

Leçon 7

Les dispositifs de commande automatique des boîtes de vitesses à trains épicycloïdaux - Asservissements

Nous avons vu dans la leçon précédente que, pour réaliser un rapport avec un train épicycloïdal, il était nécessaire d'obtenir :

- un élément rendu moteur grâce à un embrayage,
- un élément de réaction, bloqué par un frein ou par une roue libre,
- un élément récepteur.

Il est donc indispensable, pour réaliser le passage des vitesses, de commander sélectivement et automatiquement la mise en action des embrayages et des freins concernés pour chaque rapport.

Comment la commande des embrayages et des freins est-elle réalisée ?

Chaque embrayage et frein agissant sur le train épicycloïdal est actionné par un récepteur hydraulique qui entre en action lorsqu'une pression lui est appliquée.

Un bloc ou distributeur hydraulique comprenant un ensemble de vannes, reçoit la pression d'une pompe et la dirige vers les différents embrayages et freins selon :

- la position du sélecteur manuel,
- la vitesse du véhicule,
- la position de la pédale d'accélérateur (charge du moteur).

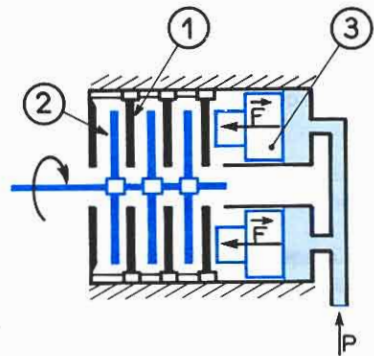


Fig. 7.1. Principe de fonctionnement d'un embrayage frein multidisques à commande hydraulique.

- ① Disques métalliques liés en rotation au carter fixe libres en translation (liaison glissière).
- ② Disques d'embrayages liés en rotation à un arbre du train épicycloïdal libre en translation (liaison glissière).
- ③ Pistons permettant de comprimer l'empilage grâce à l'action d'une pression hydraulique (P).

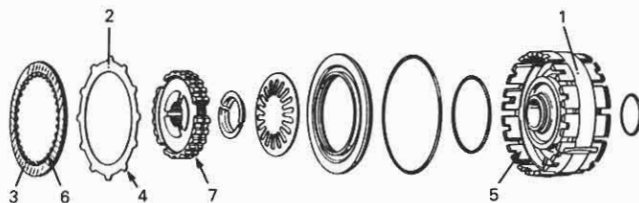


Fig. 7.2. Éléments d'un embrayage multidisques. (Document Citroën.)

- ① Élément porteur solidaire du carter de boîte de vitesses.
- ② Disques métalliques fixes en rotation grâce aux encoches (4) s'engageant dans les rainures (5) de l'élément porteur.
- ③ Disque d'embrayage garni de matière de friction lié en rotation au moyeu par des canelures (6). Moyeu solidaire du train épicycloïdal (7).

Quel est le principe de fonctionnement des vannes hydrauliques ?

Vanne manuelle appelée également tiroir de sélection.

Le déplacement du sélecteur manuel provoque le déplacement d'un tiroir hydraulique qui alimente ou met en fuite certains circuits, selon la position qui lui a été donnée.

Vanne automatique appelée vanne du tiroir de passage.

Le déplacement du tiroir est provoqué par des actions à distance. Il est possible de faire varier la position du tiroir par :

- différence de pression aux deux extrémités du tiroir,
- différence de diamètre des extrémités du tiroir,
- l'action d'une pression d'un côté et celle d'un ressort taré de l'autre,
- la conjugaison de ces actions.

Comment les actions qui déterminent le déplacement des tiroirs sont-elles provoquées ?

Lorsque le sélecteur est en position « D » drive, le déplacement des tiroirs est conditionné par les informations communiquées par deux éléments antagonistes qui sont :

- un détecteur de vitesse du véhicule dont l'action tend à faire engager le rapport supérieur,
- un détecteur de position de la pédale d'accélérateur (charge du moteur) dont l'action tend à s'opposer à l'engagement du rapport supérieur.

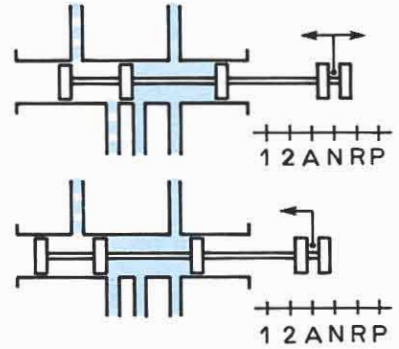


Fig. 7.3. Principe de fonctionnement d'une vanne manuelle ou tiroir de sélection.

==== circuit alimenté.
---- circuit en fuite ou en décharge.

