



# **Boîtes de vitesses automatiques 4 HP 22 et 4 HP 22 EH**

**Construction et fonctionnement  
Document de travail**

**BMW AG  
Service Après-Vente**

# SOMMAIRE

<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Introduction . . . . .	2
Architecture de la boîte de vitesses automatique 4 HP 22 . . . . .	3
Le convertisseur de couple . . . . .	4-8
La pompe à huile . . . . .	9
Les embrayages à lamelles . . . . .	10-12
Les roues libres . . . . .	13
Le train épicycloïdal . . . . .	14-16
Éléments solidarisés . . . . .	17
La commande hydraulique de la boîte 4 HP 22 . . . . .	18-20
Le régulateur centrifuge . . . . .	21
Le verrouillage de parcage . . . . .	22
La commande électronique-hydraulique de la boîte de vitesses 4 HP 22 EH . . . . .	23-26
Schéma électrique 4 HP 22 EH . . . . .	27
Remarques générales, caractéristiques techniques . . . . .	28

## INTRODUCTION

La boîte de vitesses automatique 4 HP 22 se compose d'un convertisseur de couple avec embrayage de blocage du convertisseur intercalé entre celui-ci et le train épicycloïdal à 4 rapports. Cette boîte automatique constitue une évolution de la boîte 3 HP 22 utilisée par BMW depuis relativement longtemps déjà. En ce qui concerne la boîte 4 HP 22, la 4<sup>e</sup> vitesse est une surmultipliée qui permet de rouler avec un régime moteur plus bas pour une même vitesse de déplacement de la voiture et contribue de ce fait à abaisser le niveau de bruit de même que la consommation de carburant, l'économie d'essence ainsi permise pouvant atteindre de 10 à 15 p.c.. Les accélérations d'une voiture avec boîte 4 HP 22

sont identiques à celles obtenues avec la boîte 3 HP 22 pour autant que la démultiplication du pont arrière n'ait pas été modifiée.

Les voitures comportant l'Electronique Digitale Moteur (Motronic) peuvent être équipées de la boîte 4 HP 22 EH à commande électronique-hydraulique par micro-ordinateur reliée au Motronic.

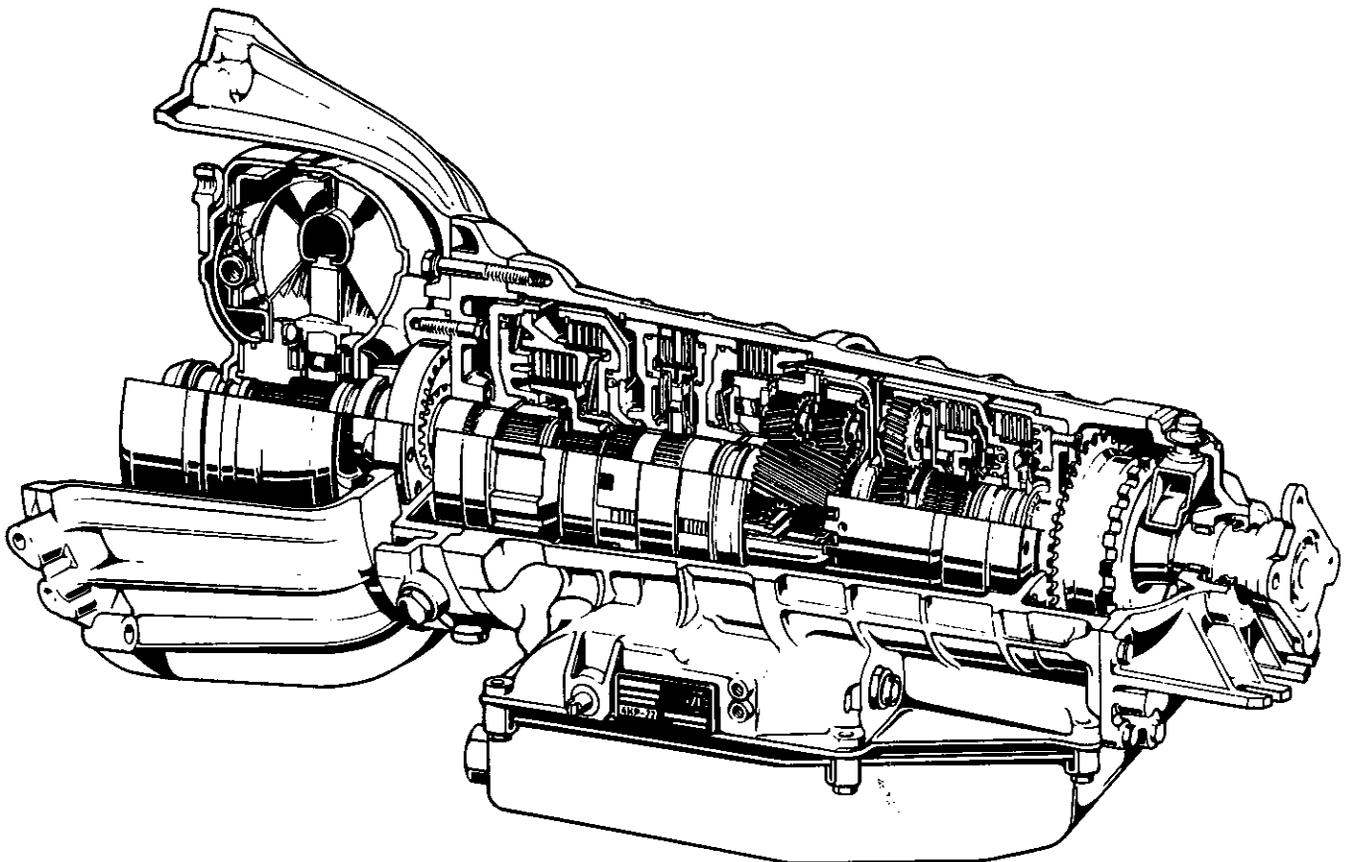
La boîte 4 HP 22 EH comporte un sélecteur additionnel de programme installé sur la console du levier sélecteur de la boîte.

Ce sélecteur permet de choisir l'un des trois programmes suivants: **Programme E:** c'est le programme qui permet une conduite économique avec un niveau élevé de confort et une faible consommation d'essence.

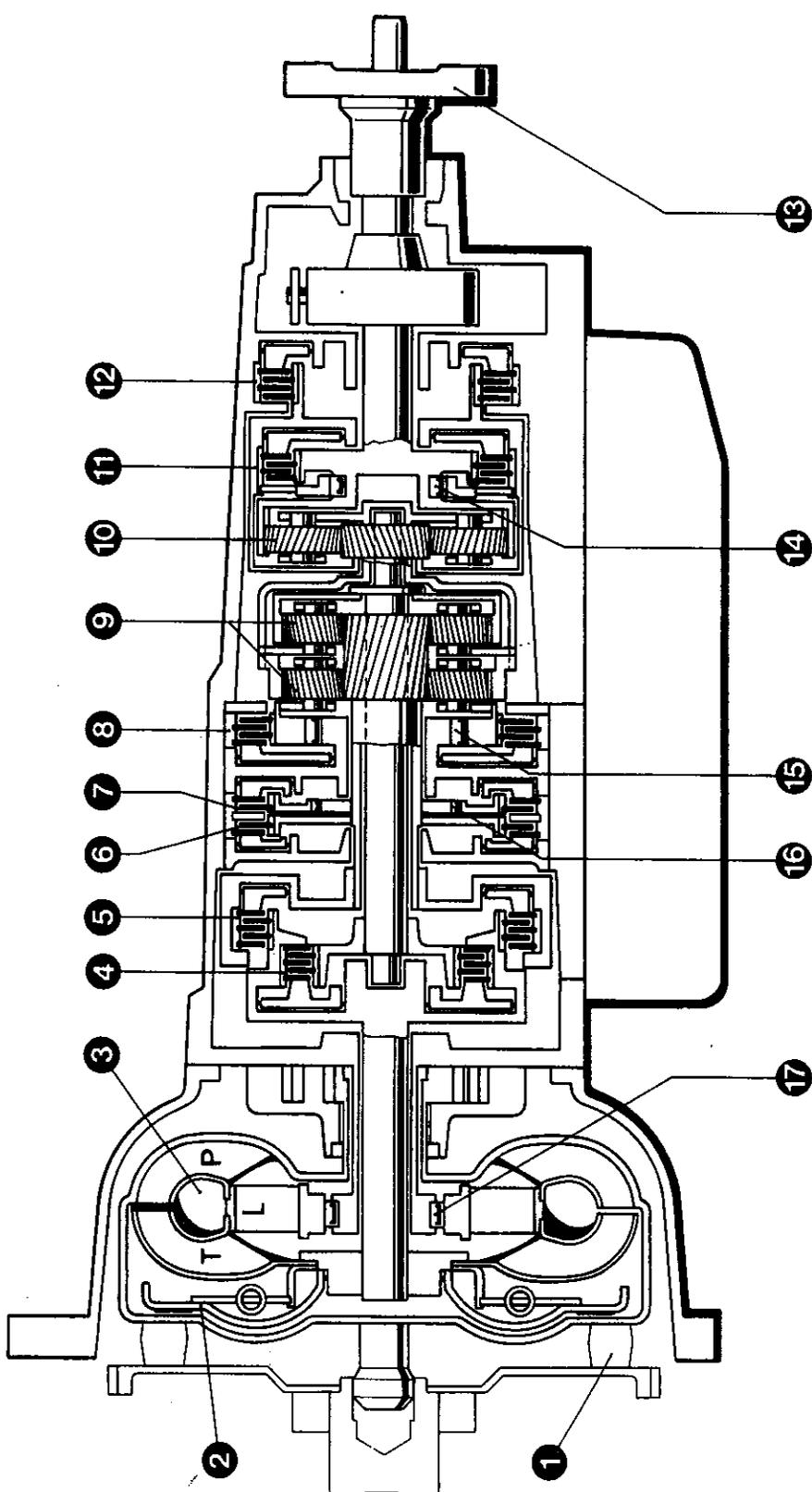
**Programme S:** il est axé sur une conduite sportive plus dure. Il ne prévoit pas l'utilisation du 4<sup>e</sup> rapport (overdrive) et il pousse plus haut les régimes dans les divers rapports qui peuvent donc être sollicités à fond.

**Programme 1-2-3:** c'est le programme "manuel" qui, contrairement aux deux autres permet de bloquer la transmission sur n'importe lequel des trois rapports inférieurs et la boîte ne peut passer ici automatiquement ni sur un rapport supérieur ni rétrograder.

A l'arrêt du moteur, le sélecteur de programme revient de lui-même sur la position correspondant au programme économique (E).



# ARCHITECTURE DE LA BOITE DE VITESSES AUTOMATIQUE 4 HP 22

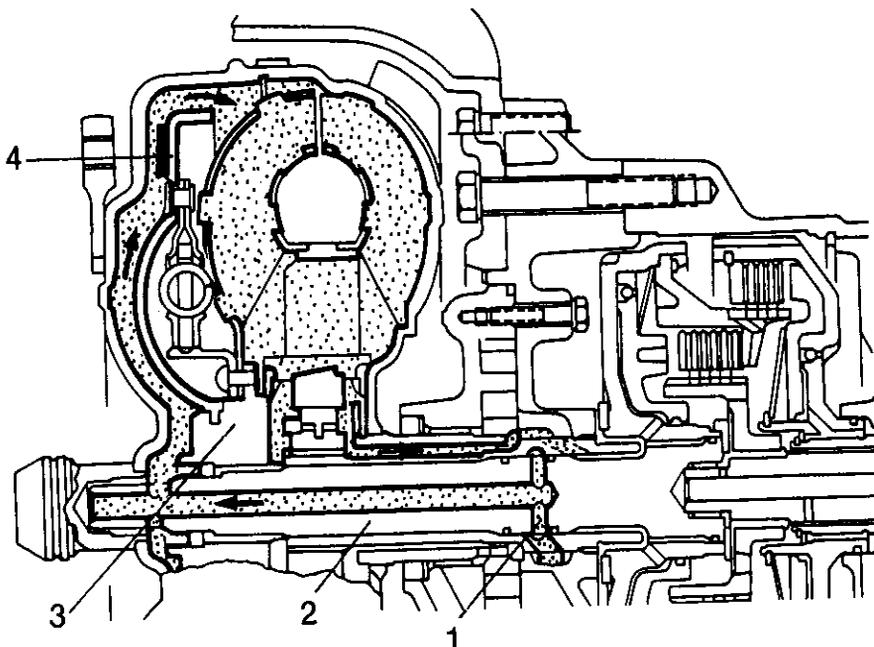


- 1 Entraînement (moteur)
- 2 Embrayage de blocage (court-circuitage) du convertisseur de couple hydrodynamique
- 3 Convertisseur de couple hydrodynamique
- P: Pompe (impulseur)
- L: Réacteur (stator)
- T: Turbine (récepteur)
- 4 Embrayage à lamelles tournant A
- 5 Embrayage à lamelles tournant B
- 6 Embrayage à lamelles fixe (frein) C'
- 7 Embrayage à lamelles fixe (frein) C
- 8 Embrayage à lamelles fixe (frein) D
- 9 Train épicycloïdal
- 10 Train épicycloïdal pour 4e rapport
- 11 Embrayage à lamelles tournant E
- 12 Embrayage à lamelles fixe (frein) F
- 13 Bride de sortie
- 14 Roue libre
- 15 Roue libre
- 16 Roue libre
- 17 Roue libre

