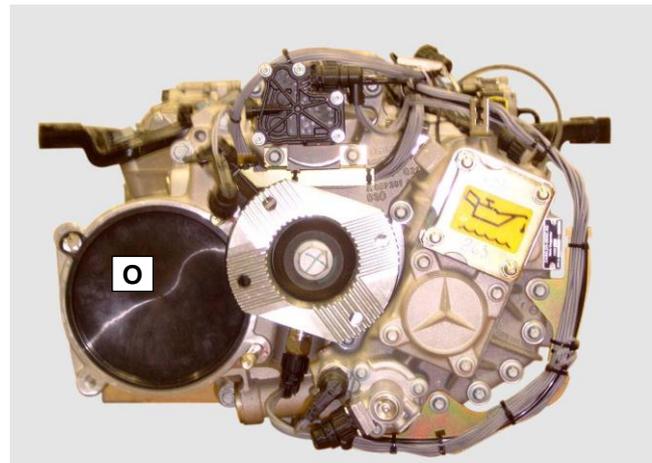
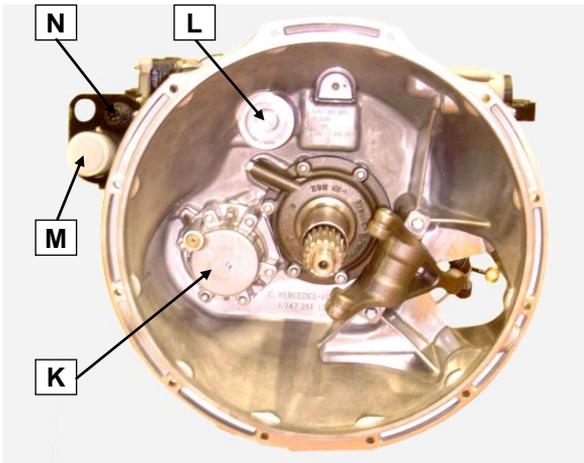
De même, en sortie de boîte, le groupe multiplicateur permet de décliner ces 6 rapports sur deux gammes de fonctionnement : une première gamme lente : L et une seconde rapide : R.

Les 12 rapports résultent des possibilités de démultiplication $2 \times 3 \times 2$ détaillées dans le tableau page [A6/16](#).



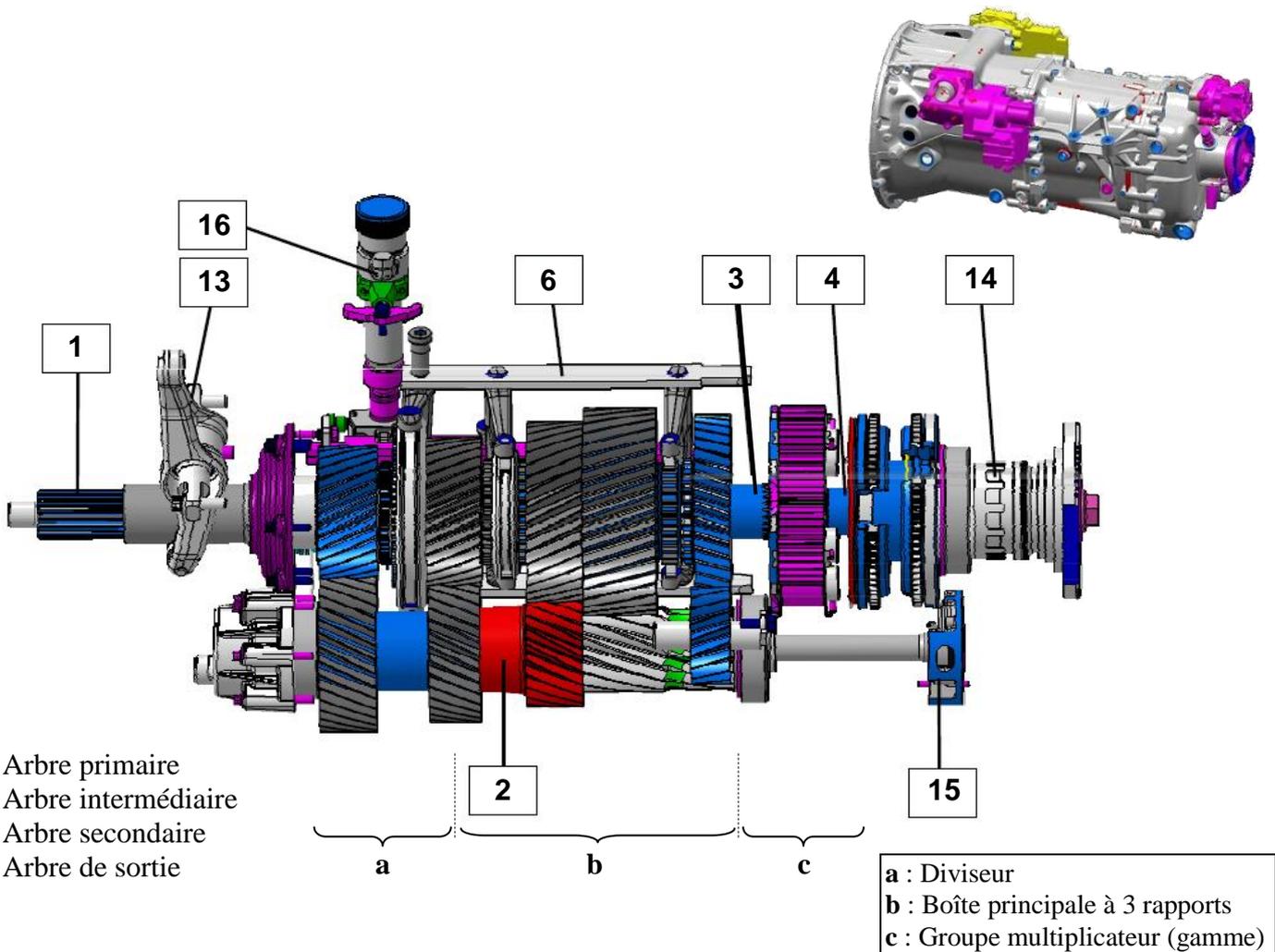
- A : Module de rapport
- B : Module de gamme
- C : Raccord actuateur d'embrayage
- D : Raccord capteur de course d'embrayage
- E : Purge boîte de vitesses

- F : Raccord alimentation en air comprimé
- G : Module de couloir avec calculateur GS intégré
- H : Raccord conduite d'air comprimé frein d'arbre intermédiaire
- I : Raccords refroidisseur d'huile de boîte de vitesses
- J : Prise de force



K : Frein d'arbre intermédiaire
L : Cylindre de diviseur
M : Raccord prise de force

N : Raccord ralentisseur
O : Logement ralentisseur (Voith)



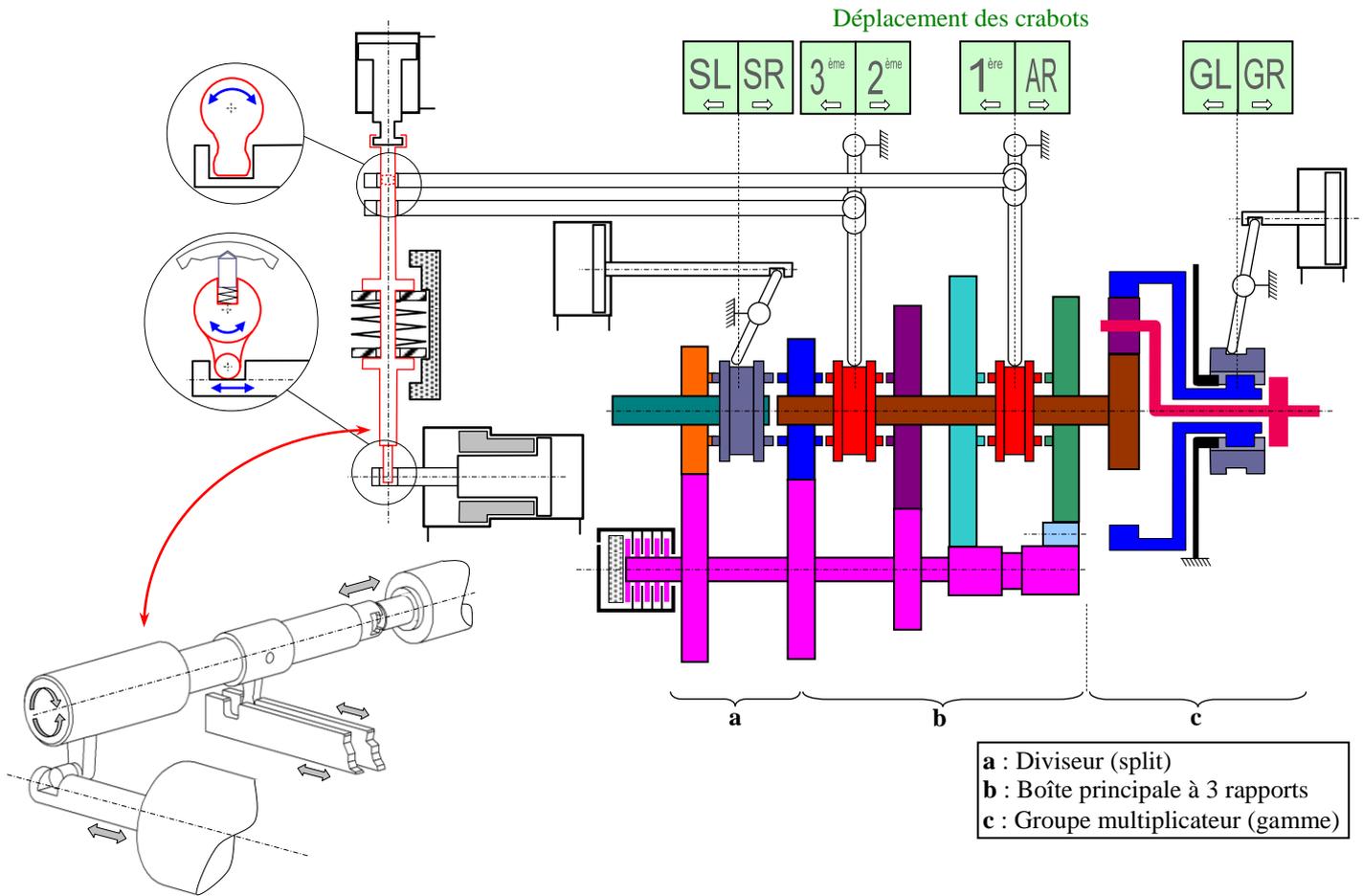
1 : Arbre primaire
2 : Arbre intermédiaire
3 : Arbre secondaire
4 : Arbre de sortie

a : Diviseur
b : Boîte principale à 3 rapports
c : Groupe multiplicateur (gamme)