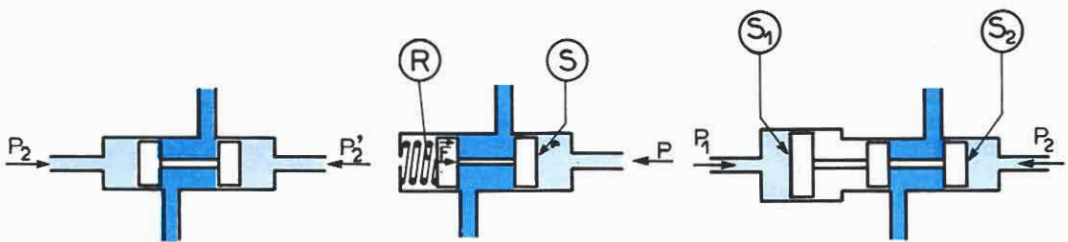


Fig. 7.4. a) Position d'équilibre si $P_2 = P'_2$.

Fig. 7.4. b) Position d'équilibre si $P_1 \cdot S_1 = P_2 \cdot S_2$.

Fig. 7.4. c) Position d'équilibre si $F_r = P \cdot S$.

La comparaison de ces deux informations peut être effectuée :

- électriquement, par comparaison des tensions reçues des détecteurs électriques par un comparateur électronique,
- hydrauliquement, par l'action de pressions variables, agissant aux deux extrémités des vannes ou tiroirs et provenant des détecteurs hydrauliques.

Quels sont les principes de fonctionnement des éléments de détection ?

a) Détection électrique.

• Information vitesse du véhicule.

Un petit alternateur appelé **gouverneur**, entraîné en rotation par l'arbre secondaire de la boîte de vitesses, débite un courant dont la tension est proportionnelle à la vitesse du véhicule. La montée en tension favorise la commande de passage du rapport supérieur par le comparateur.

• Information charge du moteur.

Un mécanisme à levier fixé sur le gouverneur, commandé mécaniquement par la pédale d'accélérateur, modifie la position des masses polaires du gouverneur.

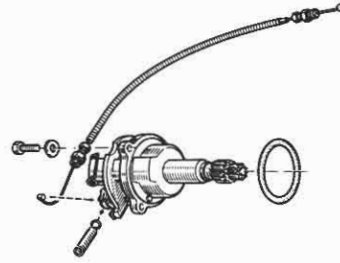


Fig. 7.5. Gouverneur (Document Renault)

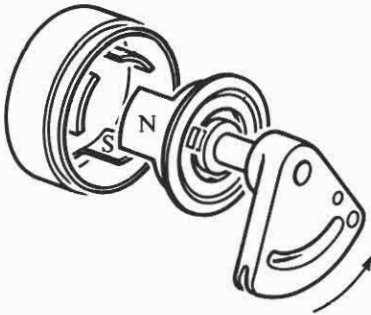


Fig. 7.6 a) Dessin de gouverneur en position facteur vitesse.

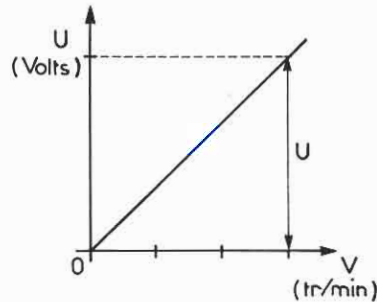


Fig. 7.6 b) Information vitesse tension proportionnelle à la vitesse du véhicule.

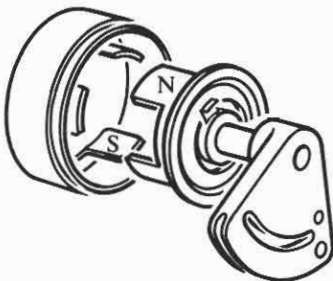


Fig. 7.7 a) Dessin de gouverneur en position facteur charge.

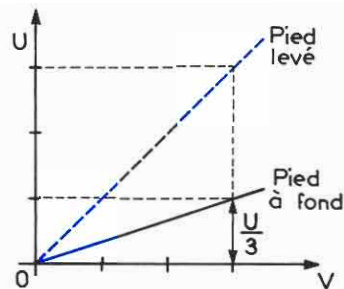


Fig. 7.7 b) Information charge. Accélérateur à fond, la tension est diminuée d'environ 2/3. Pour une vitesse de rotation donnée, il existe une plage de tension allant de pied levé à pied à fond.

Ce mécanisme tend à s'opposer à l'élévation de tension.

Son action est proportionnelle à l'enfoncement de la pédale d'accélérateur.

b) Détection hydraulique.

- **Information vitesse du véhicule (fig. 7.8).**

Un **régulateur centrifuge** entraîné en rotation par l'arbre secondaire, **augmente la pression hydraulique (P_2), proportionnellement à la vitesse du véhicule.**

Cette pression favorise le passage du rapport supérieur en agissant sur les vannes de commande.