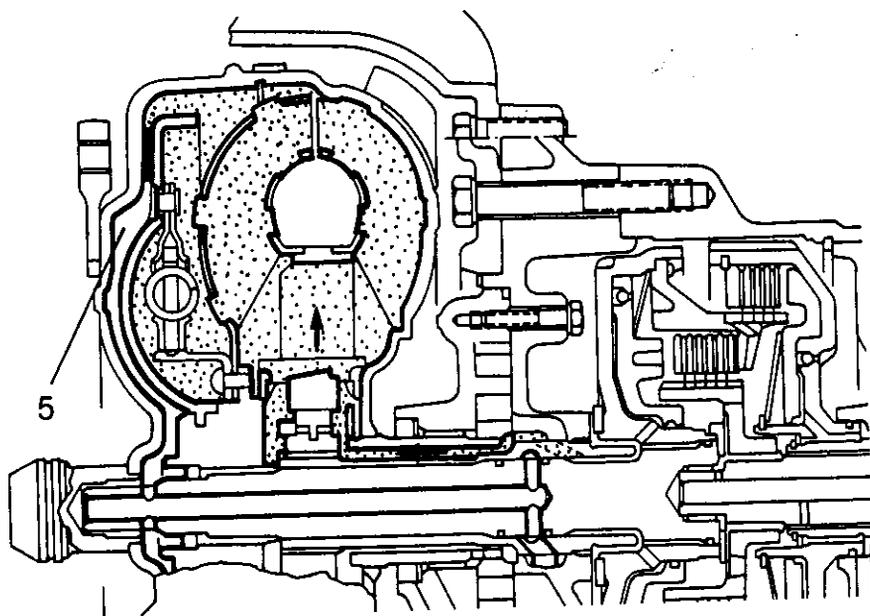
## LE CONVERTISSEUR DE COUPLE

### Fonctionnement de l'embrayage de blocage du convertisseur de couple

L'huile arrive de l'appareil directeur hydraulique dans le convertisseur par le perçage (1) pratiqué dans l'arbre primaire d'entrée de la boîte (2) et repousse vers l'arrière l'embrayage de blocage du convertisseur (4) monté sur une portée cannelée (3). De ce fait, l'huile peut s'écouler librement et le carter (embrayage débrayé) pour parvenir dans le convertisseur. Le retour de l'huile se fait par l'espace pratiqué entre l'arbre de calage et le carter du convertisseur.



L'embrayage du convertisseur se ferme (embraye) lorsque le clapet inverseur de pression du convertisseur (à l'intérieur de l'appareil directeur) achemine l'huile sous pression directement au convertisseur. Ainsi, le chemin de retour de l'huile devient le chemin d'arrivée et la pression hydraulique dans le compartiment (5) devant l'embrayage de blocage tombe. L'huile sous pression applique l'embrayage de court-circuitage contre le carter du convertisseur de façon étanche à l'huile.



Lorsque l'embrayage de blocage du convertisseur est fermé (embrayé), l'aubage de turbine est solidaire du carter du convertisseur ce qui fait que les embrayages d'entraînement à lamelles tournent à la vitesse de rotation du moteur.

L'embrayage de blocage du convertisseur ne peut être serré que dans le 4e rapport — c'est dans le 4e rapport seulement que la pression ne fonctionnant parvient à la soupape de commande de l'embrayage de blocage du convertisseur.

Un clapet thermostatique fait en sorte que si la température d'huile est inférieure à 20°C, le clapet inverseur du convertisseur est soumis

à la pression hydraulique provoquant ainsi la fermeture de l'embrayage de blocage. Un passage de la 4e vitesse et par conséquent un blocage du convertisseur par cet embrayage n'est donc pas possible lorsqu'on roule à pleins gaz.

#### Attention:

Avec la boîte automatique électronique 4 HP 22 EH, l'embrayage de blo-

cage du convertisseur se ferme à partir d'une température de 50°C du liquide réfrigérant. Par ailleurs, l'embrayage de blocage peut déjà embrayer dans le 3e rapport; le blocage ou le déblo- cage du convertisseur dépend du programme de conduite sélectionné ainsi que des courbes caractéristiques de référence mémorisées par la commande électronique.

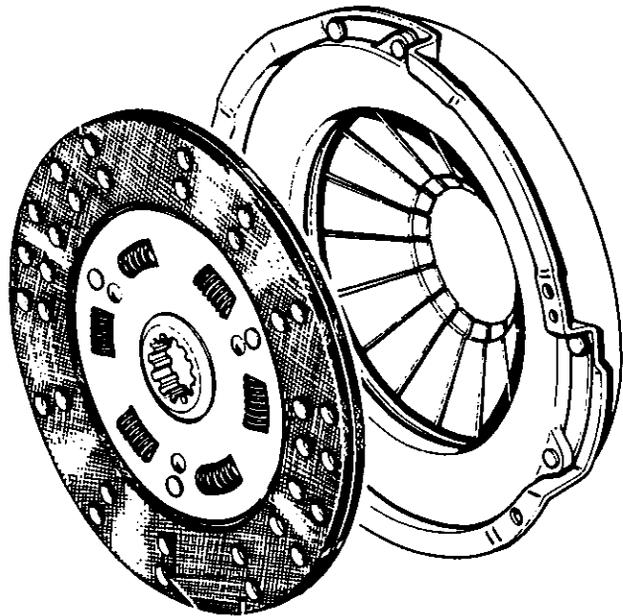
## LE CONVERTISSEUR DE COUPLE

### Le rôle du convertisseur de couple

Le convertisseur de couple tient lieu d'organe de liaison assurant la transmission de l'effort entre le moteur et la boîte de vitesses, et il n'existe par conséquent aucune liaison rigide franche entre le côté menant et la sortie de la transmission tant que l'embrayage de blocage n'a pas annulé le travail du convertisseur. La conception-même du convertisseur hydrodynamique permet des démarrages en douceur, sans à-coups et exclut tout risque de caler le moteur lorsque la voiture est arrêtée. Il n'y a donc aucune nécessité d'intervenir mécaniquement comme p.ex. par l'intermédiaire d'une quelconque pédale de débrayage. Le convertisseur doit néanmoins être adapté dans une large mesure au moteur qu'il doit équiper (les moteurs n'ayant pas tous la même puissance).

Pour comprendre plus facilement le mode d'action du convertisseur de couple, il n'est pas inutile de revenir d'abord sur le principe de l'embrayage à disques de friction. Celui-ci ne peut transmettre que le couple (force rotatoire agissant du vilebrequin) qu'il reçoit au niveau du disque d'embrayage. En

position de patinage, ce dispositif permet bien de réduire quelque peu le couple reçu mais il ne permet jamais de l'augmenter.



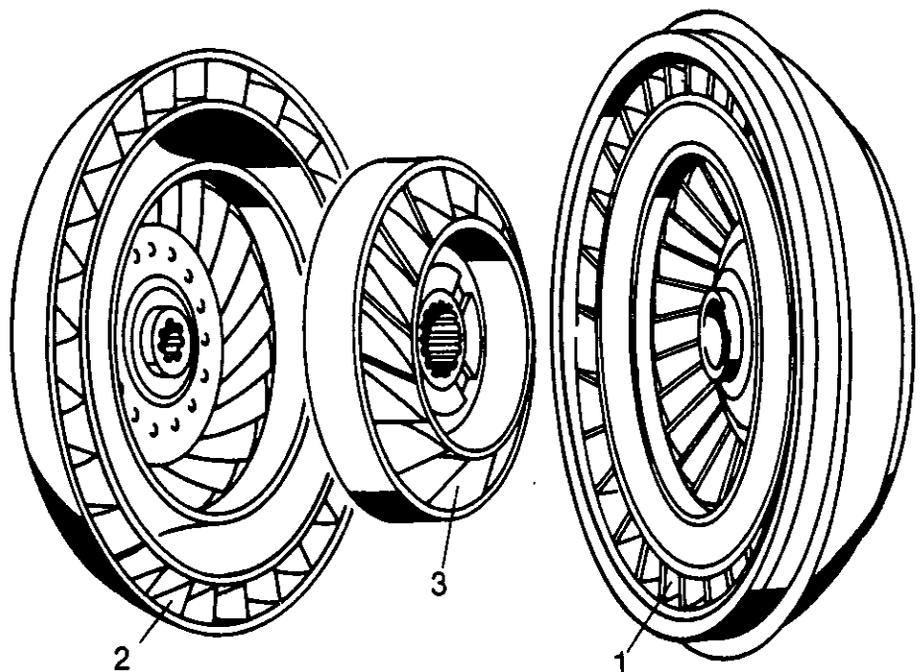
Contrairement à l'embrayage à friction à disques garnis qui comporte pour assurer la transmission de l'effort une liaison par déplacement d'organes réalisant la solidarisation entre le volant, le disque d'embrayage et le plateau de pression, un embrayage (ou coupleur) hydraulique se compose de deux roues à aubes complètement séparées l'une de l'autre,

la roue de pompe (impulseur) 1  
et la roue de turbine (ou récepteur) 2.

En faisant évoluer le coupleur hydraulique et en lui ajoutant un troisième aubage,

le réacteur 3,

il est possible d'obtenir simultanément un renforcement du couple transmis. Ce coupleur hydraulique amélioré porte le nom de "convertisseur de couple" (ou convertisseur-coupleur).



## LE CONVERTISSEUR DE COUPLE

### Mode d'action de l'embrayage hydraulique

L'embrayage ou coupleur hydraulique se présente sous la forme d'un carter étanche dans lequel se trouvent deux cuvettes ou roues à aubes baignant dans l'huile. L'une, solidaire du vilebrequin du moteur forme l'impulseur ou roue de pompe. L'autre, en face de celle-ci, comporte des aubes orientées selon un certain angle par rapport à celles de la pompe et constitue la roue de turbine. Cette turbine n'est pas mécaniquement c.-à-d. rigidement reliée au carter mais elle est au contraire solidaire de l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses. Deux ergots d'entraînement à la périphérie du carter de l'embrayage hydraulique entraînent une pompe à huile séparée à la vitesse de rotation du moteur. Cette pompe alimente notamment l'espace intérieur de l'embrayage hydraulique en huile. Lorsque l'impulseur est en rotation (c.-à-d. lorsque le moteur tourne) la force centrifuge projette l'huile qu'il contient vers l'extérieur. En raison

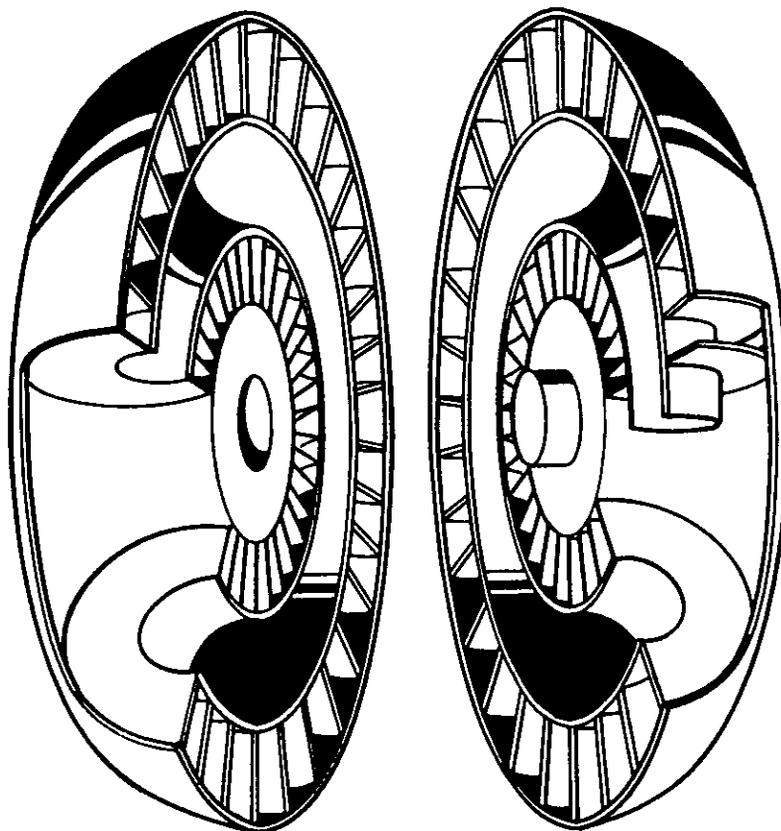
de l'incurvation des ailettes, l'huile est projetée sur la turbine qui la ramène à son tour vers le centre du carter. L'huile est ainsi mise en mouvement avec une force et une vitesse qui croissent avec le régime du moteur et elle forme ainsi une véritable liaison hydraulique entre les deux aubages qui tournent alors dans le même sens. Aux régimes peu élevés du moteur, la force des jets d'huile ne suffit pas pour entraîner la turbine et par conséquent la transmission à laquelle celle-ci est rattachée, et le véhicule reste immobile.

Si le régime du moteur augmente, la force du courant d'huile projeté par l'impulseur devient telle qu'elle entraîne progressivement la turbine, permettant le déplacement et l'accélération du véhicule.

Si on relâche le pied de l'accélérateur, le phénomène évoqué est alors inversé. Sous l'effet du mouvement communiqué par le train arrière

(roues motrices à l'arrière), le courant d'huile dans la roue de turbine est accéléré (la turbine devient pompe) et vient frapper les ailettes de l'impulseur — solidaire du vilebrequin — qui tourne plus lentement (et remplit alors le rôle de récepteur ou turbine). On est alors en présence d'une décélération par frein-moteur. Le risque de caler le moteur en relâchant la pédale d'accélérateur n'existe plus ici non plus.