Les autres composants sont les suivants :

6 : Unité de commande (fixation fourchette de commande)
13 : Levier de débrayage
14 : Générateur d'impulsions (régime de sortie de la boîte de vitesses)
15 : Pompe à huile
16 : Commande longitudinale des rapports

Architecture simplifiée de la boîte de vitesses



Exemple : passage en 2^{ème} R

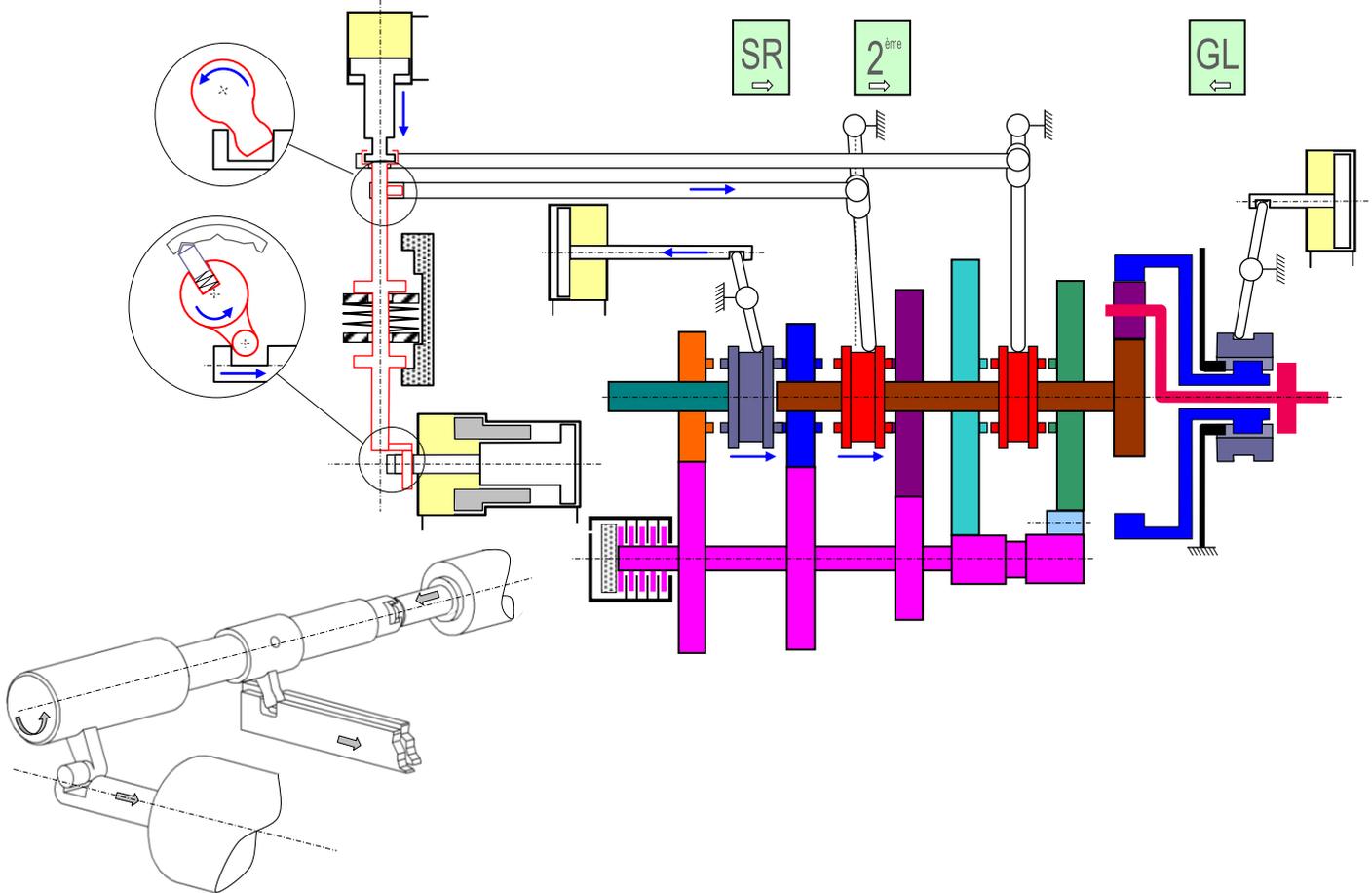
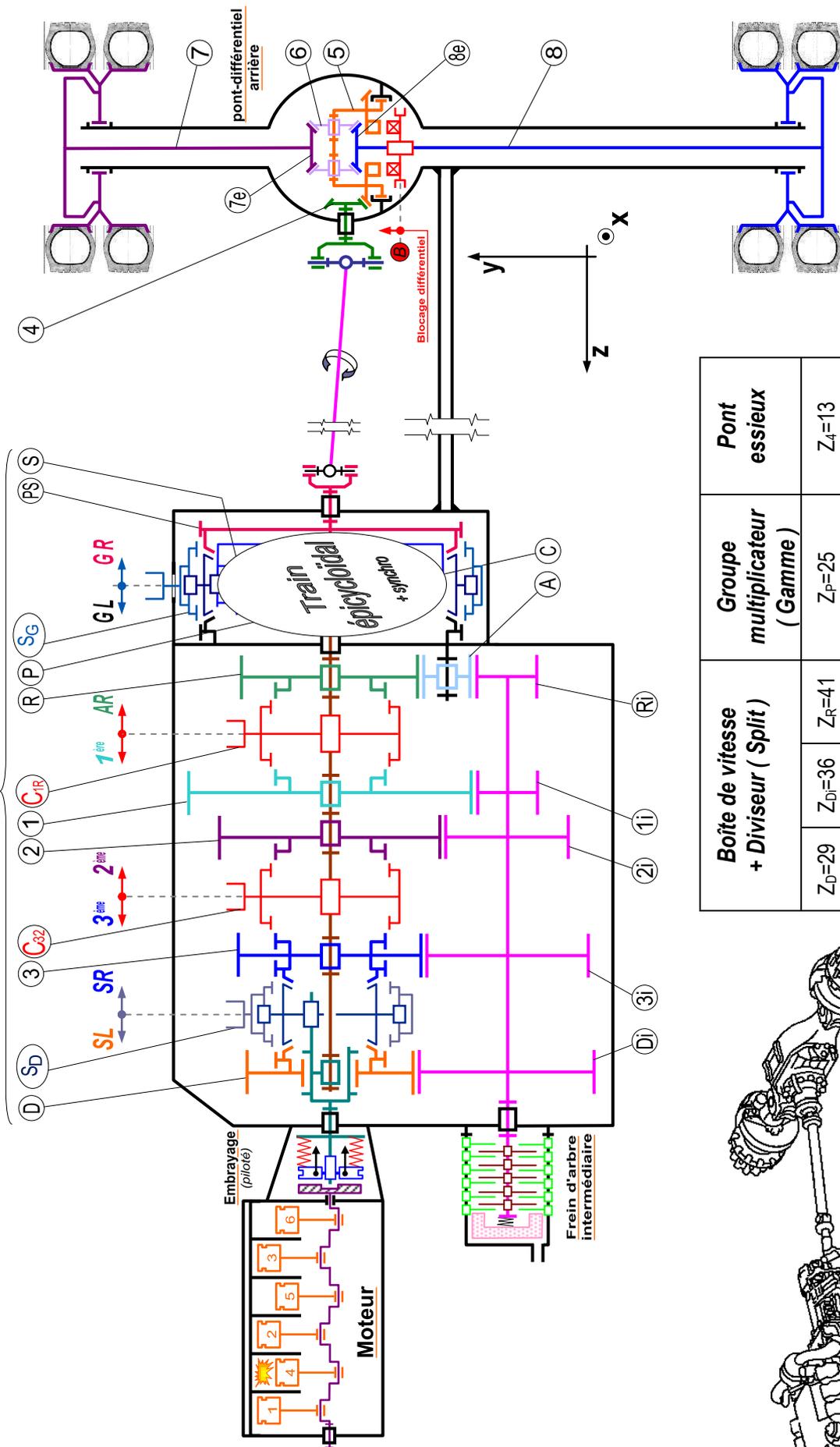
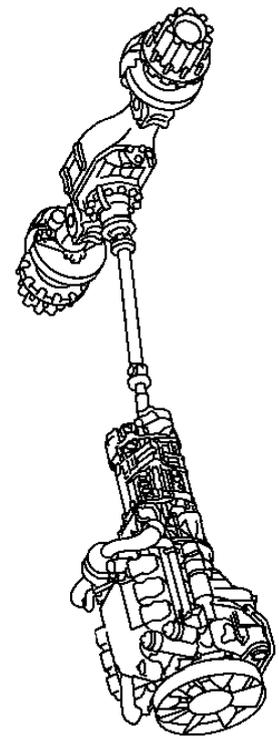