- **Information charge du moteur.**

Un **tiroir de pression de charge moteur** détermine une **pression qui tend à s'opposer à la pression du régulateur centrifuge** sur les tiroirs de passage des vitesses.

Ce tiroir est commandé par une **came liée à la pédale d'accélérateur**.

Nota : Nous voyons que dans tous les cas, le fonctionnement des freins et des embrayages est commandé par un circuit hydraulique. Par contre, le circuit de servo-commande à qui incombe les décisions de passage des vitesses est constitué d'un ensemble d'éléments qui peuvent être :

- en partie électrique et en partie hydraulique (commande électro-hydraulique),
- entièrement hydraulique.

Comment les décisions de passage des rapports sont-elles obtenues dans les boîtes de vitesses à commande électro-hydraulique ?

Un **comparateur électronique (fig. 7.10)** reçoit à ses bornes (9 et 10) les informations du « **gouverneur** » sous la forme d'une **tension alternative**. Après **redressement** et **comparaison** de cette tension avec une **tension de référence**, il déclenche le fonctionnement de deux électrovannes appelées **électro-pilotes (EL₁ et EL₂)**.

Lorsque la **tension variable du gouverneur** atteint une valeur prédéterminée aux points A et B, le comparateur **autorise ou coupe le retour à la masse** de l'électro-pilote à actionner.

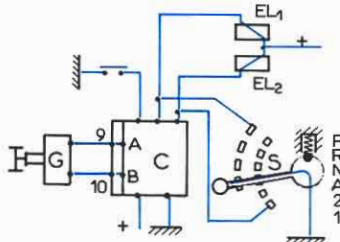


Fig. 7.10. Circuit électrique d'une commande électro-hydraulique.

G : Gouverneur.
C : Comparateur électronique.
S : Sélecteur manuel.
EL₁, EL₂ : Électro-pilotes.

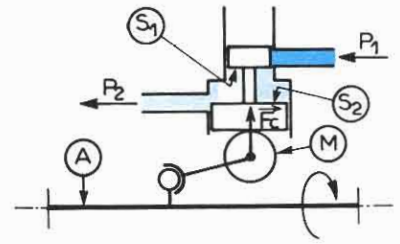


Fig. 7.8. Principe du régulateur centrifuge. P_1 : Pression principale de la pompe. Lorsque la vitesse de rotation de l'arbre secondaire (A) augmente, le tiroir se déplace actionné par la force centrifuge F_c acquise par la masse (M). La position d'équilibre à toutes les pressions (régulation) est obtenue par la différence de section de S_1 et S_2 . Si P_2 augmente anormalement la pression agit d'une manière plus importante sur S_2 . Le tiroir est repoussé en opposition avec (M). P_1 est à nouveau obturé.

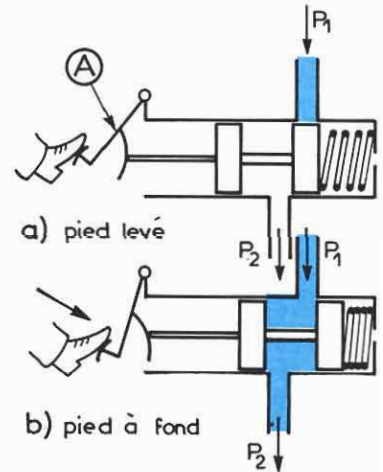


Fig. 7.9. Principe de fonctionnement du tiroir de pression de charge moteur :

P_1 : Pression d'alimentation. (A) : accélérateur.

P_2 : Vers les vannes de commandes.

a) P_2 : nulle.

b) P_2 : maximale.

Quel est le rôle des électro-pilotes ?

Les électro-pilotes permettent de maintenir ou de diminuer la pression qui s'exerce à une des extrémités du tiroir de la **vanne de passage (VP)** (fig. 7.11). Les électro-pilotes agissent sur la vanne de passage en parallèle avec la **vanne manuelle (VM)**.

Fonctionnement d'ensemble du circuit électro-hydraulique (fig. 7.12) (Renault).

• *Position N (neutral) ou point mort.*

Le conducteur met le levier de sélection en position neutre. Il obtient simultanément :

- la mise à la masse des deux électro-pilotes (EL₁ et EL₂),

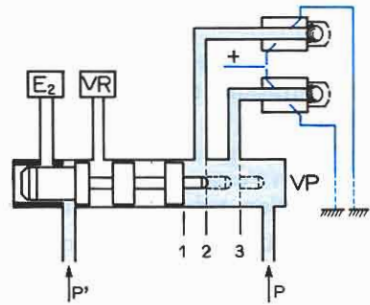


Fig. 7.11. La mise en fuite successive des deux électro-pilotes permet le passage de la deuxième et de la troisième vitesse.