L'embrayage hydraulique est un dispositif dont le fonctionnement s'accompagne de pertes importantes par tourbillonnement tant que l'impulseur et la turbine ne tournent pas approximativement à la même vitesse. Pour en obtenir un rendement optimum, il faut calculer l'embrayage hydraulique de telle manière que la différence des régimes des deux roues dure aussi peu que possible.



## LE CONVERTISSEUR DE COUPLE

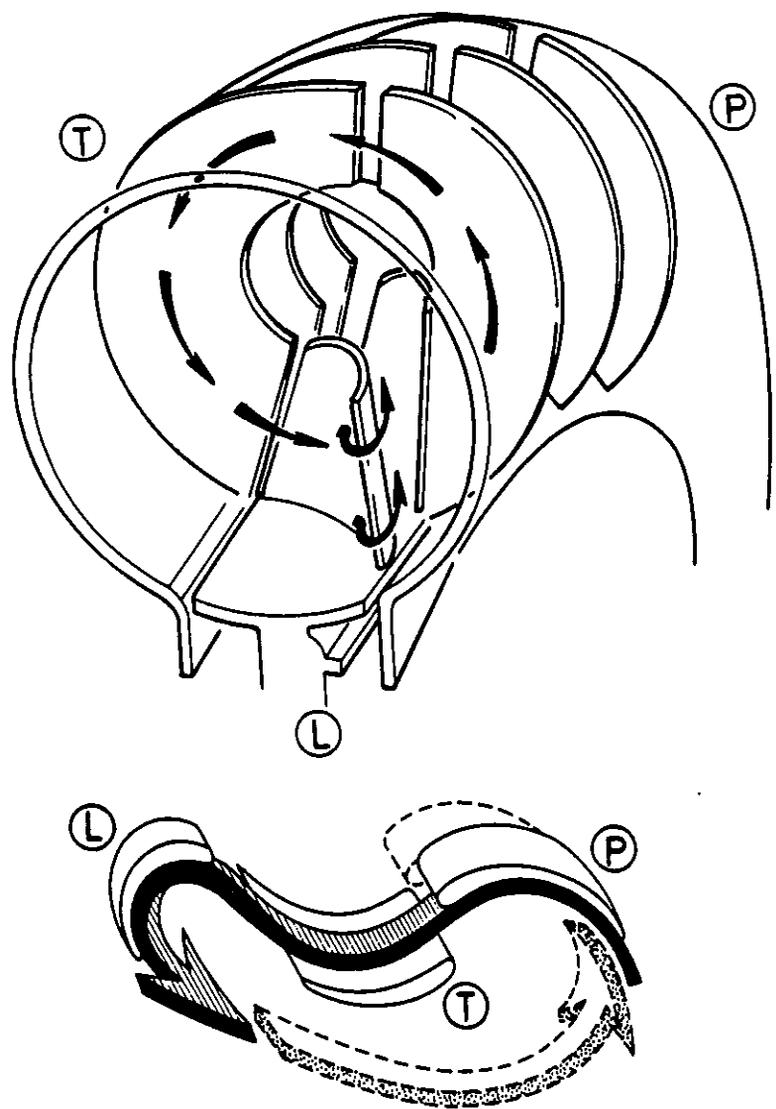
### Mode d'action du convertisseur de couple

Extérieurement, le convertisseur de couple est identique à l'embrayage hydraulique. Il comporte également un aubage de pompe (impulseur) et un aubage de turbine (récepteur). Entre ces deux roues est toutefois ici installé un troisième élément muni d'ailettes et monté sur une roue libre, le réacteur (ou stator) dont le rôle est de renvoyer le courant d'huile et de tenir lieu en quelque sorte de point d'appui hydraulique.

Comme dans le cas de l'embrayage hydraulique, la situation idéale pour le convertisseur de couple

régne lorsque l'impulseur et la turbine tournent approximativement à la même vitesse. Le réacteur a notamment été intercalé dans le circuit en raison de la très grande différence des vitesses de rotation qui règne au moment du démarrage. Le courant d'huile qui est renvoyé par la turbine vers l'impulseur par l'intermédiaire du réacteur prend ainsi appui sur les aubes incurvées à environ 90° du réacteur ce qui entraîne une retenue considérable. Cette retenue renforce le couple disponible à la turbine ce qui fait du dispositif un convertisseur de couple.

En phase convertisseur c.-à-d. en présence de différences de régimes de rotation entre l'impulseur et la turbine, la pression de retenue tend à repousser le réacteur en sens inverse de rotation des deux autres roues. Le moyeu du réacteur est par conséquent calé sur une roue libre et la poussée qui s'exerce sur le réacteur bloque la roue libre sur son axe d'appui dans le carter de la boîte.



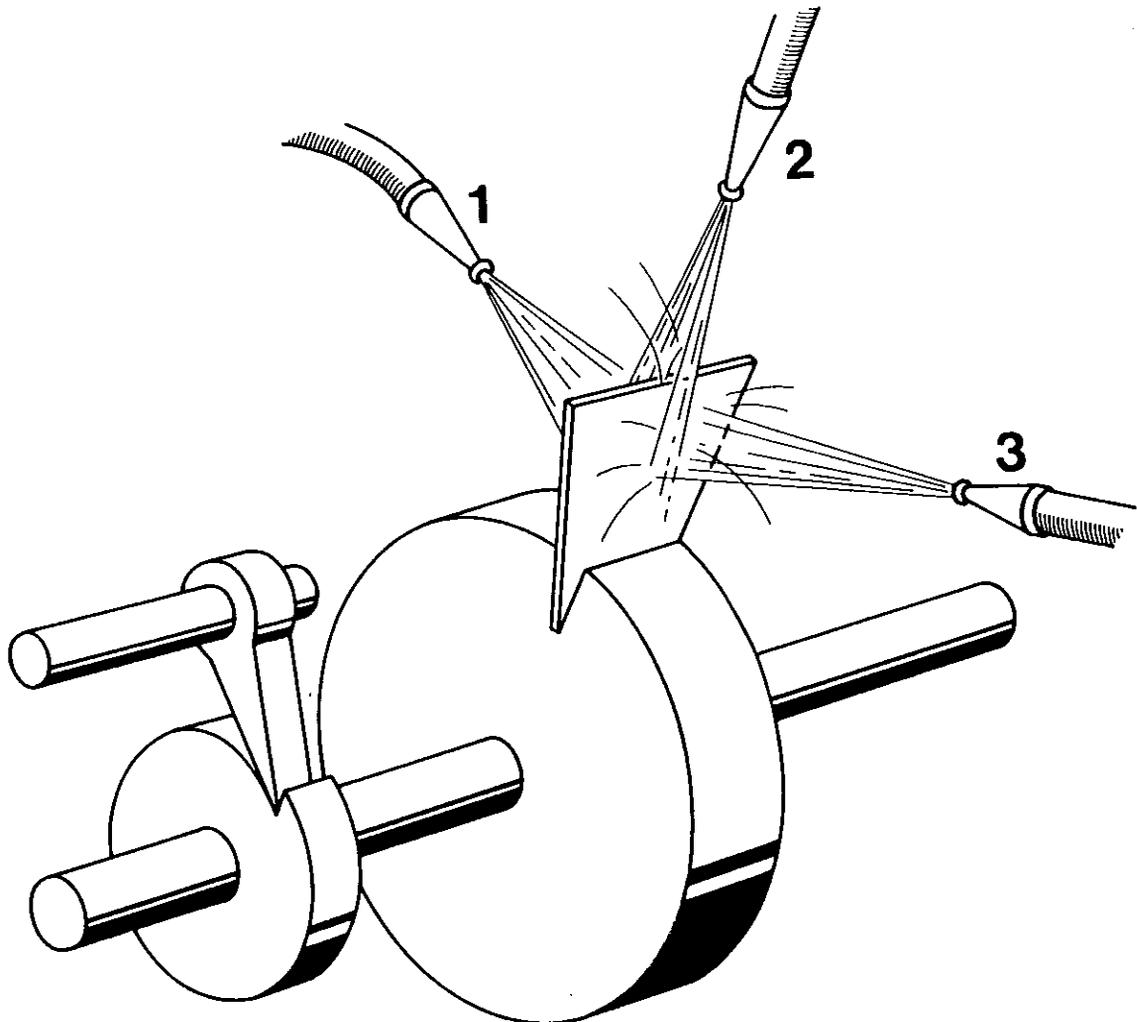
## LE CONVERTISSEUR DE COUPLE

Pour faciliter la compréhension de ces phénomènes, le croquis montre comment intervient l'augmentation du couple en liaison avec la présence de la roue libre.

Si le jet est appliqué sur la roue à aubes (réacteur) selon l'angle du tuyau (3), il se produit une retenue s'opposant à la force du jet (qui correspond à la force dirigée vers la roue de turbine). Dans le sens opposé, cette poussée au niveau du réacteur prend appui sur la roue libre qui est elle-même bloquée pour ce sens de rotation. Ceci correspond à la phase de l'amplification maximale du couple transmis.

Au fur et à mesure que les vitesses de la pompe (impulseur) et de la turbine (récepteur) se rapprochent, l'angle d'incidence du jet de liquide venant frapper le réacteur change (position 2) de telle manière que la poussée, et la retenue correspondante — deviennent de plus en plus faibles. Par conséquent, l'augmentation du couple qui se produit encore toujours diminue toutefois de plus en plus, jusqu'à ce que la position de déblocage de la roue libre soit atteinte, libérant le réacteur et lui permettant de tourner lentement lui aussi dans le sens du moteur. Le point d'appui disparaît.

Lorsque les vitesses de rotation de l'impulseur et de la turbine sont pratiquement identiques, l'angle d'incidence du jet (position 1) sur le réacteur est tel que le réacteur est entraîné et tourne alors à la même vitesse que l'impulseur et que la turbine. Dans cette phase, toute augmentation du couple transmis cesse. Le convertisseur ne travaille plus que comme simple coupleur hydraulique, transmettant le couple moteur sans le renforcer.



## LA POMPE A HUILE

### Construction et mode d'action

Dans la plaque intermédiaire, entre la cloche du convertisseur de couple et le carter de la boîte de vitesses se trouve la pompe qui délivre à la fois l'huile sous pression pour le fonctionnement du système et l'huile de graissage. Il s'agit d'une pompe à engrenages intérieurs à élément de séparation en forme de croissant qui présente l'avantage de produire des débits importants malgré ses dimensions réduites (de 8 à 11 l/mn au ralenti).

La position de montage des engrenages intérieurs n'est pas quelconque. Elle est repérée. La roue extérieure (1) comporte un et la roue intérieure (2) deux repères qui doivent coïncider au montage.

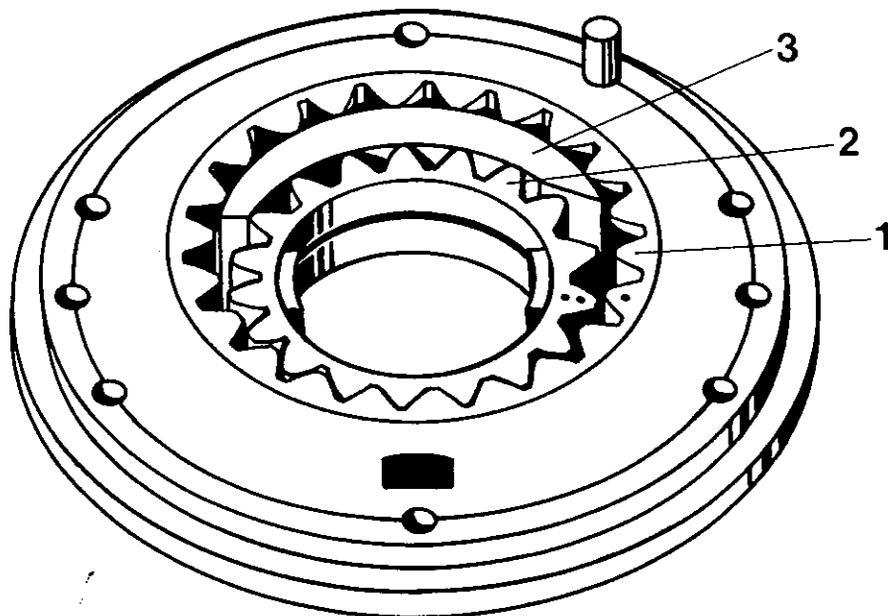
La pompe est entraînée par le conver-

tisseur à la vitesse du moteur. Deux évidements sont pratiqués dans le convertisseur qui coïncident et reçoivent les deux ergots de retenue de la roue intérieure (2). Cela signifie que la roue intérieure de la pompe tourne, elle aussi, lorsque le moteur et le convertisseur tournent. D'autre part, lorsque la roue intérieure tourne, la roue extérieure (1) tourne également ce qui crée au niveau de l'orifice d'aspiration de la pompe une dépression entre les dents d'engrenage des roues. Cette dépression provoque l'aspiration de l'huile du carter par le canal d'admission. L'élément de séparation en forme de croissant (3) a une section légèrement conique de sorte que, en ce point, commence une compres-

sion étant donné que le volume des compartiments diminue de plus en plus. L'huile est refoulée vers l'appareil directeur hydraulique.