Schéma technologique de la transmission du Mercedes Actros : la boîte PowerShift a été exagérément grossie

Boîte de vitesses



Boîte de vitesse + Diviseur (Split)		Groupe multiplicateur (Gamme)	Pont essieux
Z _D =29	Z _R =41	Z _P =25	Z ₄ =13
Z _I =41	Z _A =19	Z _C =85	Z ₅ =37
Z ₂ =38	Z ₂₁ =23	Z _S =28	Z ₆ =11
Z ₃ =35	Z ₃₁ =34		Z _{6e} =Z _{7e} =12



3. Caractéristiques

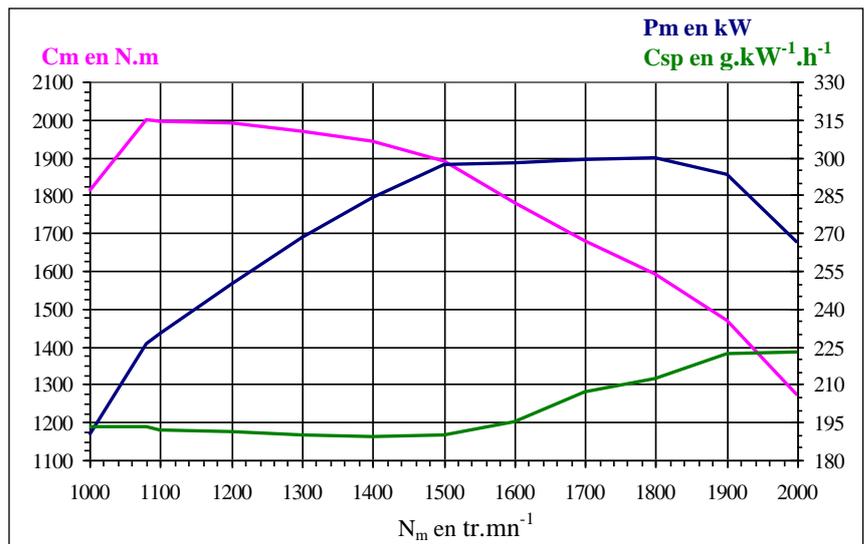
3.1. moteur OM 501 LA Euro5 300kW (410ch)

Type de moteur	OM 501LA.	
Puissance moteur	kW/Ch	300 / 408
	tr.min ⁻¹	1800
Couple moteur maxi	N.m	2000
	tr.min ⁻¹	1080
Régime nominal	tr.min ⁻¹	1800
Alésage	mm	130
Course	mm	150
Cylindrée totale	cm ³	11 946
Rapport volumétrique	ε	17,75
Ordre d'allumage		1-4-2-5-3-6
Nombre de cylindres/disposition		6 en V
Soupapes par cylindre	admission	2
	échappement	2
Mode de fonctionnement	Diesel 4 temps avec injection directe	
Mode de combustion	Turbocompresseur à gaz d'échappement et refroidissement de l'air de suralimentation	
Mode d'injection	Pompe encliquetable individuelle avec système pompe-conduite-injecteur (PLD)	
Commande	Gestion moteur électronique avec injection commandée par électrovalve	



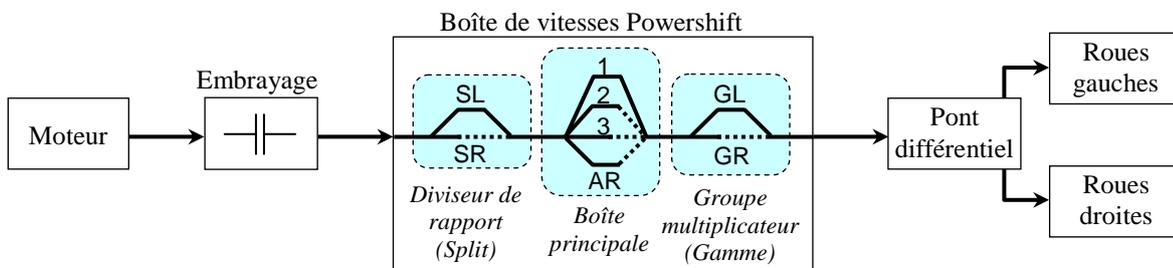
Graphes caractéristiques :

Nm	Pm	Cm	Csp
tr.mn ⁻¹	kW	N.m	g.kW ⁻¹ .h ⁻¹
1000	190	1810	193
1080	226	2000	193
1100	230	1995	192
1200	250	1990	191
1300	268	1970	190
1360	278	1954	189
1400	284	1940	189
1500	297	1890	190
1600	298	1780	195
1700	299	1680	207
1800	300	1590	212
1900	293	1470	222
2000	266	1270	223



3.2. Chaîne de transmission de puissance

a / Synoptique de la chaîne de transmission de puissance



b / Boîte de vitesses : Boîte G211

Marche avant (légende page suivante avec tableau marche arrière)

Rapport	1 ^{ère} L	1 ^{ère} R	2 ^{nde} L	2 ^{nde} R	3 ^{ème} L	3 ^{ème} R	4 ^{ème} L	4 ^{ème} R	5 ^{ème} L	5 ^{ème} R	6 ^{ème} L	6 ^{ème} R
Combinaison	SL + 1 + GL	SR + 1 + GL	SL + 2 + GL	SR + 2 + GL	SL + 3 + GL	SR + 3 + GL	SL + 1 + GR	SR + 1 + GR	SL + 2 + GR	SR + 2 + GR	SL + 3 + GR	SR + 3 + GR
Rapport i _{bv}	14,93	11,67	9,02	7,06	5,63	4,40	3,39	2,65	2,05	1,60	1,28	1,00

Marche arrière

Rapport	AR1	AR2	AR3	AR4
Combinaison	SL + AR + GL	SR + AR + GL	SL + AR + GR	SR + AR + GR
Rapport i_{BV}	-14,93	-11,67	-3,39	-2,65

L : Lent
R : Rapide
AR : Marche arrière

S : Diviseur (split)
G : Groupe multiplicateur (gamme)

Rendement de transmission, en 6R : $\eta_{BV} = 0,98$
 Rendement de transmission, sur les autres rapports : $\eta_{BV} = 0,95$
 Rapport i_{BV} (ω_e/ω_s)



c / Pont différentiel :
 Rendement de transmission : $\eta_p = 0,97$
 Rapport i (ω_e/ω_s) $i_p = 2,846$

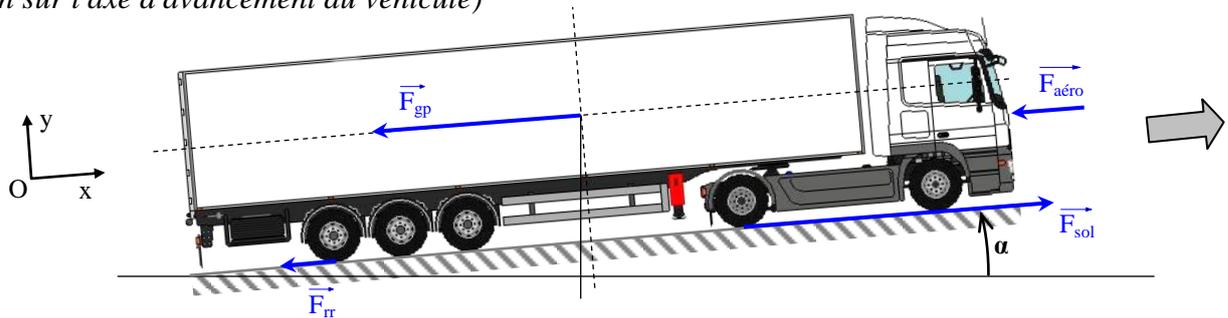
d / Roue
 Pneumatique : **315/70 R 22,5** (rappel : 1 pouce = 25,4 mm)
 Coefficient de résistance au roulement : $k_{rr} = 8/1000$

3.3. Adaptation de la puissance aux conditions de roulage du véhicule

Le rôle de la chaîne d'énergie est de transmettre et d'adapter les paramètres de la puissance en fonction des besoins liés aux conditions de déplacement.

Modélisation simplifiée pour la représentation des actions extérieures s'exerçant sur le véhicule lorsqu'il gravit une pente.