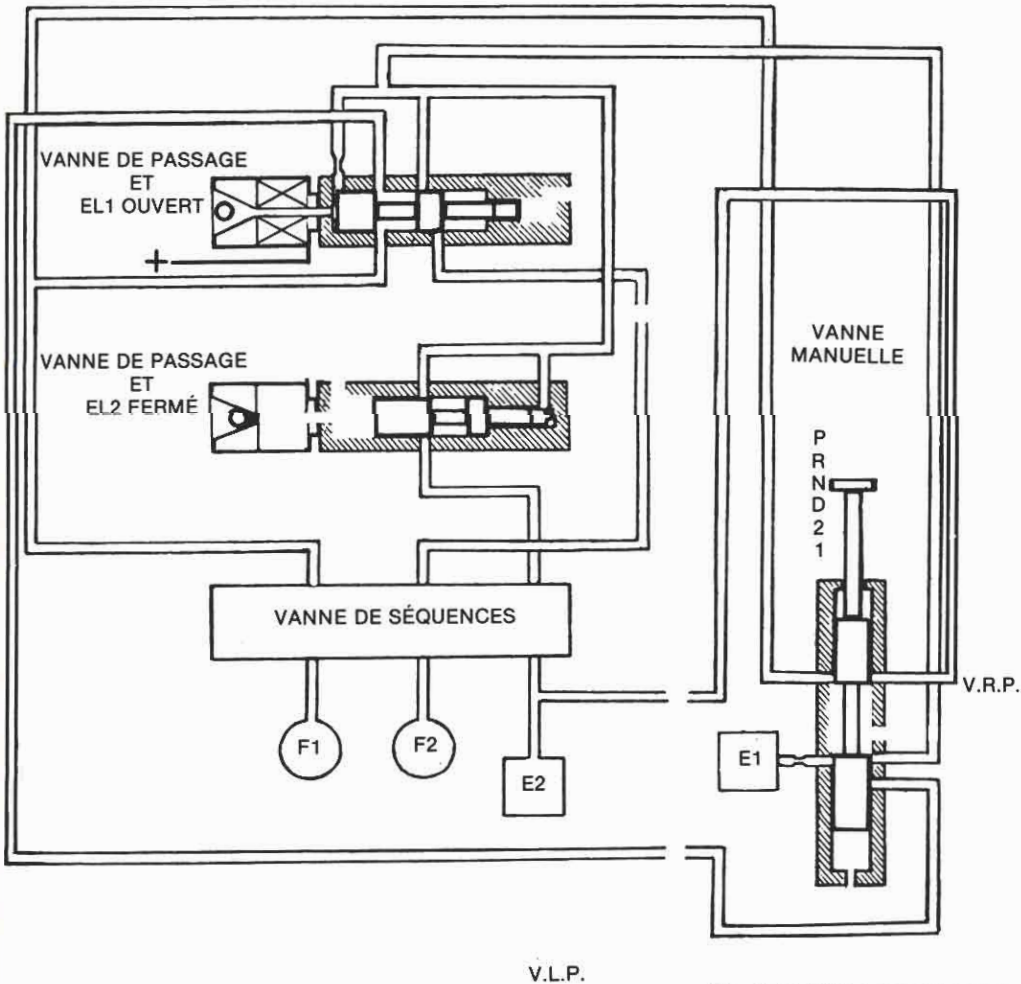


Fig. 7.12. (Document Renault.)

- le positionnement du tiroir de la **vanne manuelle (VM)** en **N**.

La vanne manuelle en cette position ne permet **aucune alimentation** des éléments de commande du train épicycloïdal.

Par ailleurs, les **deux électro-pilotes étant obturés**, la **pression s'exerce sur la vanne de passage** et la maintient en **position extrême**. **Aucun rapport n'est engagé**.

Nota : Lorsque les éléments E_1 , E_2 , F_1 et F_2 doivent être desserrés, leurs alimentations sont mises en fuite ou en décharge.

- *Position automatique « D » ou « A » (fig. 7.13).*

Le levier de sélection est mis en position « D » ou « A » pour obtenir une conduite entièrement automatique.