L'huile délivrée par cette pompe est utilisée pour diverses fonctions dans la boîte de vitesses:

- comme huile de transmission et de refroidissement dans le convertisseur de couple,
- pour le graissage de la boîte de vitesses,
- comme huile sous pression pour l'actionnement des pistons dans les embrayages,
- comme huile sous pression pour commander les processus de passage des rapports.



## LES EMBRAYAGES A LAMELLES (Embrayages à disques multiples)

Les embrayages à lamelles constituent l'un des sous-ensembles les plus importants entre le convertisseur de couple et le train épicycloïdal. On distingue les embrayages d'entraînement et les embrayages freins.

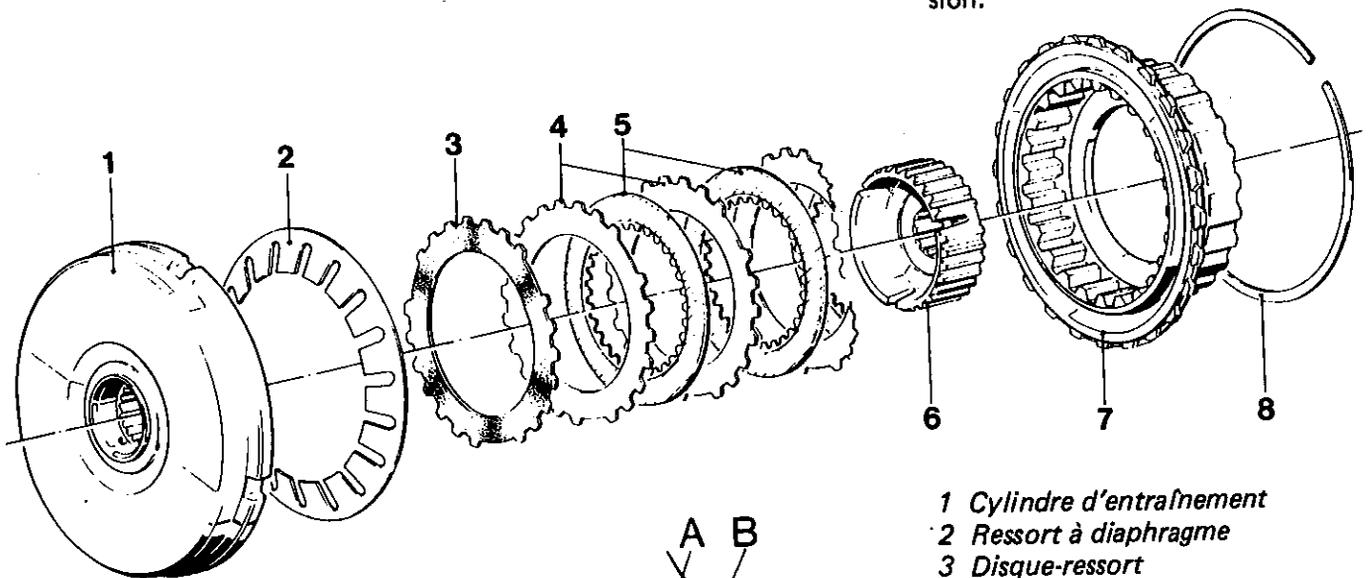
### Les embrayages d'entraînement A et B

Les embrayages A et B sont des embrayages d'entraînement. La force délivrée par le moteur est transmise jusqu'aux embrayages A et B par l'intermédiaire du

### Construction et mode d'action d'un embrayage à lamelles (à l'exemple de l'embrayage d'entraînement A)

L'embrayage se compose du carter d'entraînement cylindrique avec les pistons, les disques d'acier et les disques garnis (frictions) disposés par paires les uns derrière les autres de même que de la roue d'entraînement pour le train épicycloïdal. Les disques d'acier prennent appui sur le carter d'entraînement ce qui rend leur rotation impossible. Les disques

garnis sont directement solidaires de la roue d'entraînement et par conséquent du train épicycloïdal par l'intermédiaire de leurs dents intérieures. A partir de l'appareil directeur hydraulique, l'huile sous pression est transmise sur le piston de l'embrayage. Celui-ci pousse les disques d'acier contre les disques garnis, serrant ainsi l'embrayage et permettant la transmission du mouvement. Le rappel c.-à-d. l'écartement du piston à l'intérieur des embrayages d'entraînement est assuré par des ressorts à diaphragme dès que cesse l'application de la pression.

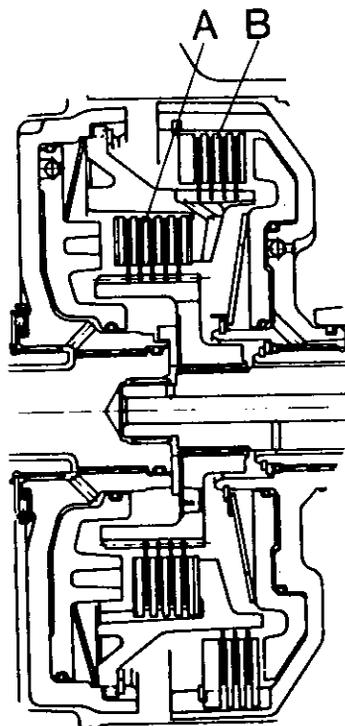


- 1 Cylindre d'entraînement
- 2 Ressort à diaphragme
- 3 Disque-ressort
- 4 Disque d'acier
- 5 Disque garni (friction)
- 6 Roue d'entraînement
- 7 Cage
- 8 Jonc d'arrêt

convertisseur de couple et de l'arbre primaire d'entrée.

L'embrayage A étant fermé (embrayé) la grande couronne dentée du train épicycloïdal est entraînée en rotation. Si l'embrayage B est fermé, le planétaire central du train épicycloïdal est lui-même entraîné. L'embrayage A est embrayé dans tous les rapports de marche avant et l'embrayage B est embrayé dans le 3e et le 4e rapports ainsi qu'en marche arrière.

Le nombre des lamelles garnies ainsi que l'épaisseur des lamelles d'acier peuvent être différents selon le modèle.

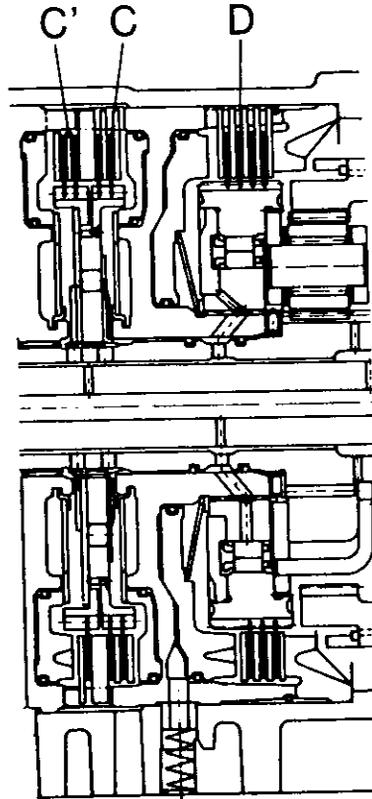


## LES EMBRAYAGES A LAMELLES (Embrayages à disques multiples)

### Les embrayages-freins C', C et D

Les embrayages à disques multiples C', C et D sont en fait des freins. Lorsque les freins C' et C sont serrés (fermés), le planétaire du réducteur épicycloïdal est immobilisé. Les freins C' et C sont serrés dans le 2e rapport. Lorsque le frein à lamelle D est serré, la roue libre du premier rapport est bloquée.

Le frein D est fermé en marche arrière de même que lorsque le levier sélecteur se trouve sur la position correspondant au 1er rapport.



L'embrayage de retenue (frein) D du porte-satellites est monté sur une roue libre qui peut prendre appui sur le carter de la boîte par l'intermédiaire d'un support lorsqu'il se trouve en position de serrage.

Sur la position "D" du levier sélecteur dans le 1er rapport, le porte-satellites n'est pas retenu par le frein à lamelles mais au contraire par la roue libre qui, dans ce sens, se trouve en position de blocage.

L'avantage de ce dispositif réside dans le fait qu'aucune interruption dans la transmission de force ne se produit lors du passage de la 1e sur la 2e vitesse. La 1e vitesse est maintenue jusqu'à ce que les freins à lamelles C' et C d'immobilisation du planétaire aient été actionnés/

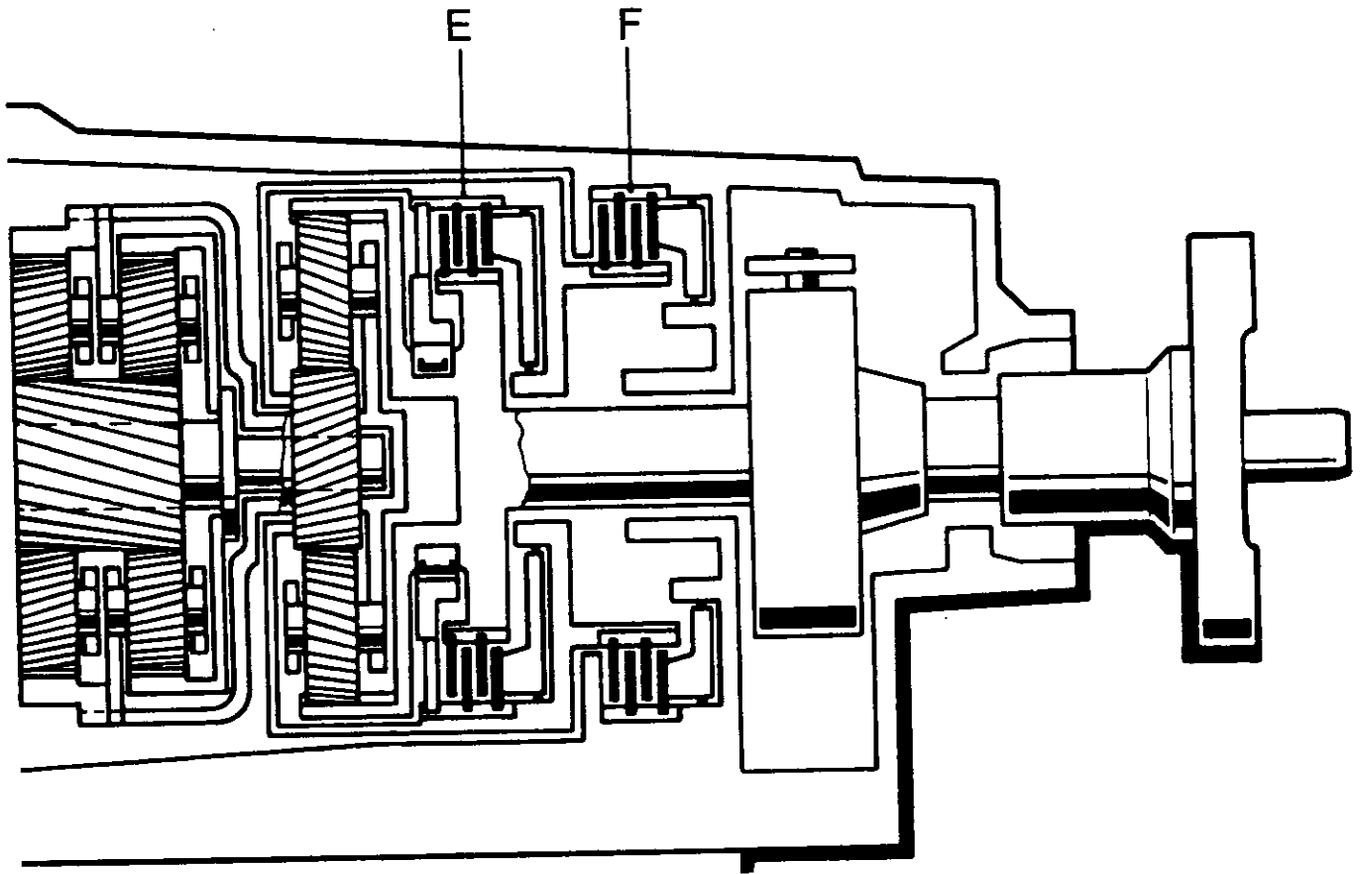
serrés; la 2e vitesse se trouve ainsi réalisée et la roue libre est dégagée et part en avant. Dans le 1er rapport avec le levier sélecteur sur "D", la roue libre fait en sorte que le véhicule ne puisse bénéficier de la décélération du frein-moteur.

Lorsqu'on veut pouvoir bénéficier du frein-moteur dans la 1e vitesse, le levier sélecteur doit être amené sur la position "1". Dans cette position en effet, l'embrayage-frein D étant fermé, la décélération en frein-moteur peut s'exercer. Le frein C du planétaire qui est retenu dans le 2e rapport est également installé sur une roue libre.

Lors du passage du 2e sur le 3e rapport cette roue libre empêche également une interruption dans la transmission de force, interruption

qui interviendrait autrement entre le desserrage d'un embrayage et le serrage de l'embrayage suivant. Etant donné que dans le 2e rapport en frein-moteur la roue libre serait dégagée et partirait en avant — comme celle sur le train épicycloïdal — et que, de ce fait, la voiture ne pourrait pas être freinée par le moteur, un second embrayage-frein est prévu sur l'arbre du planétaire de façon à pouvoir bénéficier effectivement de la décélération en frein-moteur.

## LES EMBRAYAGES A LAMELLES (Embrayages à disques multiples)



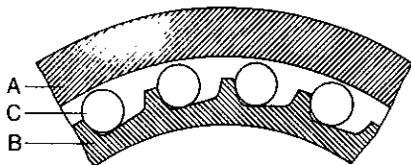
### L'embrayage d'entraînement E et l'embrayage-frein F

L'embrayage E est serré dans tous les rapports sauf en 4e. Lorsque l'embrayage E est serré, la couronne dentée de sortie est réunie avec le support du planétaire du train épicycloïdal additionnel. Le train épicycloïdal additionnel ne peut tourner qu'au complet et aucune démultiplication n'est réalisée ici.