(projection sur l'axe d'avancement du véhicule)

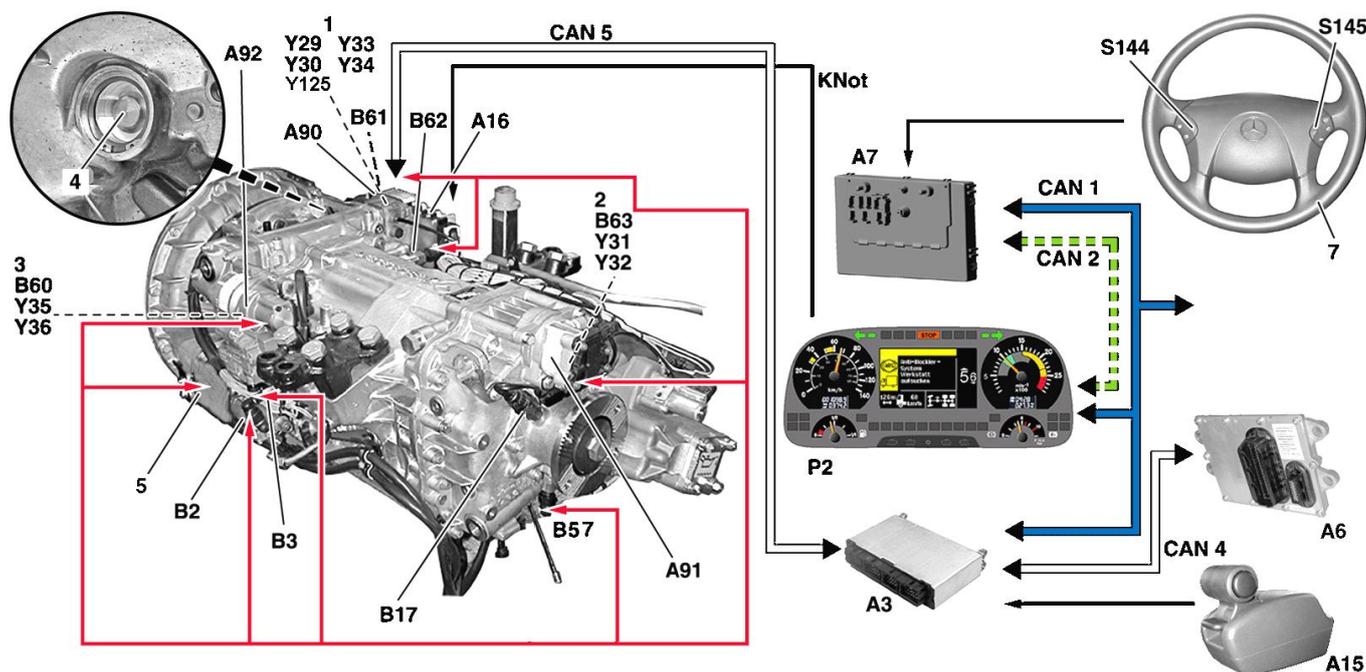


<p>Force de traînée aérodynamique.</p> $F_{aero} = \frac{1}{2} \cdot \rho_{air} \cdot S \cdot Cx \cdot V^2$ <p>(en N)</p>	<p>ρ_{air} : masse volumique de l'air en $kg.m^{-3}$: $\rho_{air} = 1,169 kg.m^{-3}$ S : section frontale du véhicule en m^2 : $S = 8 m^2$ Cx : coefficient de traînée aérodynamique : $Cx = 0,8$ V : vitesse du véhicule en $m.s^{-1}$ (vent nul)</p>
<p>Résultante des forces de résistance au roulement (de toutes les roues).</p> $F_{rr} = m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot k_{rr}$ <p>(en N)</p>	<p>m : masse du véhicule en kg : $m = 26\ 000 kg$ g : accélération de la pesanteur en $m.s^{-2}$: $g = 9,81 m.s^{-2}$ k_{rr} coefficient de résistance au roulement : $k_{rr} = 0,008$ α : angle de la pente en degrés</p>
<p>Force de gravité due à la pente.</p> $F_{gp} = m \cdot g \cdot \sin \alpha$ <p>(en N)</p>	<p>m : masse du véhicule en kg : $m = 26\ 000 kg$ g : accélération de la pesanteur en $m.s^{-2}$: $g = 9,81 m.s^{-2}$ α : angle de la pente en degrés</p>
<p>Action du sol sur les roues motrices (de l'essieu arrière).</p> $F_{sol} = \frac{C_{roue}}{R_{roue}}$ <p>(en N)</p>	<p>C_{roue} : couple moteur à la roue en N.m R_{roue} : rayon de la roue en m</p>

4. Gestion passage des rapports

4.1. Organisation structurelle et fonctionnelle du dispositif de commande des rapports

Interconnexion



- 1 Cylindre de commande de couloir
 3 Cylindre de commande de rapport
 5 Servo-embrayage
 7 Volant multifonction

- 2 Cylindre de commande de gamme
 4 Cylindre de commande de diviseur
 6 Frein de l'arbre intermédiaire

- A3 Calculateur de la régulation de marche (FR) avec module logiciel de régulation de marche (FR) intégré
 A6 Calculateur de la régulation moteur (MR)
 A7 Module de base (GM)
 A15 Transmetteur de la commande des rapports (GS)
 A16 Calculateur de la commande des rapports (GS) avec module logiciel de commande des rapports (GS) intégré
 A90 Module de couloir
 A91 Module de gamme
 A92 Module de rapport

- B2 Capteur de course d'embrayage
 B17 Capteur de vitesse de rotation de l'arbre de sortie de boîte de vitesses (pour tachygraphe)
 B57 Capteur de vitesse de rotation de sortie de boîte
 B61 Capteur couloir (SGE)
 B63 Capteur gamme (SRA)
 B3 Capteur de vitesse de rotation de l'arbre intermédiaire
 B47 Capteur de température d'huile boîte de vitesses
 B60 Capteur rapport (SGG)
 B62 Capteur diviseur (SSP)

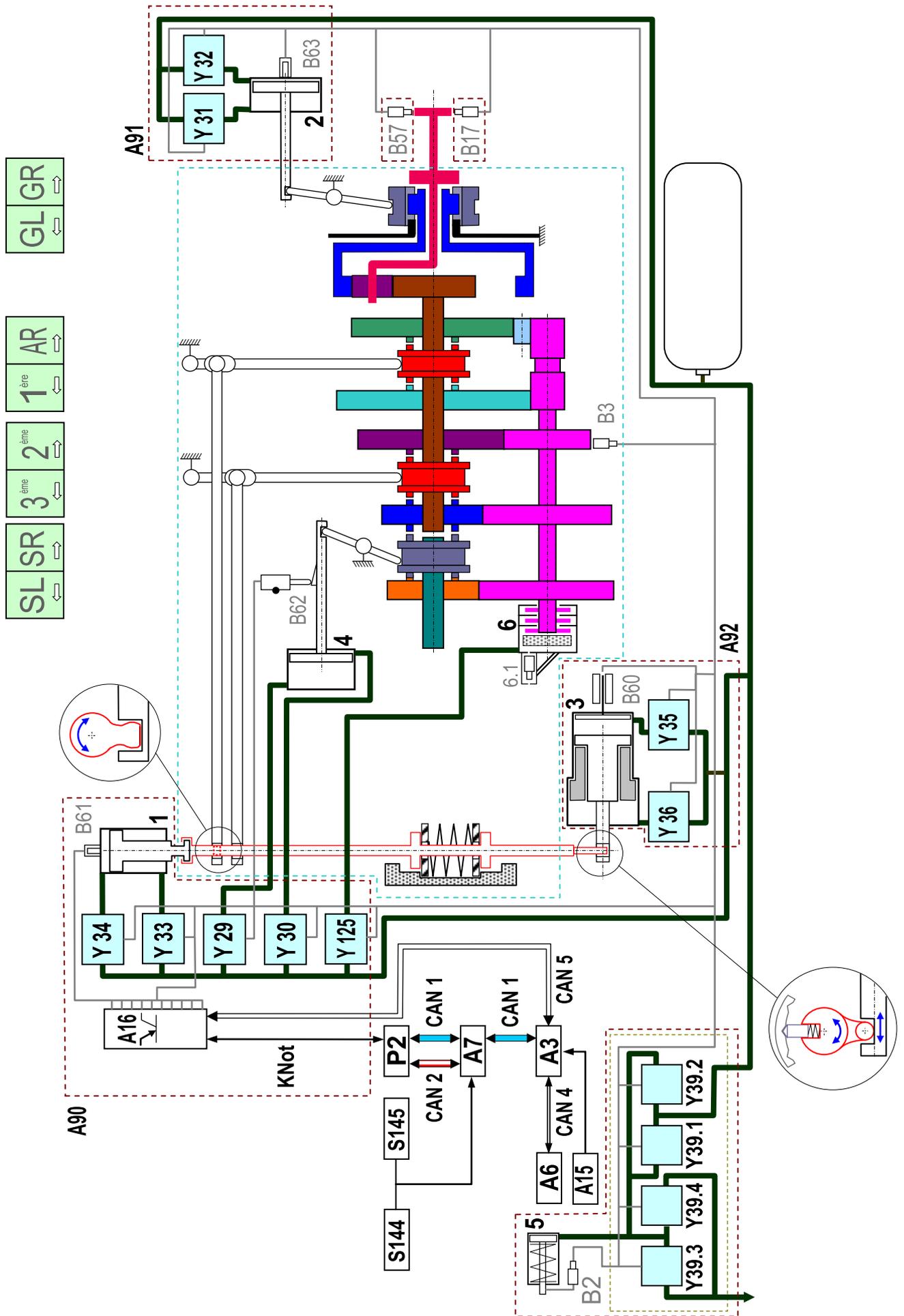
- CAN1 CAN véhicule
 CAN4 CAN moteur

- CAN2 CAN habitacle
 CAN5 CAN boîte de vitesses

- Knot Câble K commande de secours
 P2 Combiné d'instruments (INS)
 S144 Groupe de touches volant multifonction gauche
 S145 Groupe de touches volant multifonction droit