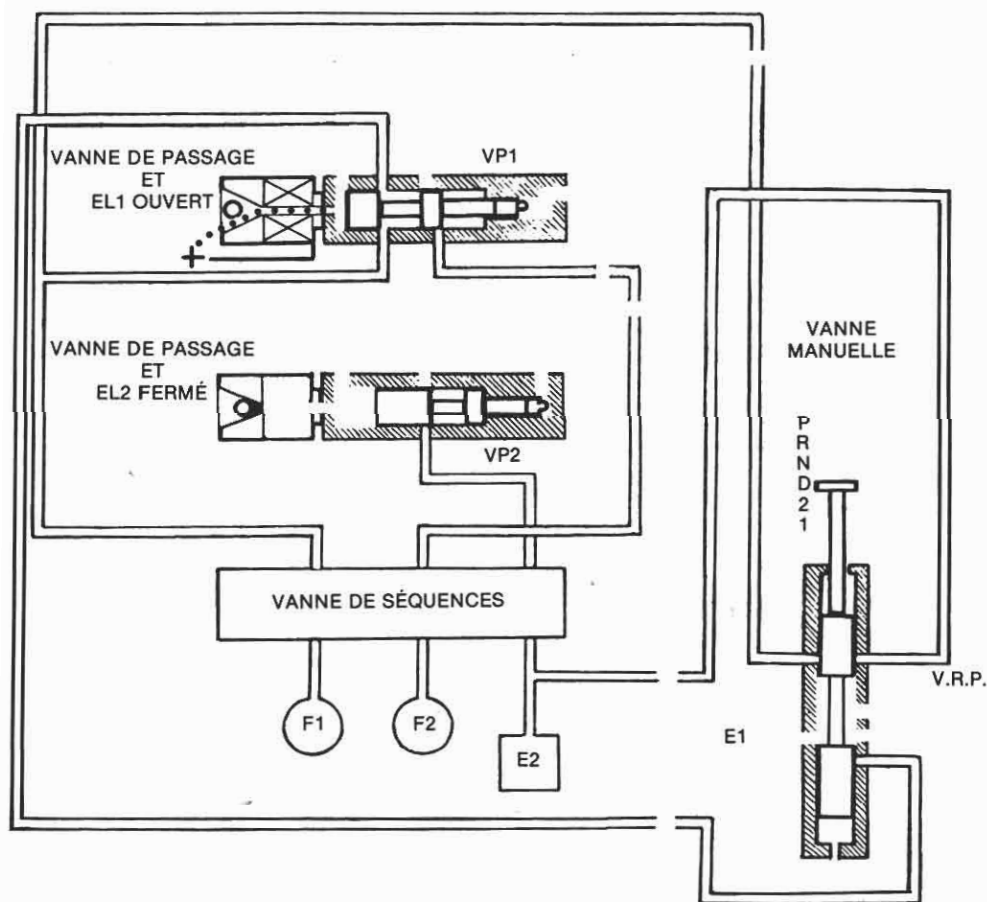


Fig. 7.13. (Document Renault.)

On obtient simultanément :

- la **position A** du **contacteur du comparateur** qui n'assure plus de liaison électrique,
- le positionnement de la **vanne manuelle en A**.

• *Première automatique (sans charge).*

Le véhicule est immobile, la **tension du gouverneur** est nulle et les **électro-pilotes EL₁** et **EL₂** sont alimentés.

Malgré son déplacement, la **vanne manuelle conserve le circuit hydraulique précédent**, de plus, elle permet l'**alimentation directe de l'embrayage E₁**. Ce même canal alimente la **partie gauche de la vanne de passage (VP)**. La **section de droite étant plus importante que celle de gauche**, la vanne de passage reste en position **extrême gauche**. L'**embrayage E₁** étant alimenté, la **turbine est solidaire de P₁**. Le **porte-satellites se bloque sur sa roue libre**.