Dans le 4e rapport, le frein F est fermé ce qui bloque le planétaire du train épicycloïdal additionnel et le porte-satellites est entraîné en rotation autour du planétaire, entraînant la couronne de sortie.

## LES ROUES LIBRES

La roue libre est un accouplement rigide qui s'établit de lui-même dans un sens de rotation et se démet c.-à-d. peut tourner au contraire dans le sens opposé. Le rôle de ce dispositif est de permettre le changement de rapport sans interruption de la force de traction. Trois genres de roues libres sont utilisés dans la boîte 4 HP 22.

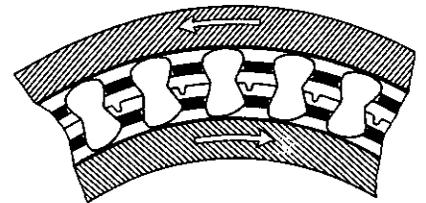


**Roue libre à galets sans ressorts, pour 2e rapport (embrayage-frein C) et convertisseur de couple.**

Cette roue libre se compose essentiellement de 3 éléments de construction, à savoir la bague extérieure (A), la bague intérieure (B) et les galets de blocage (C). Lorsque l'arbre (la bague) B tourne dans le sens de la flèche et que l'arbre (la bague) A ne tourne pas ou ne tourne que lentement, les galets de blocage C se coincent entre les bagues dans les espaces de plus en plus étroits — de section décroissante — entre la bague intérieure et la bague extérieure ce qui établit une liaison rigide, permettant la rotation en bloc du dispositif. Si l'arbre A tourne plus vite que l'arbre B, les galets C reculent vers la partie de section plus large entre les bagues, interrompant ainsi la liaison.

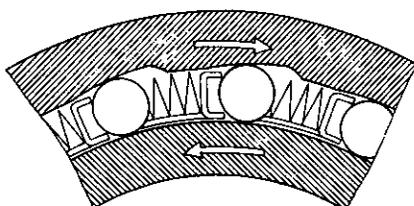
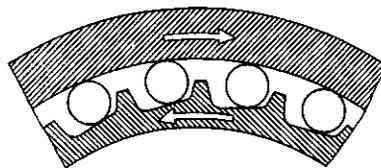
**Roue libre à barreaux de blocage pour le 1er rapport (embrayage-frein D)**

Entre la bague intérieure et la bague extérieure sont placés des barreaux de blocage de forme asymétrique qui tendent à se dresser lors d'une rotation dans le sens d'un blocage. Les barreaux sont logés à l'intérieur d'une cage spéciale de retenue dont la présence leur permet de se coincer entre les bagues intérieure et extérieure, empêchant ainsi tout mouvement relatif de ces dernières.



**Roue libre à galets assistée par ressorts, pour le 3e rapport (embrayage E)**

Les ressorts poussent les galets dans la section de blocage. Toutefois, la force du ressort étant faible, la bague intérieure et la bague extérieure peuvent pivoter facilement l'une par rapport à l'autre dans le sens des flèches. La rotation dans le sens du blocage est interdite d'un côté par la denture particulière de la bague extérieure. Le blocage intervient sous l'effet des galets à ressorts qui viennent se coincer dans l'espace de section décroissante entre les bagues intérieure et extérieure.



## LE TRAIN EPICYCLOIDAL

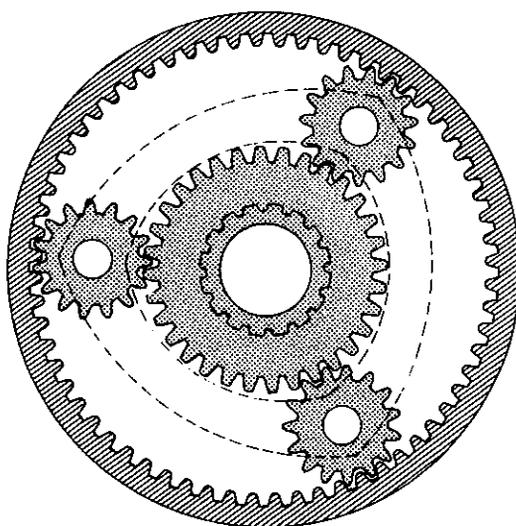
### Le train épicycloïdal

Le réducteur épicycloïdal est installé derrière les embrayages à lamelles. Dans la chaîne cinématique, il est placé en aval de la partie hydraulique de la transmission (le convertisseur de couple) en quelque sorte comme boîte mécanique.

Un peu à la manière de planètes tournant autour du soleil ou de satellites tournant autour d'une planète (simplification), ce sont ici 3 pignons satellites qui tournent autour d'une roue centrale dentée appelée planétaire. Les satellites sont soutenus par l'intermédiaire

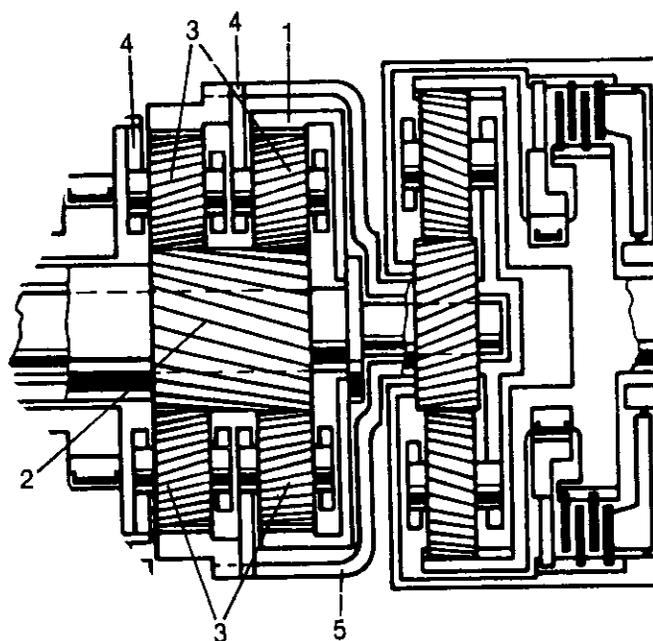
de leurs axes par un porte-satellites à l'intérieur d'une grande couronne dentée qui les englobe tous. Tous ces engrenages sont constamment en prise les uns avec les autres, un déplacement ou une synchronisation sont donc superflus. Autres avantages du dispositif: construction ramassée, marche silencieuse, grandes surfaces de contact des dents, c.-à-d. capacité importante de charge. Les divers rapports de démultiplication de la boîte sont donnés par l'immobilisation de l'un ou l'autre des éléments constitutifs au moyen des embrayages à lamelles fixes.

Etant donné qu'un train épicycloïdal simple ne permet pas d'obtenir les démultiplications nécessaires et n'autorise pas le changement du sens de rotation, c'est un train complexe double qui est employé sur les véhicules automobiles; dans le cas de la boîte 4 HP 22, un train épicycloïdal additionnel pour la 4e vitesse surmultipliée est placé derrière le train épicycloïdal double.



### Construction d'un train épicycloïdal double (type Simpson)

Le train épicycloïdal double comporte une couronne d'attaque à denture intérieure (1) et un planétaire (2), deux jeux de 3 satellites (3) montés sur des porte-satellites (4). Un jeu de satellites du planétaire engrènent directement dans une couronne de sortie à denture intérieure (5).



## LE TRAIN EPICYCLOIDAL

Pour comprendre le mode d'action du train épicycloïdal, il faut toujours avoir présent à l'esprit que la roue de turbine dans le convertisseur de couple ne transmet qu'un seul sens de rotation, celui du moteur.

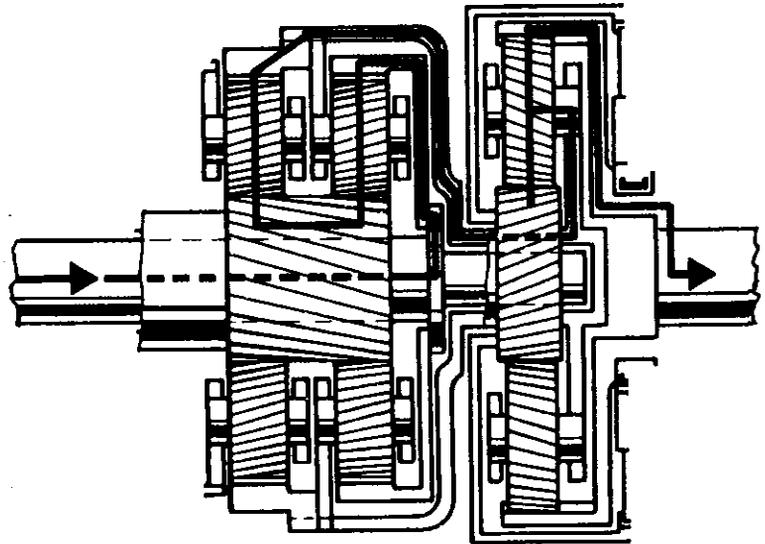
Si la couronne d'attaque est entraînée, les satellites qui sont en prise directe tournent dans le même sens. Les satellites entraînent le planétaire central et le sens de rotation est inversé à ce niveau. A son tour

le planétaire, par l'intermédiaire des satellites, entraîne la couronne de sortie et le sens de rotation est à nouveau inversé.

Lorsque le planétaire est entraîné, les satellites qui sont en prise directe tournent en sens inverse. Etant donné que les satellites entraînent directement la couronne de sortie, le sens de rotation à la sortie du dispositif reste inverse de celui d'entrée — en l'occurrence marche arrière.

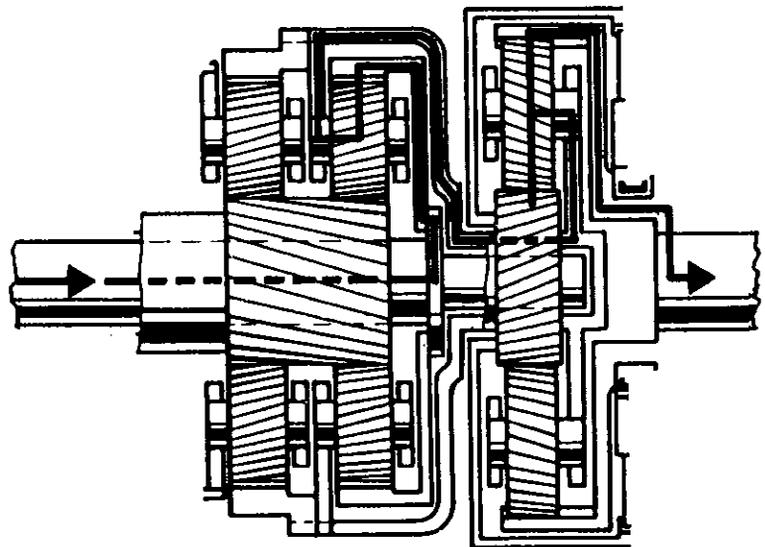
### Transmission du mouvement en 1e

En 1e, l'embrayage d'entraînement à lamelles (A) est fermé et entraîne la couronne d'attaque. Le porte-satellites reste immobilisé par l'embrayage-frein D ou par la roue libre. Les satellites arrière entraînent le planétaire et celui-ci entraîne à son tour les satellites avant qui se mettent à tourner à l'intérieur de la grande couronne de sortie, entraînant cette dernière en rotation. Il s'établit de ce fait un rapport de démultiplication important. L'embrayage E est serré et l'arbre de sortie est solidarisé avec le planétaire, et le train épicycloïdal additionnel est ainsi entraîné comme un seul bloc en rotation.



### Transmission du mouvement en 2e

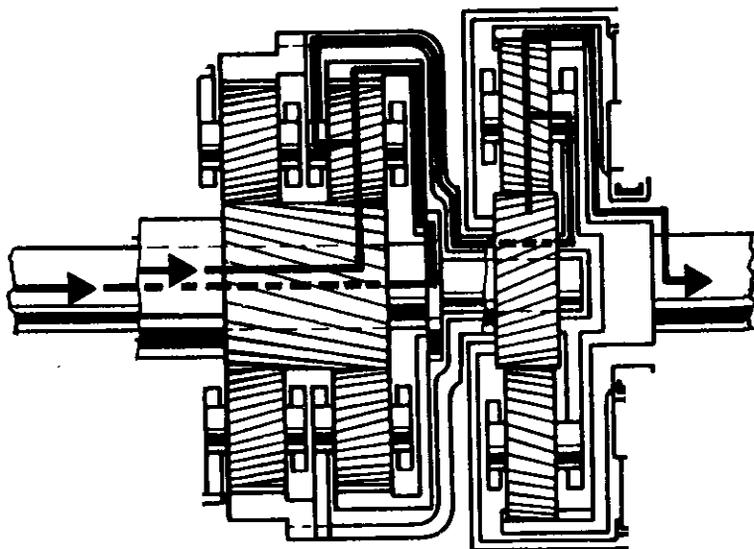
En 2e, l'embrayage d'entraînement A est également serré et entraîne la couronne d'attaque. Le planétaire (central) est immobilisé par les embrayages à lamelles C' et C. La couronne d'attaque entraîne en rotation les satellites arrière et ceux-ci tournent alors sur la périphérie du planétaire. Les satellites entraînent à leur tour leur porte-satellites et par conséquent la grande couronne de sortie, ce qui procure une petite démultiplication. Ici encore le train épicycloïdal additionnel est entraîné en bloc en rotation.