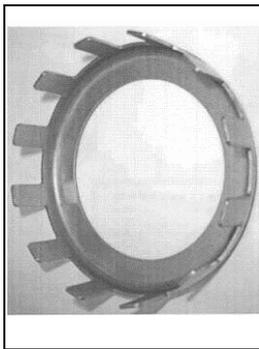
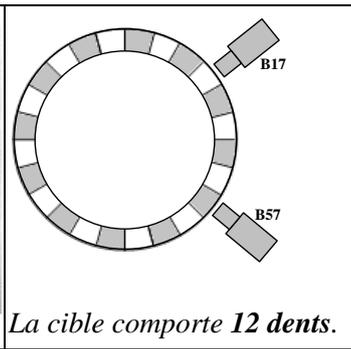
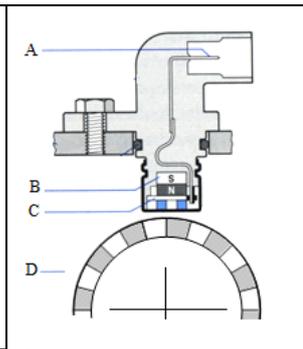
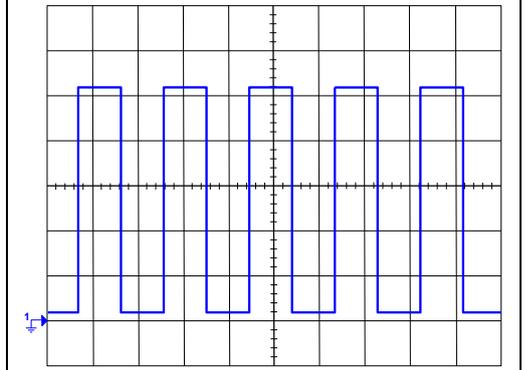
- Y29 Electrovanne diviseur 1 (MS1)
 Y31 Electrovanne gamme 1 (MR1)
 Y33 Electrovanne couloir 1 (MG1)
 Y35 Electrovanne rapports impairs (MUG)
 Y39.1 Electrovanne admission embrayage 1 (MKUB1)
 Y39.3 Electrovanne purge embrayage 1 (MKUE1)
 Y125 Electrovanne frein d'arbre intermédiaire (VGW-B)
 Y30 Electrovanne diviseur 2 (MS2)
 Y32 Electrovanne gamme 2 (MR2)
 Y34 Electrovanne couloir 2 (MG2)
 Y36 Electrovanne rapports pairs (MGG)
 Y39.2 Electrovanne admission embrayage 2 (MKUB2)
 Y39.4 Electrovanne purge embrayage 2 (MKUE2)

Schéma d'organisation structurelle et fonctionnelle de la boîte de vitesses

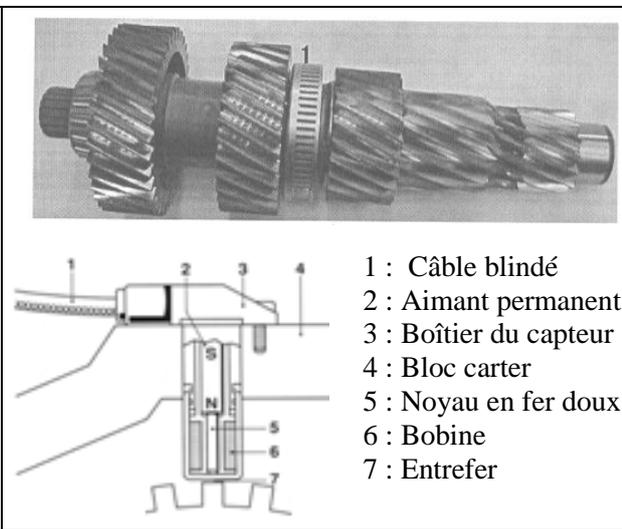
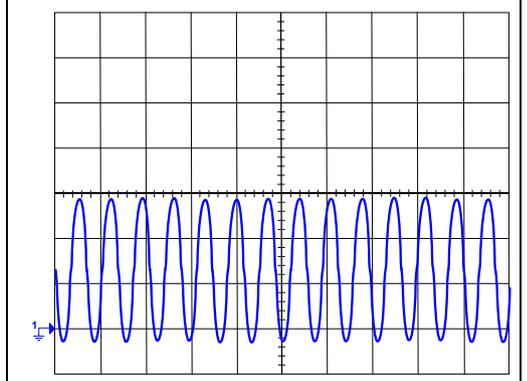


4.2. La mesure du régime de rotation de l'arbre de sortie de boîte et de l'arbre intermédiaire

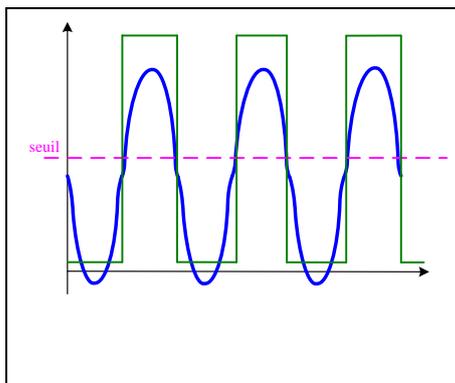
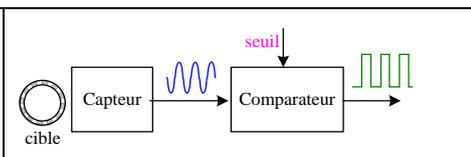
Le capteur de mesure du régime de rotation de l'arbre de sortie de boîte de vitesses, B57 (capteur à effet Hall).

	 <p>La cible comporte 12 dents.</p>	 <p>A : connecteur B : Aimant permanent C : Plaque de Hall D : Cible</p>	<p>Signal relevé à l'oscilloscope pour une vitesse moteur de 1360 tr.min⁻¹ en 6R.</p>  <p>Calibre : 5V/div ; base temps : 2ms/div</p>
<p>La cible est utilisée par 2 capteurs : B57 : transmetteur de vitesse de sortie de boîte B17 : transmetteur de vitesse vers le tachygraphe</p>			

Le capteur de mesure du régime de rotation de l'arbre intermédiaire, B3 (capteur inductif à réluctance variable).

 <p>La cible du capteur de vitesse de l'arbre intermédiaire comporte 60 dents.</p>	 <p>1 : Câble blindé 2 : Aimant permanent 3 : Boîtier du capteur 4 : Bloc carter 5 : Noyau en fer doux 6 : Bobine 7 : Entrefer</p>	<p>Signal relevé à l'oscilloscope pour une vitesse moteur de 1360 tr.min⁻¹ en 6R.</p>  <p>Calibre : 2V/div ; base temps : 1ms/div</p>
--	--	--

Principe de détection du signal généré par le capteur inductif.

	 <p>Le signal généré par la bobine du capteur est d'allure sinusoïdale. Sa fréquence est fonction du nombre de dents et de la vitesse de rotation de la cible. Son amplitude est fonction de l'entrefer et de la vitesse de rotation de la cible.</p>	<p>Traitement du signal : Le calculateur reçoit le signal sinusoïdal, un comparateur à un seuil permet de le transformer en signal carré exploitable par le calculateur. Lorsque le signal capteur est en dessous du seuil, le signal de sortie est au niveau bas. Lorsque le signal capteur est au-dessus du seuil, le signal de sortie est au niveau haut. Le seuil du comparateur est de 2 volts.</p>
--	--	--

4.3. Procédure de commande des rapports

Le crabotage permet de lier l'arbre qui porte le crabot (glissière) au pignon fou que l'on veut solidariser. Pour que le crabotage s'effectue il faut que le crabot et le pignon fou aient la même vitesse de rotation.

Relais diviseur :

Le crabotage des pignons D ou 3 sur l'arbre primaire est assuré par le synchroniseur S_D, l'égalité des vitesses est obtenue par frottement des cônes de friction qui absorbent l'énergie cinétique des pièces en mouvement.

Groupe multiplicateur :

Le crabotage de la couronne sur le bâti ou sur le porte-satellite (arbre sortie de boîte) est assuré par le synchroniseur S_G , l'égalité des vitesses est obtenue par le frottement des cônes de friction.

Boîte de vitesses :

Le crabotage des pignons 3, 2, 1, R sur l'arbre secondaire est assuré par les crabots C_{32} ou C_{1R} , mais ils ne disposent pas de cônes de synchronisation. Il faut donc que la vitesse du pignon que l'on veut craboter sur l'arbre secondaire coïncide avec celle de l'arbre secondaire. Le constructeur a défini que l'écart de vitesse maximale entre pignon et arbre pour que le crabotage se fasse sans craquement est de **50 tr.min⁻¹**.

Le calculateur de gestion de boîte de vitesses doit donc mesurer la vitesse de l'arbre secondaire et celle du pignon à craboter afin de définir à quel instant le crabotage peut se faire.

Pour calculer la vitesse de rotation de l'arbre secondaire, il utilise l'information donnée par le capteur B57 qui mesure la vitesse de l'arbre de sortie de boîte. Pour mesurer la vitesse des pignons, il utilise l'information donnée par le capteur B3 qui mesure la vitesse de l'arbre intermédiaire.

Lors de la montée de rapport, ces deux informations vitesse permettent au calculateur de gestion de boîte de vitesses de commander le frein d'arbre intermédiaire: il actionne l'électrovanne Y125 jusqu'à ce que la vitesse du pignon fou que l'on veut craboter atteigne la vitesse de l'arbre secondaire + 50 tr.min⁻¹, à ce moment il libère le frein intermédiaire en arrêtant de commander l'électrovanne Y125, afin de permettre le crabotage du pignon fou sur l'arbre secondaire.

Lors de descente de rapport, ces deux informations permettent au calculateur de gestion de boîte de vitesses de demander le ré-embrayage et l'augmentation du régime moteur au calculateur de gestion moteur pour amener le pignon fou à la vitesse de l'arbre secondaire (+ 50 tr.min⁻¹) afin de permettre le crabotage du pignon fou sur l'arbre secondaire.

Description des actions successives commandées par le calculateur de commande des rapports (A16) pour chaque passage de rapport.