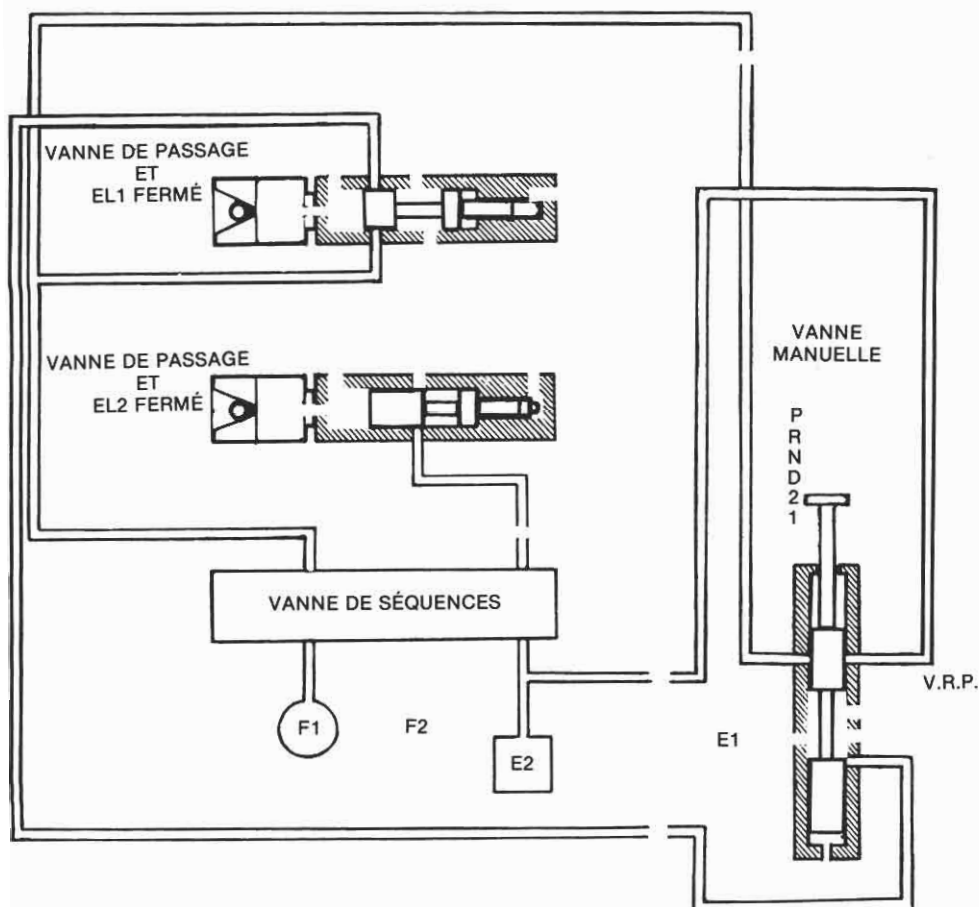


Fig. 7.14. (Document Renault.)

A l'accélération, la voiture démarre sur le premier rapport. La voiture roule en première vitesse, la **tension du gouverneur croît** proportionnellement à la vitesse du véhicule.

• *Deuxième automatique.*

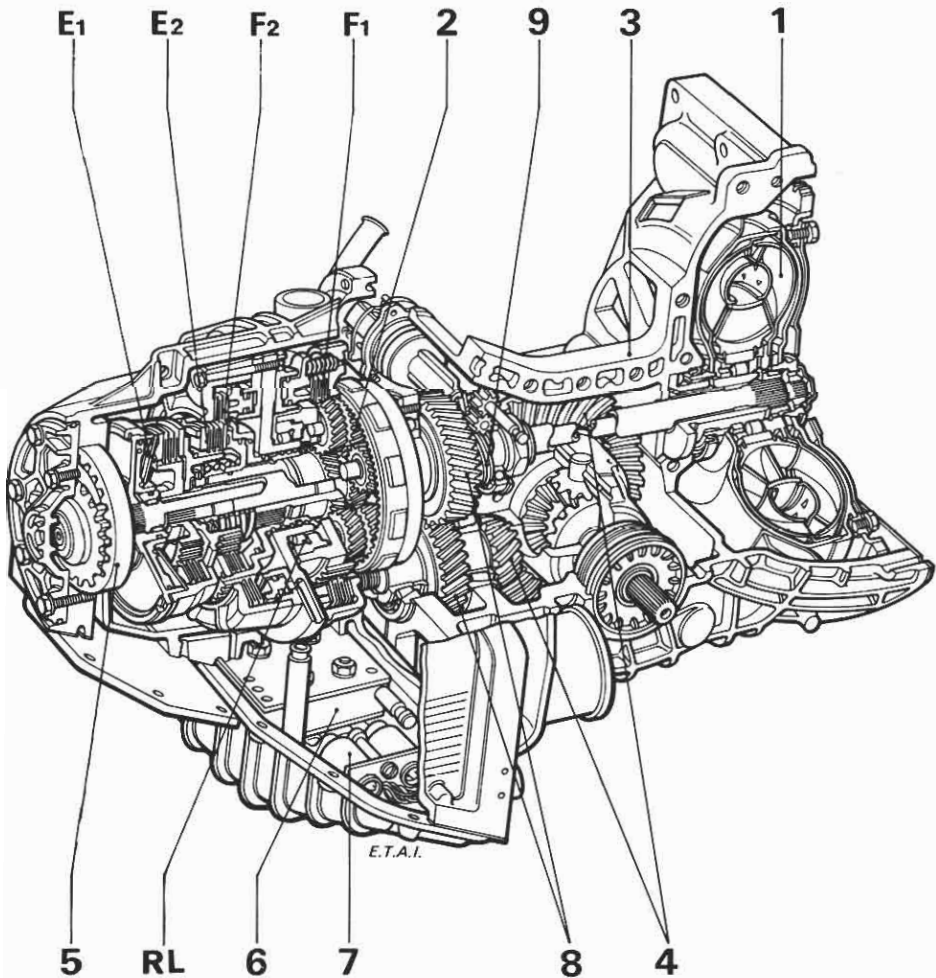
Lorsque la tension atteint la **valeur prédéterminée**, elle provoque le fonctionnement du dispositif de **commande des électro-pilotes**.

L'**électro-pilote EL₁**, n'est plus excité. Le canal de EL₁, étant libéré, la **vanne de passage** poussée par la pression se **déplace vers la droite** pour se mettre en équilibre au droit du canal.

Le déplacement de la vanne de passage a ouvert sur la gauche un **canal de liaison** avec la **vanne relais (VR)** qui alimente directement le **frein F₂**. L'**embrayage E₁** est

Fig. 7.15. Boîte à commande, électro-hydraulique. (Document Renault.)