## LE TRAIN EPICYCLOIDAL

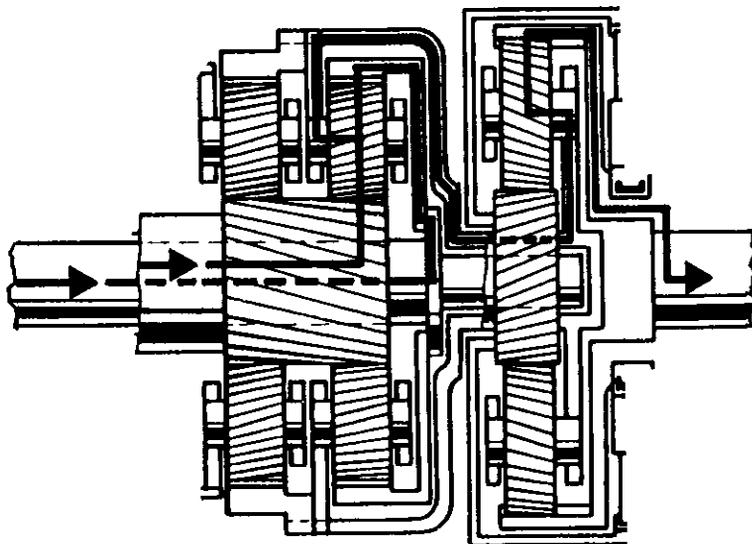
### Transmission du mouvement en 3e

Dans le 3e rapport, les embrayages d'entraînement A et B sont serrés de sorte que la couronne d'attaque et le planétaire sont entraînés simultanément, les satellites intercalés étant immobilisés et constituant une liaison rigide. De ce fait, le porte-satellites tourne à la même vitesse que le planétaire et la couronne d'attaque ce qui fait que le train épicycloïdal tourne comme un seul bloc en rotation. Dans ce 3e rapport aussi, le train épicycloïdal additionnel est aussi entraîné comme un seul bloc en rotation.



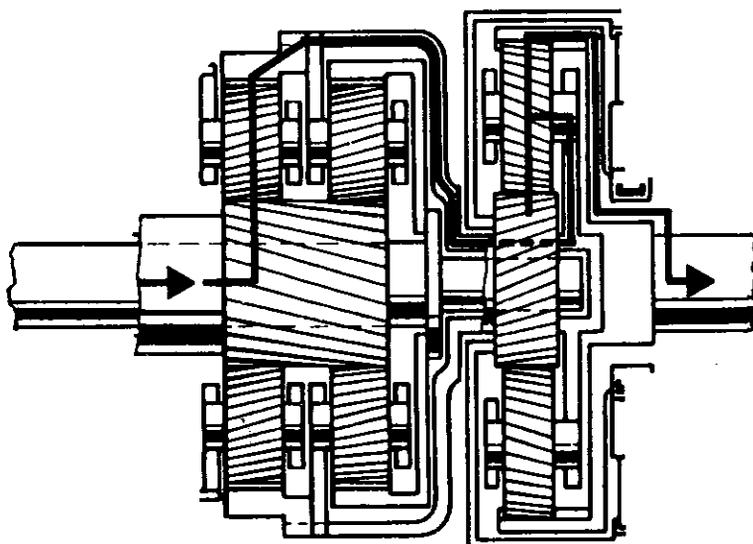
### Transmission du mouvement en 4e

Les embrayages A et B sont serrés et le train épicycloïdal doit obligatoirement tourner en bloc comme dans le 3e rapport. Le frein à lamelles F immobilise le planétaire du train épicycloïdal additionnel et les satellites qui sont à présent entraînés par le train épicycloïdal avant roulent à la périphérie du planétaire, entraînant la couronne dentée extérieure. Ceci est la configuration qui donne la vitesse de sortie dans le 4e rapport (surmultipliée).



### Transmission du mouvement en marche arrière

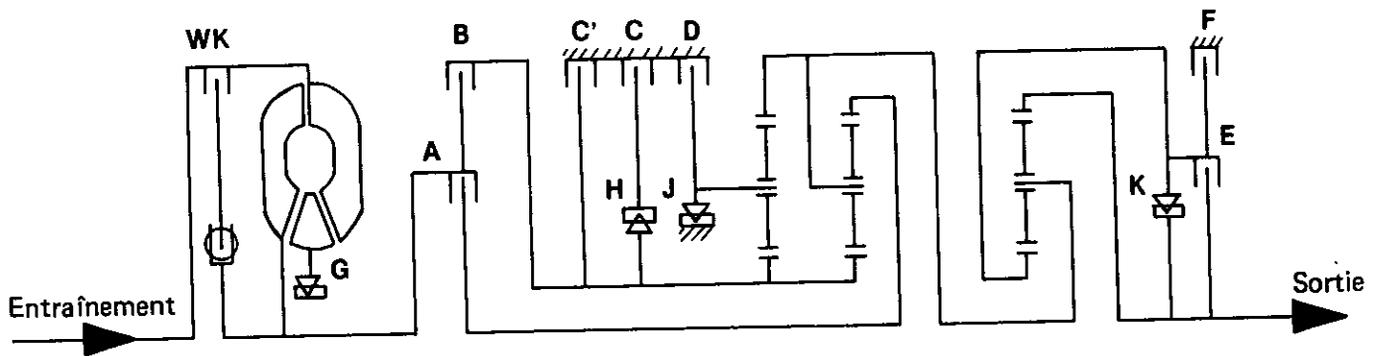
Dans le cas de la marche arrière, l'embrayage B est serré et entraîne le planétaire du train épicycloïdal avant; le porte-satellites est bloqué par le frein D qui est serré. Le planétaire entraîne les satellites avant et ceux-ci entraînent à leur tour la grande couronne de sortie ce qui produit une inversion du sens de rotation de la couronne. Dans cette situation, le train épicycloïdal additionnel est entraîné en bloc en rotation puisque l'embrayage E est serré.



# ELEMENTS SOLIDARISES

## Embrayages et freins serrés dans les divers rapports

Position	D				3			2		1	R
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	1	R
Rapport											
Embrayage A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Embrayage B			x	x			x				x
Frein C'		x				x			x		
Frein C		x	x	x		x	x		x		
Roue libre H 2e vit.		x				x			x		
Frein D										x	x
Roue libre J 1e vit.	x				x			x		(x)	
Embrayage E	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Roue libre K 3e vit.	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Frein F				x							





## LA COMMANDE HYDRAULIQUE

Les paramètres utilisés pour la commande hydraulique de la boîte de vitesses sont les suivants:

- a. Position du levier sélecteur (pression principale).
- b. Position de la pédale d'accélérateur (pression réduite).
- c. Vitesse de la voiture (pression régulateur).

### Levier sélecteur et tiroir sélecteur

Le levier sélecteur permet de déterminer le programme de conduite.

- P — Parcage
- R — Marche arrière
- N — Point mort
- D — Marche avant dans tous les rapports
- 3 — Marche avant dans les 3 premiers rapports
- 2 — Marche avant dans les 2 premiers rapports
- 1 — Marche avant uniquement en 1e

Le tiroir sélecteur est actionné par l'intermédiaire du levier sélecteur et de la tringlerie de commande. Le tiroir sélecteur a pour rôle de diriger l'huile du tiroir principal vers les clapets de commande et vers les clapets de transition/verrouillage.

### Tiroir principal (5)

Il s'agit d'un clapet réducteur de pression à action variable en fonction de la pression de modulation. Le tiroir principal détermine le niveau général de pression dans l'appareil directeur c.-à-d. que toutes les autres pressions du système s'établissent à partir de cette pression principale.

### Clapet et inverseur de pression de convertisseur (7)

Il s'agit d'un clapet réducteur de pression dont la fonction est de régler la pression dans le convertisseur. Lorsque l'embrayage de blocage du convertisseur est desserré (ouvert), l'huile peut passer devant le piston de blocage/devant le disque d'em-

brayage pour parvenir à l'intérieur du convertisseur. De là, elle retourne au clapet de réglage de pression du convertisseur par l'intermédiaire du refroidisseur d'huile et parvient ensuite — par l'intermédiaire d'une soupape de graissage — aux organes à lubrifier c.-à-d. aux roulements et au train épicycloïdal.

L'embrayage de blocage du convertisseur étant serré (embrayé), l'huile à la pression principale (sans réduction) est acheminée vers le convertisseur par l'intermédiaire du refroidisseur d'huile. L'huile qui parvient derrière le piston de blocage opère le serrage de l'embrayage du convertisseur. L'espace situé devant le piston est évacué par l'intermédiaire du clapet de réglage de pression du convertisseur. D'autre part, l'huile passe aussi directement de ce clapet de pression du convertisseur à la soupape de graissage.

### Valve de retardement (18)

Ce clapet réducteur de pression règle la pression réduite de passage de rapport qui est asservie à la position de la pédale d'accélérateur. Le dispositif distingue ici en gros 4 positions pour la pédale d'accélérateur:

#### — Ralenti

La pédale d'accélérateur n'est pas actionnée. Le piston de la valve de retardement est sur sa position de départ.

#### — Charge partielle

La pédale d'accélérateur est actionnée. Cette phase va de la position ralenti jusqu'au recouvrement du canal de pleine charge par le piston de la valve de retardement.

#### — Pleine charge

La pédale d'accélérateur est enfoncée plus encore jusque sur la position "pleins gaz". La came d'accélérateur est alors tirée jusqu'à la rampe de kick-down. Cette phase s'étale de l'ouverture du canal de pleine charge jusqu'au recouvrement du canal de kick-down par le piston de la valve de retardement.

#### — Kick-down

La pédale d'accélérateur est enfoncée au-delà du point de pleine charge et la came d'accélérateur est tirée au-delà de la rampe de kick-down. Dans cette phase, le canal de kick-down est ouvert.

### Soupape de modulation (14)

La pression de modulation représente une simulation du couple moteur auquel le processus de changement au niveau des éléments de solidarisation de la boîte doit être adapté. Ainsi, pour un couple-moteur peu élevé, il règne lors de l'application des embrayages, etc. une faible pression d'application c.-à-d. de serrage tandis que pour un couple moteur élevé, on aura affaire à une pression importante. Du fait qu'un couple moteur important est déjà possible à bas régime, la pression de modulation a pour rôle de renforcer la pression de serrage dans les éléments de solidarisation (embrayages, freins) au cours de cette phase.

### Clapets de commande (16, 20, 24)

Un clapet de commande est prévu pour chaque rapport. Ces clapets procurent les passages sur les rapports supérieurs et les rétrogradations en libérant ou en obturant les canaux empruntés par l'huile pour l'actionnement des éléments de solidarisation.

### Clapets d'embrayage et amortisseurs d'embrayage (6, 11, 17, 21 et 22, 25, 26, 27)

Le rôle des amortisseurs est, comme leur nom l'indique, d'amortir le passage des rapports c.-à-d. de freiner le serrage des embrayages en vue d'éviter les secousses et de permettre un passage agréable des vitesses.

### Clapets de transition/verrouillage 1 et 2 (15, 19)

Les clapets de verrouillage 1 et 2 ne sont opérants que pour les positions 1 et 2 de la boîte; leur fonction est double:

- a) Une fonction de sécurité: ils empêchent les rétrogradations 2e-1e et 3e-2e tant que la vitesse reste trop élevée pour le rapport considéré. En pareil cas, les clapets de verrouillage fonctionnent comme clapets réducteurs de pression. Un passage de D sur 3 reste possible à toutes les vitesses de déplacement de la voiture.
- b) Une fonction de verrouillage: ils empêchent les passages en montée de 1e-2e et 2e-3e. Ici, les clapets de verrouillage ne sont employés que pour l'acheminement de la pression principale au clapet de commande correspondant.

### Soupape de kick-down (30)

Il s'agit d'un clapet de verrouillage. En phase de kick-down, cette soupape est déplacée par la pression réduite/de retardement et empêche de ce fait la pression régulateur de parvenir au clapet de commande de 3e-4e. Dans le 4e rapport, ceci entraîne par conséquent la rétrogradation immédiate 4e-3e.

### Clapet de verrouillage de marche AR (10)

Ce clapet joue son rôle en fonction de la pression régulateur. Si l'on a engagé par inadvertance le levier sur la position R alors qu'on roule en marche av le clapet empêche le passage de la marche arrière au-dessus d'une certaine vitesse (20 km/h environ).

### Commande de l'embrayage de blocage du convertisseur de couple (7/23/28/29)

L'entrée en action et la coupure de l'embrayage de blocage du convertisseur de couple sont fonction d'une certaine température, d'une vitesse déterminée et d'une démultiplication particulière. Un clapet thermostatique empêche le serrage de l'embrayage de blocage du convertisseur en-deçà d'une température d'huile de la boîte de 20°C. La soupape à hystérésis fait en sorte que l'hystérésis (retard) entre le serrage et la coupure de l'embrayage reste aussi courte que possible. La soupape de commande d'embrayage du convertisseur est soumise à la pression régulateur qui provoque son déplacement. Dans le 4e rapport, l'huile à la pression principale du système passe par le canal alors ouvert allant au clapet inverseur et de pression du convertisseur, opérant le serrage de l'embrayage de blocage. A vitesse réduite ou lors de la rétrogradation sur le 3e rapport, l'embrayage de blocage s'ouvre à nouveau laissant le convertisseur de couple fonctionner normalement.