Tableau des vitesses des arbres et des pignons de la boîte de vitesses en fonction du rapport engagé pour une vitesse de rotation du moteur de 1360 tr.min⁻¹

Rapport Bv	Valeurs en fonctionnement normal (réelles)								Vvéh km.h ⁻¹
	Arbre primaire tr.min ⁻¹	pignon D tr.min ⁻¹	Arbre intermédiaire tr.min ⁻¹	pignon 1 tr.min ⁻¹	pignon 2 tr.min ⁻¹	pignon 3 tr.min ⁻¹	Arbre secondaire tr.min ⁻¹	sortie BV tr.min ⁻¹	
1L	1360	1360	1096	401	663	1064	401	91	6,0
1R	1360	1738	1400	512	847	1360	512	116	7,7
2L	1360	1360	1096	401	663	1064	663	151	10,0
2R	1360	1738	1400	512	847	1360	847	193	12,7
3L	1360	1360	1096	401	663	1064	1064	242	16,0
3R	1360	1738	1400	512	847	1360	1360	309	20,5
4L	1360	1360	1096	401	663	1064	401	401	26,5
4R	1360	1738	1400	512	847	1360	512	512	33,9
5L	1360	1360	1096	401	663	1064	663	663	43,9
5R	1360	1738	1400	512	847	1360	847	847	56,1
6L	1360	1360	1096	401	663	1064	1064	1064	70,5
6R	1360	1738	1400	512	847	1360	1360	1360	90,0

Nous allons présenter la succession des phases de passage de rapports pour :

▣ Montée des rapports

➤ Passage de 5L (SL + 2 + GR) à 6L (SL + 3 + GR)

Conditions initiales :

Le véhicule roule à 43,9 km.h⁻¹, l'arbre secondaire est lié au pignon 2, l'arbre primaire est lié au pignon D.

Régime de l'arbre primaire	Régime de l'arbre secondaire	Régime du pignon D	Régime du pignon 2	Régime du pignon 3	Régime de l'arbre de sortie de BV	Vitesse véhicule
1360 tr.min ⁻¹	663 tr.min ⁻¹	1360 tr.min ⁻¹	663 tr.min ⁻¹	1064 tr.min ⁻¹	663 tr.min ⁻¹	43,9 km.h ⁻¹

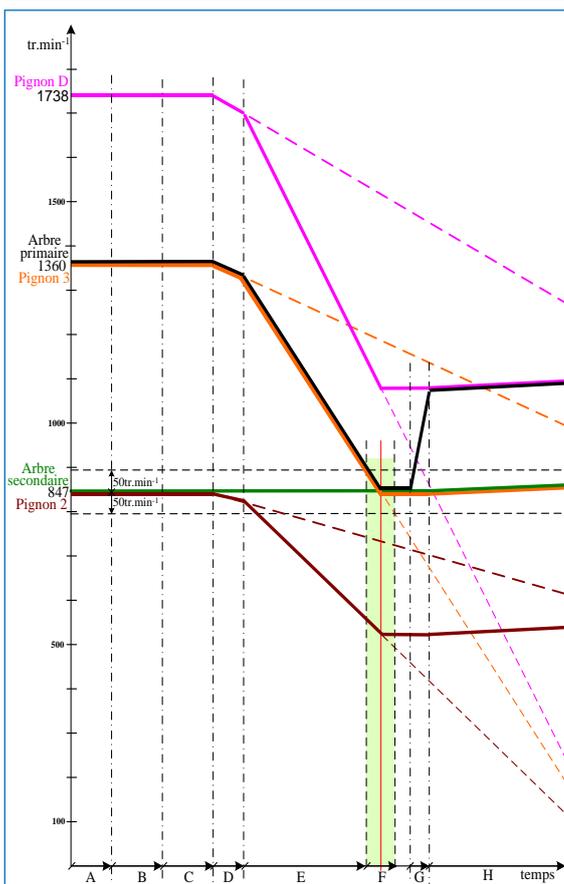
Actions	Description des conditions de fonctionnement et des opérations effectuées
Débrayer :	La liaison entre l'arbre primaire et le moteur est rompue. Le calculateur d'injection commande la diminution du régime moteur. L'arbre primaire est toujours en prise, il continue de tourner à 1360 tr.min ⁻¹ .
Désaccoupler le crabot C ₃₂ du pignon 2 :	L'arbre intermédiaire est libéré de l'arbre secondaire, sa vitesse diminue ainsi que celle de tous les pignons fous qui lui sont liés. Le crabot C ₃₂ tourne toujours à 663 tr.min ⁻¹
Freiner l'arbre intermédiaire :	Le frein est commandé pour réduire la vitesse de l'arbre intermédiaire Il faut réduire la vitesse du pignon 3 de 1064 tr.min ⁻¹ à 663 tr.min ⁻¹ . La vitesse de l'arbre intermédiaire diminue ainsi que celle de tous les pignons fous et la vitesse de l'arbre primaire diminue rapidement. Lorsque la vitesse du pignon 3 atteint la vitesse de l'arbre secondaire + 50 tr.min ⁻¹ , le frein est relâché.
Accoupler le crabot C ₃₂ sur le pignon 3 :	Lorsque la vitesse du pignon 3 atteint la vitesse de l'arbre secondaire (663 tr.min ⁻¹), on crabote C ₃₂ sur le pignon 3.
Embrayer :	La vitesse du moteur augmente jusqu'à 847 tr.min ⁻¹ , une fois embrayé, le conducteur accélère pour fournir de la puissance, le régime moteur augmente jusqu'à 1360 tr.min ⁻¹ qui correspond à une vitesse de 70,5 km.h ⁻¹ .

➤ **Passage de 5R (SR + 2 + GR) à 6L (SL + 3 + GR)**

Conditions initiales :

Le véhicule roule à 56,1 km.h⁻¹, l'arbre secondaire est lié au pignon 2, l'arbre primaire est lié au pignon 3.

Régime de l'arbre primaire	Régime de l'arbre secondaire	Régime du pignon D	Régime du pignon 2	Régime du pignon 3	Régime de l'arbre de sortie de BV	Vitesse véhicule
1360 tr.min ⁻¹	847 tr.min ⁻¹	1738 tr.min ⁻¹	847 tr.min ⁻¹	1360 tr.min ⁻¹	847 tr.min ⁻¹	56,1 km.h ⁻¹



Phase	Actions	Description des conditions de fonctionnement et des opérations effectuées
A	Conditions initiales	Le véhicule roule à 56,1 km.h ⁻¹ en 5R, le moteur tourne à 1360 tr.min ⁻¹ .
B	Débrayer :	La liaison entre l'arbre primaire et le moteur est rompue. Le calculateur d'injection commande la diminution du régime moteur. L'arbre primaire est toujours en prise, il continue à tourner à 1360 tr.min ⁻¹
C	Désaccoupler le crabot C ₃₂ du pignon 2 :	L'arbre intermédiaire est libéré de l'arbre secondaire, sa vitesse diminue ainsi que celle de tous les pignons fous qui lui sont liés. Le crabot C ₃₂ tourne toujours à 847 tr.min ⁻¹ .
D	Délais de non chevauchement	Diminution de la vitesse par frottements internes.
E	Plage de freinage Freiner l'arbre intermédiaire	Le frein est commandé pour freiner l'arbre intermédiaire. La vitesse de l'arbre intermédiaire diminue ainsi que celle de tous les pignons fous et l'arbre primaire diminue rapidement. Lorsque la vitesse du pignon 3 atteint la vitesse de l'arbre secondaire + 50 tr.min ⁻¹ , le frein est relâché.
F	Plage de crabotage Accoupler le crabot C ₃₂ sur le pignon 3 :	Dans cette plage, la vitesse du pignon 3 est égale à la vitesse de l'arbre secondaire ± 50 tr.min ⁻¹ (897 tr.min ⁻¹ à 797 tr.min ⁻¹) on crabote C ₃₂ sur le pignon 3. L'arbre intermédiaire tourne à 872 tr.min ⁻¹ .
G	Désaccoupler le synchro S _D du pignon 3. Accoupler le synchro S _D sur le pignon D :	Arbre primaire désaccouplé du pignon 3, le synchro S _D donc l'arbre primaire perd de la vitesse. Le pignon D tourne à 1082 tr.min ⁻¹ , Il faut freiner l'arbre primaire jusqu'à 1082 tr.min ⁻¹ , l'inertie de l'arbre primaire, synchro et embrayage.
H	Embrayer :	La vitesse moteur augmente jusqu'à 1082 tr.min ⁻¹ , une fois embrayé, le conducteur accélère pour fournir de la puissance, le régime moteur augmente jusqu'à 1360 tr.min ⁻¹ qui correspond à une vitesse de 70,5 km.h ⁻¹ .

4.4. Description des composants

4.4.1. Frein d'arbre intermédiaire

- 1 Carter de frein d'arbre intermédiaire
- 2 Arbre intermédiaire
- 3 Pièce de pression (avec ressort)
- 4 Piston
- 5 Disques extérieurs (disques en acier ×6)
- 6 Disques intérieurs (disques de friction ×5)
- 7 Vanne d'échappement rapide
- 8 Alimentation en huile
- 9 Conduit d'air (arrivée), *rouge*
- 10 Joint piston (pneumatique)
- 11 Joint piston (côté huile de boîte)