- 1: Convertisseur de couple.
 - 2: Train épicycloïdal et ses éléments.
 - 3: Carter de différentiel.
 - 4: Pignon d'attaque. Couronne.
 - 5: Pompe à huile.
 - 6: Distributeur hydraulique.
 - 7: Électro-pilotes.
 - 8: Pignons de descente.
 - 9: Vis sans fin du gouverneur.
- E₁ et E₂: Embrayage.
F₁ et F₂: Frein.
RL: Roue libre du train épicycloïdal.



- *Position neutre.*

Le conducteur place le **sélecteur sur « N »** ce qui a pour effet de placer le tiroir de sélection (8) dans la position correspondante. Dans cette position, le tiroir de sélection ne permettant pas l'alimentation des tiroirs de passage des vitesses, aucun récepteur n'est actionné.

- *Position automatique (fig. 7.17).*

Le tiroir de sélection est placé en **position « A »** et permet ainsi l'arrivée de la pression :

- au tiroir de 1^{re}-2^e qui est fermé,
- au **régulateur centrifuge** qui, ne tournant pas, a son tiroir fermé,
- au **récepteur d'embrayage (A)** qui met en liaison la couronne de marche avant avec le convertisseur.

La première vitesse est engagée.

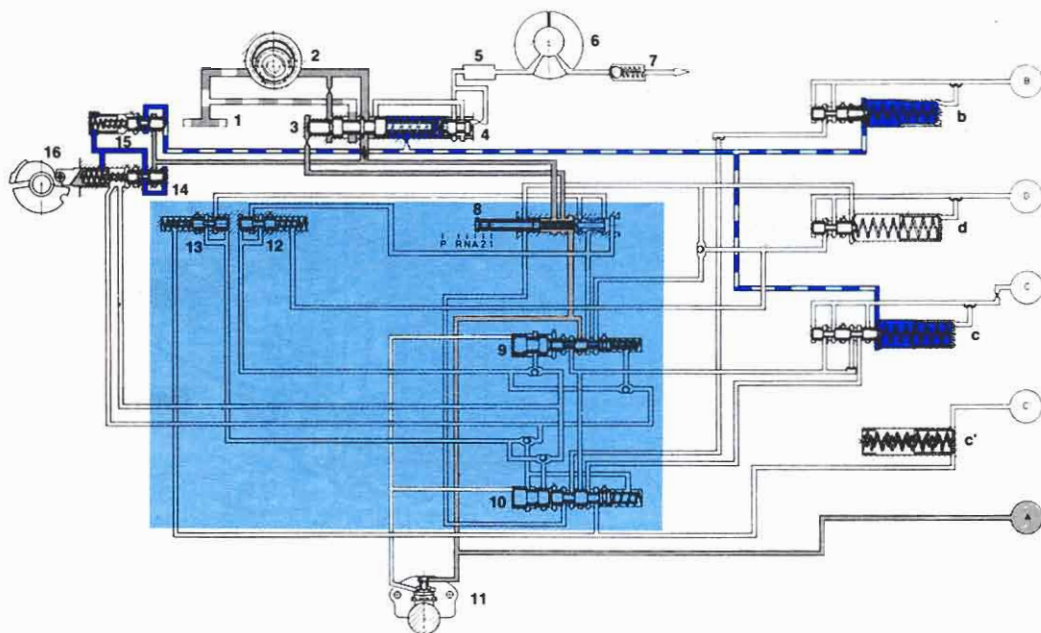
- *Première vitesse « sans charge »* (pédale faiblement enfoncée).

Le véhicule commence à rouler. Au fur et à mesure qu'il prend de la vitesse, le régulateur centrifuge (11) délivre une pression de plus en plus élevée.

Le tiroir de passage de 1^{re}-2^e est alors soumis à plusieurs actions :

- du côté de sa petite section :
 - * action du ressort,
 - * pression du tiroir de pression de charge moteur (presque nulle en position faible charge);
- du côté de sa grande section :
 - * action de la pression délivrée par le régulateur centrifuge (11) proportionnelle à la vitesse du véhicule.

Fig. 7.17. Sélecteur en position A (automatique). Première vitesse sans charge. (Document Citroën.)