## LE REGULATEUR CENTRIFUGE

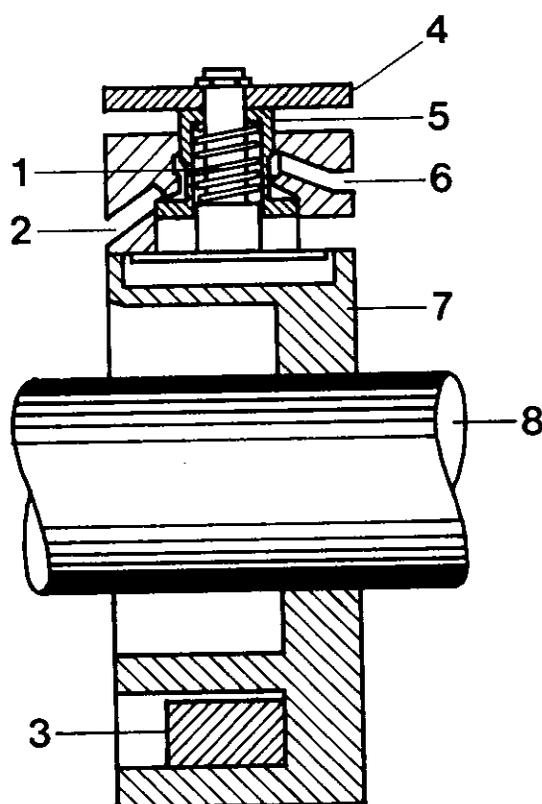
Le régulateur centrifuge est installé sur l'arbre de sortie de la boîte de vitesses. Un canal d'arrivée d'huile et un canal de retour dans la partie inférieure du régulateur centrifuge mettent celui-ci en liaison avec l'appareil directeur hydraulique.

La tête du régulateur, qui contrôle la pression de l'huile, se compose du corps ou moyeu (7) avec la masselotte (4), de la douille d'obturation (5) et du ressort (1).

Venant du tiroir sélecteur, l'huile parvient au canal (2). Lors des accélérations, la masselotte (4), la douille-obturateur (5) et le ressort (1) sont déplacés vers l'extérieur sous l'effet de la force centrifuge et la partie supérieure de la douille vient obturer le canal (2) et laisse passer l'huile dans le canal (6).

En raison de la différence des surfaces sur la douille obturateur, la pression dans le canal (6) est pour un instant supérieure à la force centrifuge de la douille. La douille d'obturation est ainsi repoussée et sa portée inférieure libère le canal de dégagement jusqu'à ce que la pression dans le canal (6) d'une part et la force centrifuge des pièces déplacées d'autre part soient en équilibre. A présent règne dans le canal (6) la pression régulateur asservie au régime du moteur, et la douille-obturateur oscille entre le canal (2) et le canal de dégagement.

La boîte électronique 4 HP 22 EH ne comporte pas de régulateur centrifuge. A la place, un dispositif à capteur inductif relève la vitesse de sortie qui est traitée dans l'appareil électronique.



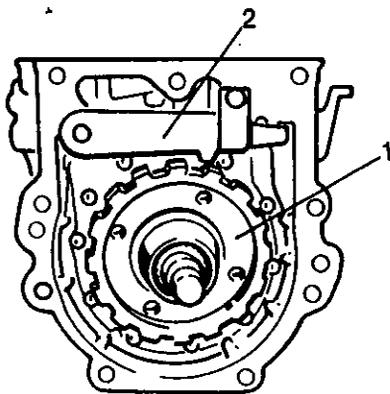
- 1 Ressort
- 2 Pression régulateur
- 3 Contrepoids
- 4 Masselotte
- 5 Douille-obturateur (piston de réglage)
- 6 Arrivée d'huile
- 7 Moyeu (corps) de régulateur
- 8 Arbre de sortie

## VERROUILLAGE DE PARCAGE

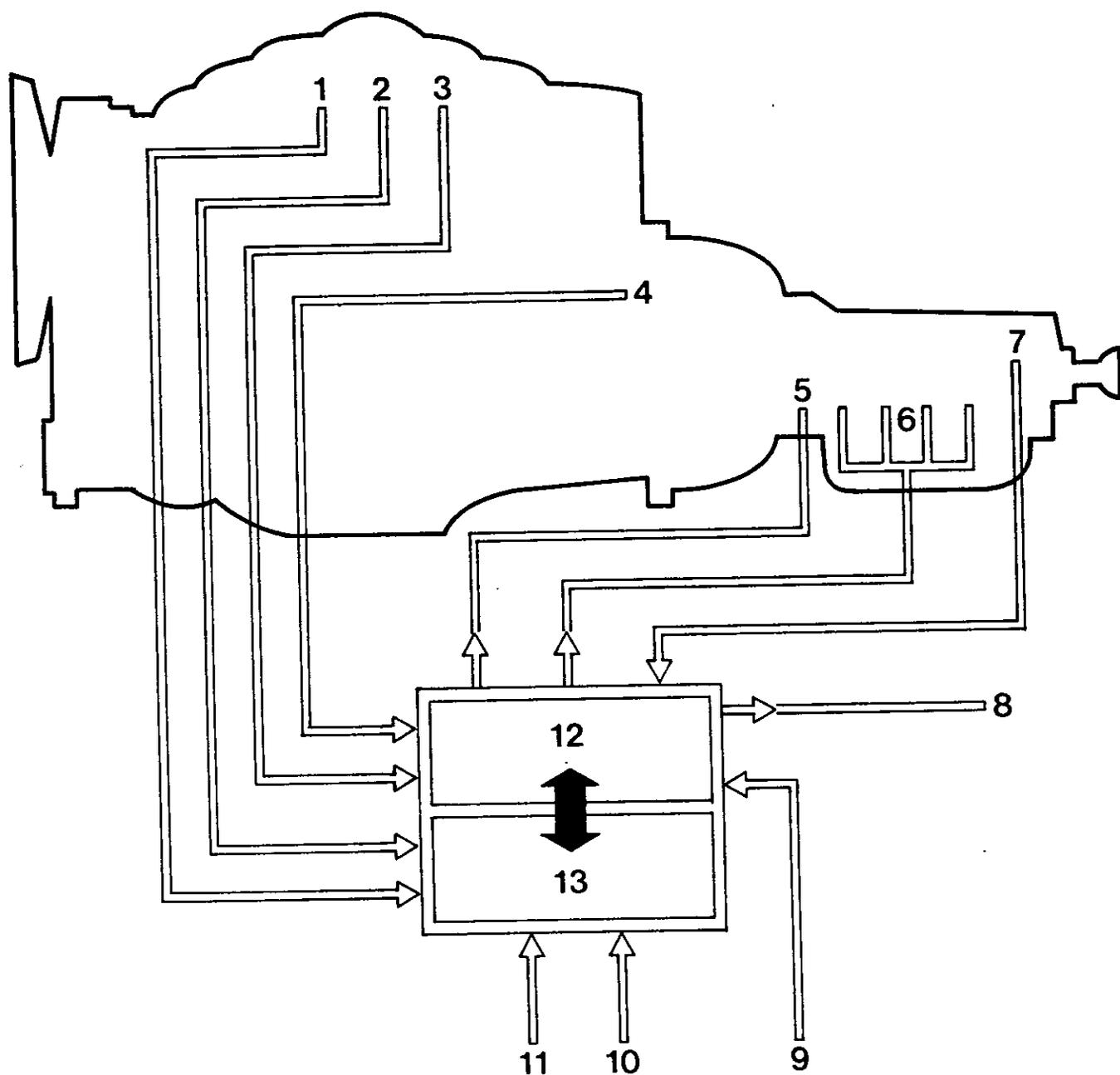
### Le cliquet de verrouillage de parking

Un cliquet de verrouillage agissant sur l'arbre de sortie de boîte est prévu pour immobiliser la voiture à l'arrêt.

Le cliquet de verrouillage n'est pas rigidement solidaire de la tringlerie de présélection de boîte. Une came repousse le levier du cliquet (2) dans la denture de la roue (1). Lorsque la voiture roule encore, le levier du cliquet prend appui sur un ressort et glisse par-dessus la roue jusqu'à l'immobilisation totale de celle-ci, moment auquel il s'engage dans un creux. Le déverrouillage du cliquet s'opère au moment de la manipulation de la tringlerie de sélection et aussi par le fait du poids propre du levier du cliquet.



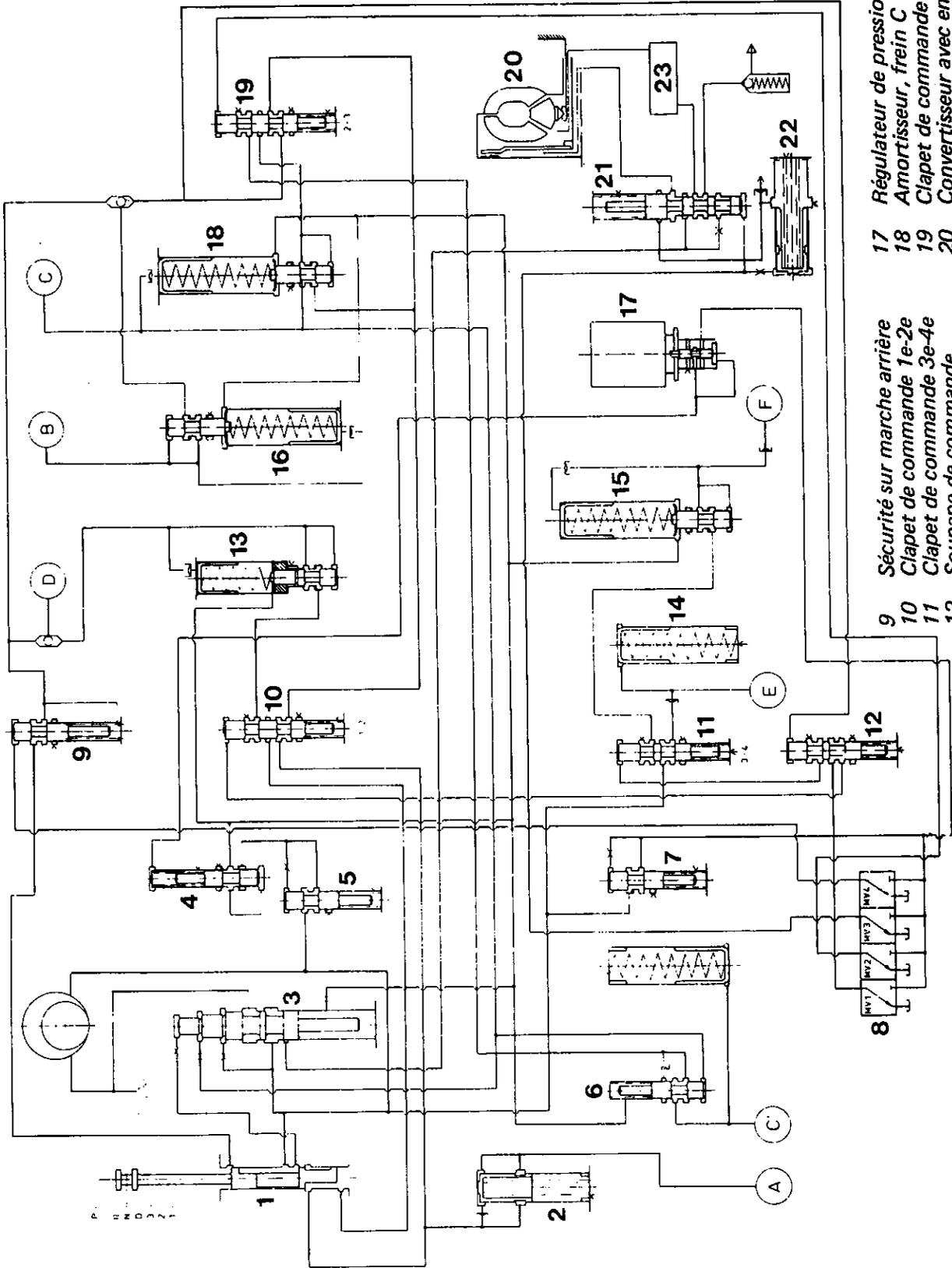
# COMMANDE ELECTRONIQUE-HYDRAULIQUE DE LA BOITE 4 HP 22 EH



- 1 Contacteur de papillon
- 2 Débitmètre d'air
- 3 Sonde de température
- 4 Capteur de régime moteur
- 5 Régulateur de pression
- 6 Electrovalves
- 7 Capteur de vitesse d'entraînement

- 8 Voyant de dérangement - Anomalie
- 9 Sélecteur de programme
- 10 Contacteur de kick-down
- 11 Levier sélecteur de boîte automatique
- 12 Bloc de commande boîte de vitesses
- 13 Bloc de commande moteur

**SCHEMA HYDRAULIQUE 4 HP 22 EH**



- 1 Tiroir sélecteur
- 2 Amortisseur, embrayage I
- 3 Tiroir principal
- 4 Soupape de modulation

- 5 Clapet réducteur de pression II
- 6 Clapet de commande, frein C'
- 7 Clapet réducteur de pression I
- 8 Electrovalve

- 9 Sécurité sur marche arrière
- 10 Clapet de commande 1e-2e
- 11 Clapet de commande 3e-4e
- 12 Soupape de commande 1e-2e-3e-4e
- 13 Amortisseur, frein D
- 14 Amortisseur, embrayage E
- 15 Amortisseur, frein F
- 16 Amortisseur, embrayage B

- 17 Régulateur de pression
- 18 Amortisseur, frein C
- 19 Clapet de commande 2e-3e
- 20 Clapet de pression et inverseur de convertisseur
- 21 Amortisseur de convertisseur de couple
- 22 Refroidisseur d'huile
- 23

## COMMANDE ELECTRONIQUE-HYDRAULIQUE

L'appareil de commande de la boîte de vitesses électronique comporte en supplément quatre électrovalves reliées à l'appareil de commande central.