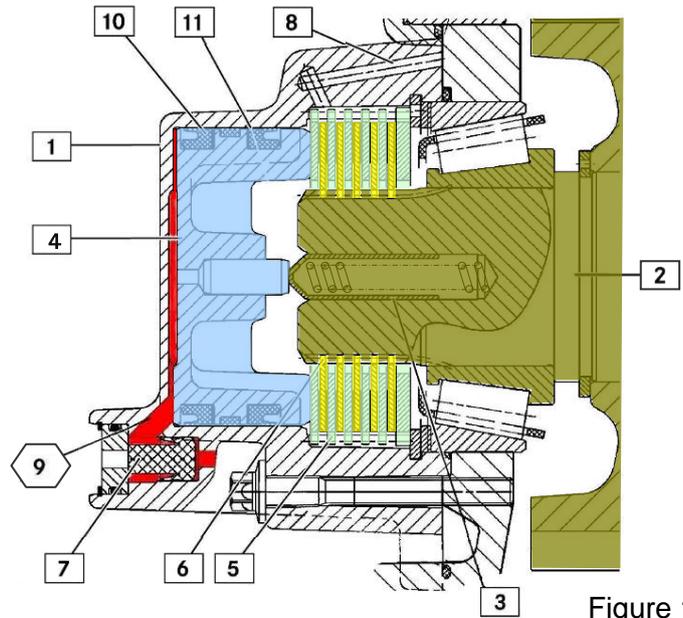


Figure 1

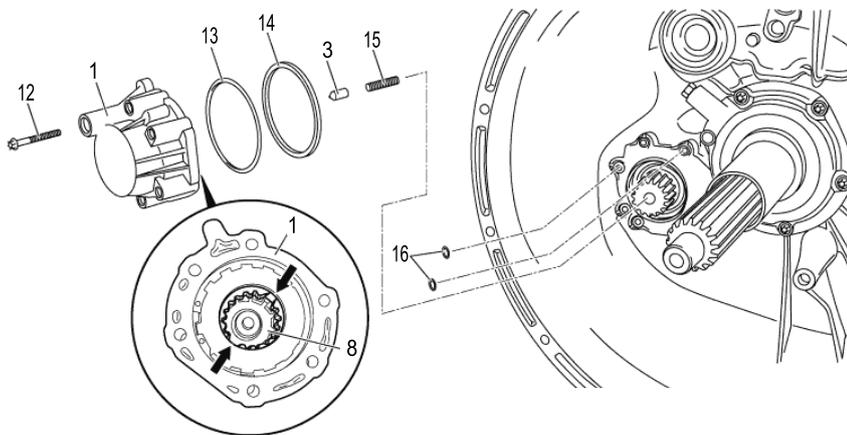


Figure 2

- 12 Vis
- 13 Joint torique
- 14 Rondelle de compensation
- 15 Ressort de pression
- 16 Joints toriques

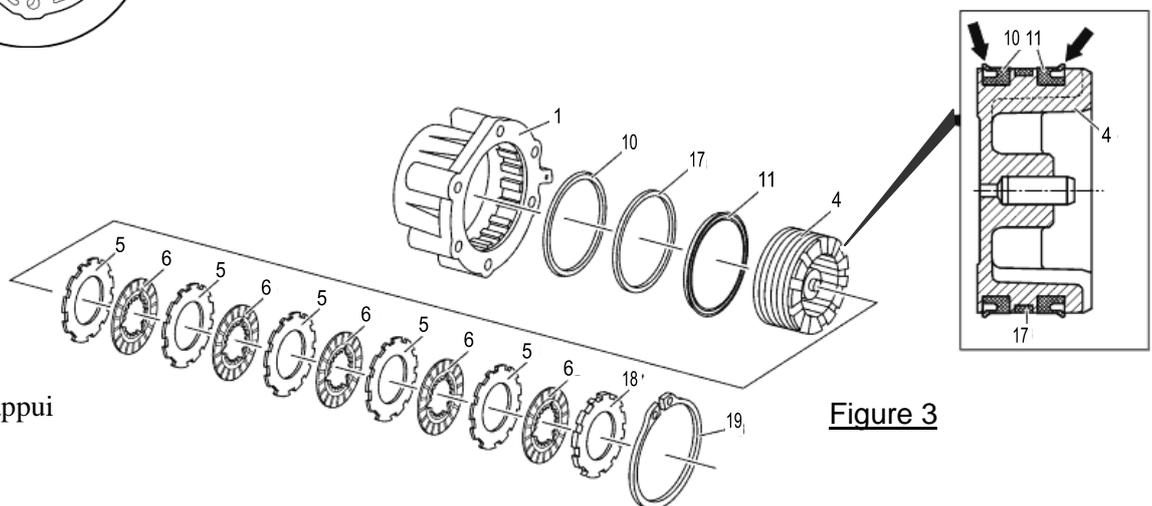


Figure 3

- 17 Bague d'appui
- 18 Rondelle
- 19 Circlip

Valeurs de contrôle et de réglage : Cote de contrôle des disques intérieurs : neuf \Rightarrow 2,5 mm
limite d'usure \Rightarrow 2,3 mm

Caractéristiques disques de friction : $\varnothing_{\text{int}} = 64,5 \text{ mm}$; $\varnothing_{\text{ext}} = 87 \text{ mm}$

Course piston : 1 mm

Pression de service : env. 8,5 bars

Remarque : Le frein d'arbre intermédiaire n'est utilisé que pour la montée des rapports.

4.4.2. Modules électro - pneumatiques

Fonctionnement lors du passage des rapports impairs de la boîte de vitesses :

Seule l'électrovanne des rapports impairs (MUG, Y35) est activée. La pression s'applique dans la chambre droite du vérin et a pour effet de déplacer le piston du cylindre de rapport et entraîne le piston flottant.

L'air peut s'échapper de la chambre de travail opposée par l'électrovanne rapports pairs (MGG, Y36), non pilotée, et mis à l'atmosphère par le raccord d'échappement (3). De surcroît, l'espace entre le piston flottant et la surface du cylindre de commande est relié directement en direction du raccord de purge (3).

Fonctionnement lors du passage des rapports pairs ou de la marche arrière de la boîte de vitesses :

Seule l'électrovanne rapports pairs (MGG, Y36) est activée par le calculateur de commande des rapports (A16). Elle dirige l'air comprimé présent au niveau du raccord de pression d'alimentation (1) dans la chambre de travail gauche du cylindre de commande de rapport. Le piston flottant se trouve en appui dans la position de commande "Neutre" et le piston du cylindre de rapport est complètement rentré.

Fonctionnement lors du passage des rapports en position neutre :

Toutes les électrovannes sont activées. Les deux chambres de travail sont alimentées. Le piston du cylindre de rapport se trouve alors dans la position de commande "Neutre" (N).

Le capteur de rapport (B60) informe le calculateur de la position du vérin.

➤ Module de rapport boîte

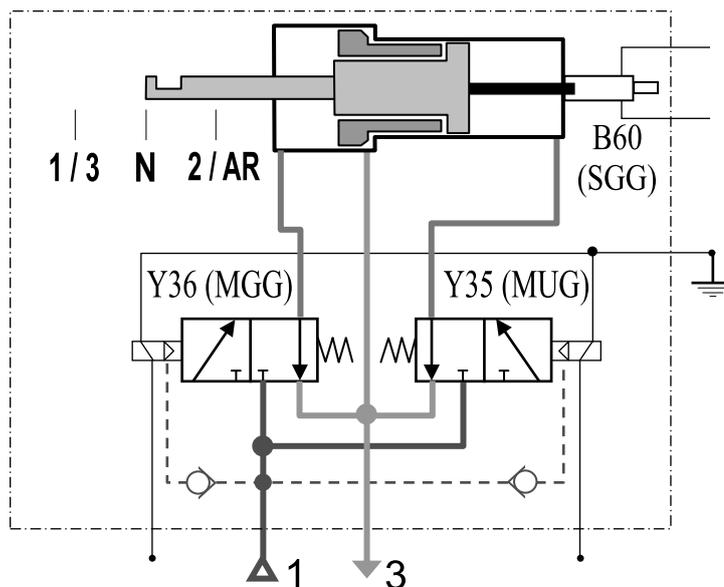
1 Pression d'alimentation

3 Echappement

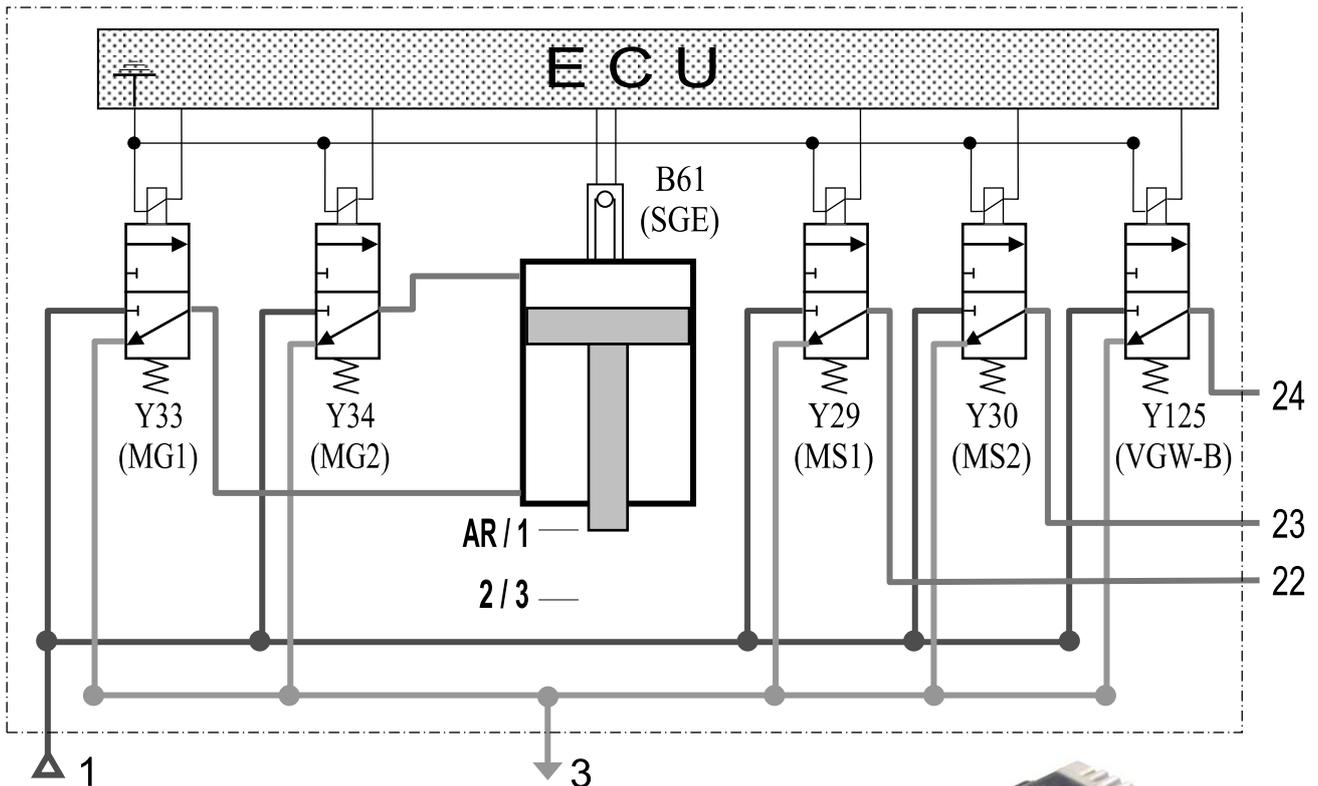
B60 Capteur de rapport

Y36 Electrovanne rapports pairs (MGG)