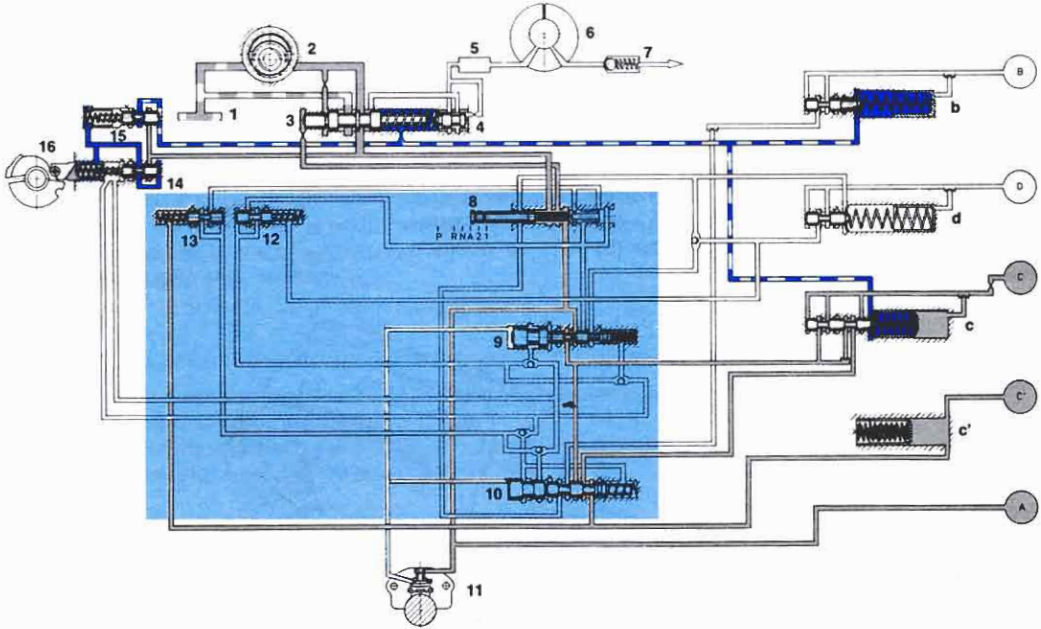
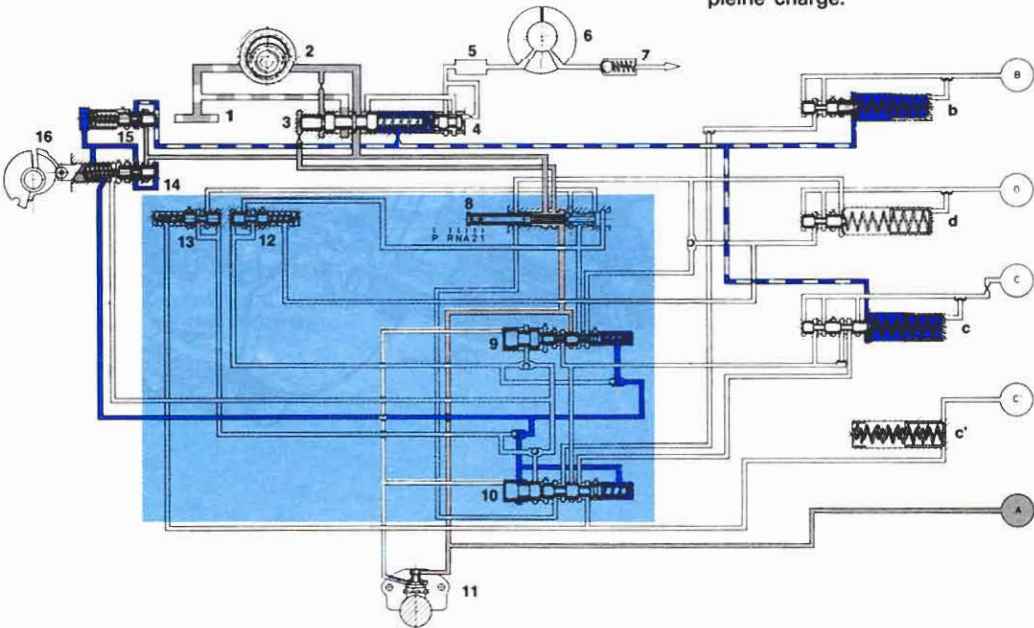


Fig. 7.18. Sélecteur en position A (automatique). Deuxième vitesse sans charge. (Document Citroën.)

• Deuxième vitesse « sans charge » (fig. 7.18).
Lorsque l'action de la pression délivrée par le régulateur centrifuge devient **prépondérante aux actions antagonistes**, le tiroir se déplace, ouvrant l'accès vers les récepteurs hydrauliques des freins C et C'.

Fig. 7.19. Sélecteur en position A (automatique). Première vitesse pleine charge.



La deuxième vitesse est engagée.

- *Première vitesse avec charge (pied à fond) (fig. 7.19).*

L'action du ressort du tiroir de passage de 1^{re}-2^e est renforcée par la pression du tiroir de correction de charge moteur (14) qui est alors maximale.

La pression du régulateur centrifuge (11) devra être plus élevée (vitesse du véhicule plus grande) pour permettre le déplacement du tiroir (9) vers sa position deuxième vitesse.

Fig. 7.20. Boîte de vitesse automatique CX. (Document Citroën.)