### Commande des points de passage des rapports:

Les électrovalves qui opèrent l'engagement du rapport choisi par l'appareil de commande sont excitées en fonction des positions du levier de sélection, du contacteur de papillon de même qu'en fonction du signal de charge et de la vitesse de rotation de l'arbre de sortie de boîte.

Rapport	1	2	3 embr. conv.	4 sécurité m.AR
1	x	x		x
2		x		x
3			(x)	x
4	x		(x)	x
R				

x *Electrovalve excitée*  
(x) *selon état de marche*  
*Sécurité de marche AR activée*  
*au-dessus de 8 km/h.*

Les paramètres pris en compte pour la commande de la boîte 4 HP 22 EH sont: **temps d'injection, régime du moteur et température du liquide réfrigérant.**

Ces grandeurs sont traitées par le bloc électronique de réglage du moteur. Le signal calculé à partir de ces paramètres est proportionnel au couple du moteur.

### Vitesse de sortie de boîte

Elle est proportionnelle à la vitesse de déplacement de la voiture et elle est livrée par la boîte de vitesses par l'intermédiaire d'un capteur inductif.

Dans la commande électronique hydraulique, la partie électronique assure la régulation de la pression de modulation et l'actionnement des électrovalves et par conséquent les changements de rapport ainsi que le

serrage et la coupure de l'embrayage de blocage du convertisseur.

L'actionnement des embrayages et freins à lamelles est pris en charge par l'hydraulique étant donné que pression principale, pression de modulation et pression de convertisseur sont identiques à celles de la boîte 4 HP 22.

Le régulateur de pression est un électro-aimant à action proportionnelle qui fonctionne en dépendance de l'électronique de la boîte. Il donne la charge du moteur et décide du temps de passage c.-à-d. du temps de patinage des embrayages de même que de la qualité des changements. La pression hydraulique pour la soupape de modulation est contrôlée par le régulateur de pression au rapport 1:1 c.-à-d. que la soupape de modulation ne travaille que comme organe de transmission volumétrique. L'action du piston de modulation et du ressort atténue les oscillations de pression.

Le clapet réducteur de pression I abaisse la pression principale à la valeur nécessaire aux électrovalves et au régulateur de pression.

Le clapet réducteur de pression II assume une fonction de sécurité, garantissant la pression lorsque la soupape de modulation est coincée ou lorsque le régulateur de pression fournit une pression excessive.

Les fonctions de sécurité des clapets de transition/verrouillage I et II de la commande hydraulique sont prises en charge dans la boîte 4 HP 22 EH par l'électronique. La sécurité de marche arrière est contrôlée par l'électronique par l'intermédiaire d'une électrovalve — et non plus par la pression régulateur.

Dans la boîte 4 HP 22 EH, l'embrayage de blocage du convertisseur est également embrayé (serré) dans le 3e rapport aux alentours de 100 km/h.

Pendant le passage, l'électronique de la boîte de vitesses agit sur le bloc électronique moteur de manière telle que le point d'allumage du moteur se trouve reculé pour un laps de temps d'environ 200 ms. Ceci abaisse très

brèvement le couple-moteur et permet d'améliorer la qualité du passage des rapports tout en réduisant la charge sur la boîte de vitesses et en écourtant le temps de passage.

Une rétrogradation sur la 1e à pleins gaz en-dessous de 50 km/h n'est pas possible.

Si le conducteur, par une sollicitation extrême de la pédale d'accélérateur, demande au système une double rétrogradation — p.ex. de la 4e sur la 2e — une temporisation de l'électronique freine la "réponse" pour décomposer la rétrogradation en deux temps et éviter un passage trop brutal.

En cas de panne de l'alimentation électrique intervient un passage en commande purement hydraulique, selon la position du levier sélecteur, soit uniquement sur la 3e en marche avant, le point mort ou la marche arrière.

Sur la boîte 4 HP 22 EH, l'entrée en action (serrage) de l'embrayage de blocage du convertisseur n'intervient qu'à partir d'une température d'environ 50°C du liquide réfrigérant.

L'électronique offre la possibilité d'utiliser divers programmes de changements de vitesses. La boîte 4 HP 22 EH comporte 3 programmes:

**E** — Le programme normal pour conduite économique (moindre consommation de carburant) et confortable.

**S** — Programme prévoyant une conduite plus dure et plus performante. Ici, les points de commutation entre 1e-2e et 2e-3e se situent à des régimes plus élevés. Le 4e rapport n'est pas inclus dans ce programme.

**1-2-3** — Programme manuel qui permet d'utiliser la transmission presque comme une boîte de vitesses manuelle. Ce programme permet de bloquer la boîte sur n'importe lequel des trois rapports inférieurs choisis au moyen du levier sélecteur, c.-à-d. que la boîte ne travaille pas de façon automatique. Avec ce programme, la 4e ne peut pas non plus être engagée.

## COMMANDE ELECTRONIQUE-HYDRAULIQUE

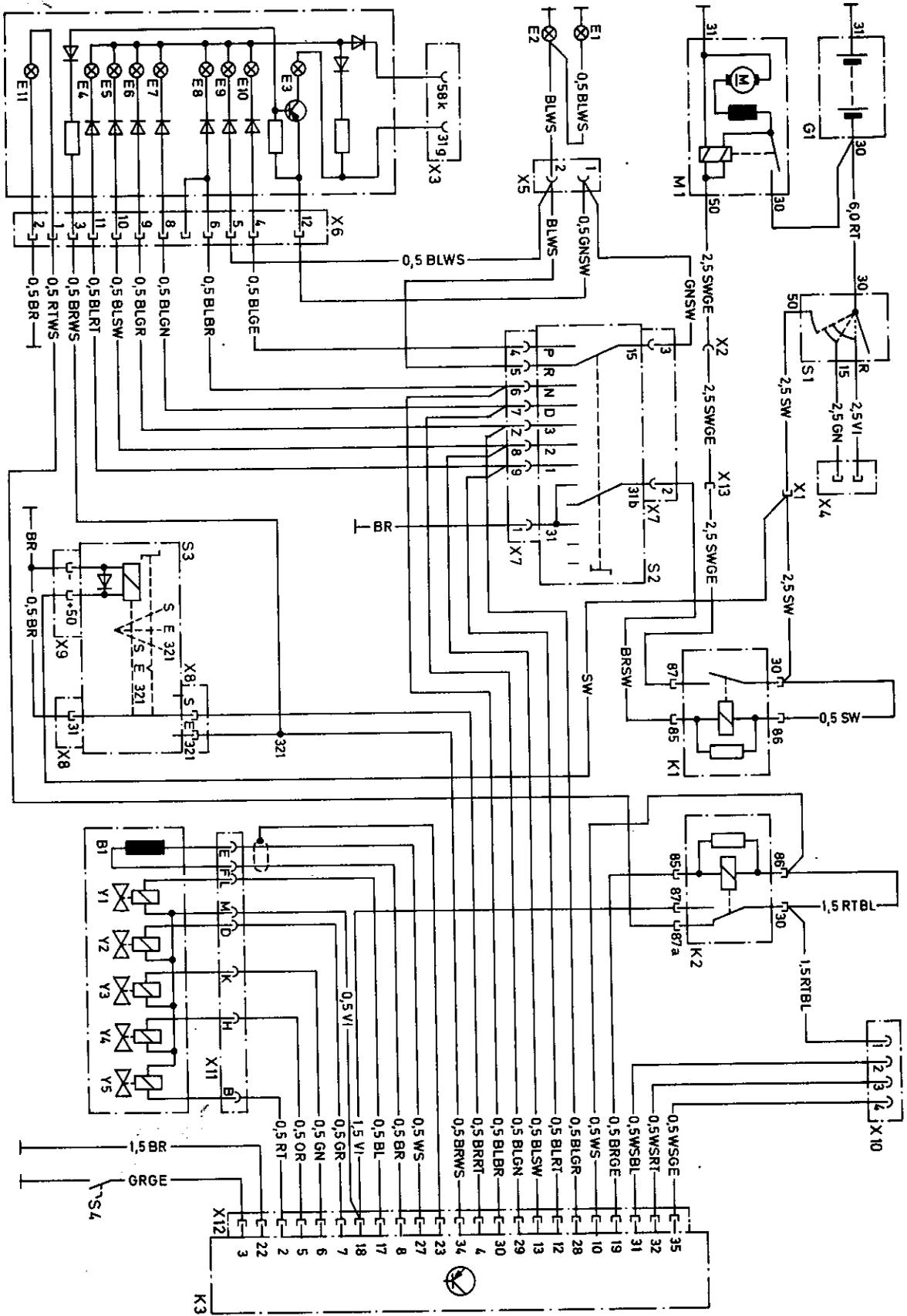
### Fonctions de sécurité sur la boîte 4 HP 22 EH

A chaque démarrage, l'appareillage électronique de commande de la boîte de vitesses se contrôle lui-même au moyen d'un programme de test interne pour vérifier sa sécurité de fonctionnement. Ce test s'étant déroulé de façon positive, l'électronique est mise en fonction. En cours d'utilisation, tous les signaux d'entrée sont testés pour vérifier qu'ils sont plausibles. Si cette vérification met une anomalie en lumière ou si l'alimentation électrique vient à être coupée, la boîte passe automatiquement sur le 3e rapport et l'embrayage de blocage du convertisseur de couple est également desserré (débrayé). Aucune situation critique ne peut plus intervenir alors dans cette situation. Un voyant lumineux de contrôle sur la planche de bord signale au conducteur la défaillance de l'électronique. Les fonctions parcage, marche arrière, point mort et 3e rapport restent disponibles et leur commande intervient par voie mécanique-hydraulique. La voiture reste par conséquent utilisable — certes avec des performances réduites — et peut être conduite jusqu'au prochain atelier de réparation.

B1	Capteur de régime
E1	Phare de recul dr.
E2	Phare de recul g.
E3	Affichage rapport 3 — 2 — 1
E4	Affichage rapport 1 (vert)
E5	Affichage rapport 2 (vert)
E6	Affichage rapport 3 (vert)
E7	Affichage rapport D (vert)
E8	Affichage rapport N (blanc)
E9	Affichage rapport R (jaune)
E10	Affichage rapport P (blanc)
E11	Affichage rapport, défaillance
G1	Batterie
K1	Relais de démarrage
K2	Relais de boîte de vitesses
K3	Appareil de commande électronique EH
M1	Démarrreur
S1	Contacteur d'allumage-démarrage
S2	Contacteur de boîte de vitesses
S3	Sélecteur de programme
S4	Contacteur de kick-down
X1	Connecteur contacteur d'allumage
X2	Connecteur faisceau partiel milieu câbles de moteur (19 pôles)
X3	Prise pour combiné d'instruments
X4	Prise pour contacteur d'allumage démarrage (9 pôles)
X5	Prise pour faisceau partiel de câbles arrière (2 pôles)
X6	Prise pour affichage de rapport de boîte (12 pôles)
X7	Prise pour contacteur de boîte de vitesses (9 pôles, Z: supplément pour 4 rapports)
X8	Prise pour sélecteur de programme (3 pôles)
X9	Prise pour électro-aimant (2 pôles)
X10	Prise pour faisceau de câbles Motronic (4 pôles)
X11	Prise pour boîte de vitesses (8 pôles)
X12	Prise pour appareil de commande électronique EH (35 pôles)
X13	Prise pour faisceau partiel de câbles milieu
Y1	Electrovalve embrayage de convertisseur
Y2	Electrovalve TRS
Y3	Electrovalve 2-3
Y4	Electrovalve 1 -2, 3-4
Y5	Electrovalve, régulateur de pression

Tous les câbles sans indication de section:  
0,75 mm<sup>2</sup>.

SCHEMA ELECTRIQUE POUR BOITE 4 HP 22 EH



## REMARQUES GENERALES, CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

### Remorquage

Avec le levier sélecteur sur "N", la voiture pourra être remorquée sur une distance de 40 à 50 km env. à une vitesse de 50 km/h. Si l'on prend soin de verser 1 litre d'huile de boîte, on pourra également parcourir ainsi des distances plus longues. Après remise en état de la voiture, il conviendra de rétablir le niveau correct d'huile dans la boîte de vitesses.

### Lancement du moteur par poussée (par la boîte)

Le lancement du moteur de cette façon n'est pas possible avec la boîte 4 HP 22.

Démultiplications	1e vitesse	2,48
	2e vitesse	1,48
	3e vitesse	1,00
	4e vitesse	0,73
	Marche AR	2,09

Poids de la boîte de vitesses sans huile  
ni convertisseur de couple 45,5 kg env.

Poids du convertisseur de couple 15,0 kg env.

Quantité d'huile de remplissage (avec  
convertisseur de couple, sans refroidisseur  
d'huile), nouveau remplissage 6,5 à 8,0 l env.

Quantité d'huile de remplissage lors  
des vidanges 3,0 l env.

Sortes d'huiles autorisées voir caractéristiques techniques valables