Y35 Electrovanne rapports impairs (MUG)

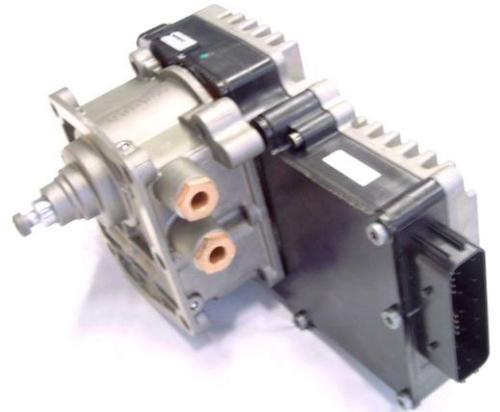


➤ **Module de couloir boîte de vitesses Mercedes PowerShift à 12 rapports**



- 1 Alimentation en air comprimé
- 3 Echappement
- 22 Canal d'air comprimé cylindre de diviseur "low" lent
- 23 Canal d'air comprimé cylindre de diviseur "high" rapide
- 24 Conduite d'air comprimé frein d'arbre intermédiaire (VGW-B)

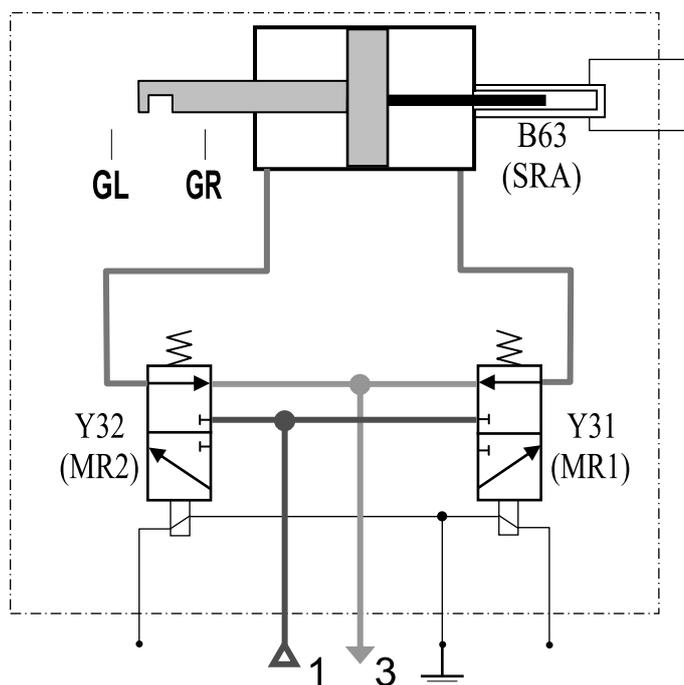
Sur les boîtes de vitesses à 12 rapports avec Mercedes PowerShift, le couloir 2/3 est commandé par le biais de Y34 (MG2). Y33 (MG1) commande le couloir de la position neutre (AR/1).



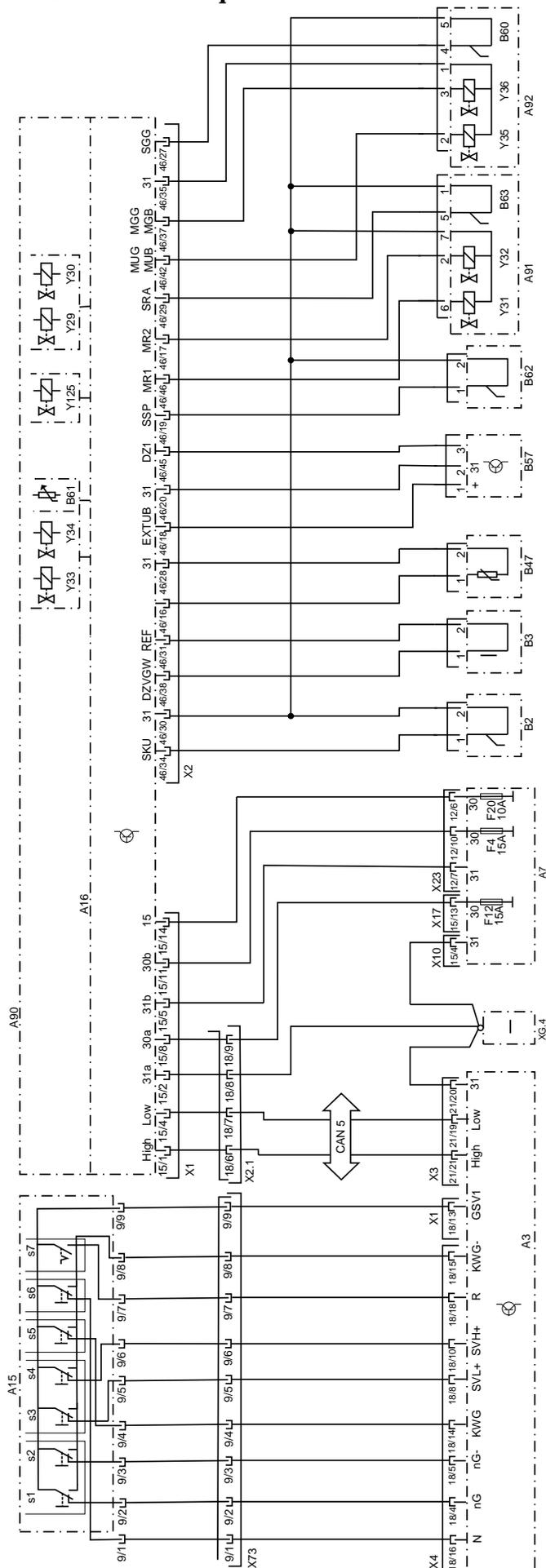
➤ **Module de gamme**

- 1 Pression d'alimentation
- 3 Echappement

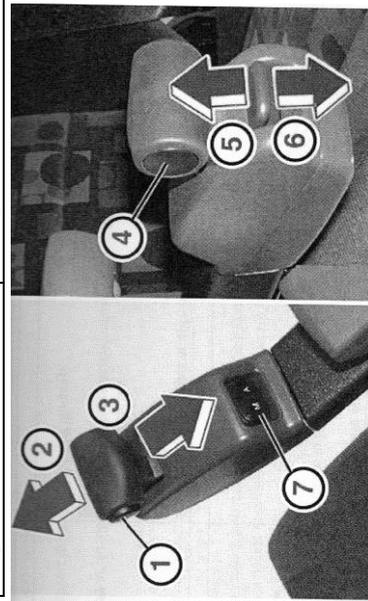
- B63 Capteur gamme
- Y31 Électrovanne gamme "low" lent (MR1)
- Y32 Électrovanne gamme "high" rapide (MR2)



4.5. Schéma électrique



Changement d'un demi-rapport	Monter les rapports : HW vers le haut Rétrograder : HW vers le bas
Changement d'un rapport	Monter les rapports : FT et SH vers l'avant Descendre les rapports : FT et SH vers l'arrière
Changement d'un rapport et demi	Monter les rapports : HW vers le haut, puis FT et SH vers l'avant Descendre les rapports : HW vers le bas, puis FT et SH vers l'arrière
Mettre la boîte au point mort	Actionner le NT
Enclencher la marche arrière	Mettre la boîte de vitesse au point mort, puis FT et SH vers l'arrière
Enclencher un rapport adapté à l'état de marche	Monter les rapports : SH vers l'avant Rétrograder : SH vers l'arrière



Norme DIN
30 : Plus permanent (+bat)
31 : Masse

- Levier de vitesses (SH), (2-3)**
 Celui-ci est actionné pour chaque changement de rapport. Pour monter les rapports, on le pousse vers l'avant et, pour descendre les rapports, vers l'arrière.
- Manette de demi-rapport (HW), (5-6)**
 Celle-ci monte et descend les demi-rapports. Lorsqu'on la relâche, la manette revient dans sa position de base à centrage par ressort.
- Commutateur de sélection (WS), (7)**
 Le commutateur de sélection permet de choisir entre le mode automatique et le mode manuel.
- Touche de point mort (NT), (4)**
 Celle-ci se trouve à droite du levier de vitesses et enclenche le point mort. Le NT est analysé par le SH et la HW seulement en position de base.
- Touche de fonction (FT), (1)**
 Celle-ci se trouve à gauche du levier de vitesses et, en combinaison avec le SH actionné, change les rapports entiers et la marche arrière.

A15	Transmetteur commande des rapports (GS)
A15s1	Levier principal UP
A15s2	Levier principal DOWN
A15s3	Levier 1/2 rapport UP
A15s4	Levier 1/2 rapport DOWN
A15s5	Contacteur fonction
A15s6	Contacteur NEUTRE
A15s7	Contacteur AUTO/MAN