

S O M M A I R E

La direction assistée :

DIRASS et DIRAVI, les fonctions page 2

Première partie

La DIRASS page 3

- le vérin d'assistance page 4
- la valve rotative page 4
- le répartiteur de débit page 6
- récapitulation et question page 9

Deuxième partie

La DIRAVI page 10

Fonction assistance

- le vérin d'assistance page 12
- le distributeur TC du bloc de commande page 13

Fonction durcissement

du braquage en fonction de la vitesse

- la came du bloc de commande page 15
- le régulateur centrifuge page 16

Fonction asservissement du rappel

- fonction "durcissement" + fonction page 17
- asservissement du rappel page 17
- le régulateur à débit variable page 17

S O M M A I R E

LES DIRECTIONS ASSISTÉES

AUTOMOBILES CITROËN
Société Anonyme au capital de 1 400 000 000 F R.C.S. Nanterre B 642 050 199
Siège Social : 62, boulevard Victor Hugo - 92208 Neuilly-sur Seine cedex
Tél. (1) 47 48 41 41 - Télex : CITR 614 830 F

L'INSTITUT CITROËN
Direction des ressources Humaines
Centre International de Formation Commerce
Édition : janvier 1994

© AUTOMOBILES CITROËN Toute reproduction ou traduction même partielle sans autorisation écrite d'AUTOMOBILES CITROËN est interdite et constitue une contrefaçon



La direction assistée

Heureusement, il ne reste aujourd'hui de ces "justifications" que des notions évidentes et nécessaires de confort et de sécurité.

La critique s'est souvent élevée contre des idées d'avant-garde : des peintres qui bouleversent les habitudes du regard, des musiciens qui chamboulent les traditions harmoniques, des romanciers en marge des styles littéraires classiques ... et bien souvent, les vents de la critique passés, ces aventuriers atypiques rencontrent la reconnaissance, la reconnaissance d'avoir su montrer de nouvelles voies. Ces critiques s'appliquent aux créations artistiques, aux découvertes scientifiques, comme aux innovations techniques.

" La DS a été, dès 1955, la première voiture équipée en série, d'une direction assistée. Cela était indispensable étant donné le poids sur l'avant pour obtenir, d'une part, la rapidité d'évolution en virage qui était permise par les possibilités de tenue de route de la suspension hydropneumatique et, d'autre part, une réduction des efforts de manœuvre de garage. (...) On pourrait objecter que tout le monde ne cherche pas à battre des records dans les lacets du col de Braus. C'est exact. Mais la nécessité d'une direction très directe se fait sentir même à basse allure lorsqu'on veut éviter un obstacle imprévu. Combien d'accidents ont été provoqués par le manque de force des conducteurs sur leur volant ou leur impossibilité de tourner rapidement celui-ci ?"

Paul Magès,
lettre du 16 février 1970

Nous retrouverons d'autres passages de cette lettre tout au long de ce cahier.

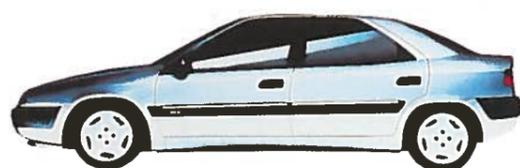
Actuellement, la direction assistée hydrauliquement équipe tous les véhicules haut de gamme CITROEN. Douce, précise et sûre en toutes circonstances, elle réduit l'effort physique du conducteur. En ville, la direction assistée procure aisance et précision : elle facilite les manœuvres à grande amplitude et à faible vitesse.

Cette précision de la direction, déterminante en matière de sécurité active, découle en partie des caractéristiques de la suspension. Or, grâce à la suspension hydraulique, la hauteur et l'assiette du véhicule restent constantes quelle que soit la charge. Le guidage des roues est toujours réalisé de façon optimale.

Comme nous l'avons vu précédemment, on distingue 2 types de direction assistée :

- la direction assistée classique : la DIRASS,
- la direction assistée à effort variable en fonction de la vitesse : la DIRAVI, plus perfectionnée.

Xantia



L'étude du fonctionnement de la DIRASS fera l'objet de la première partie de ce cahier. En seconde partie, nous étudierons la DIRAVI.

FONCTIONS	DIRASS	DIRAVI
Assistance	•	•
Durcissement de la direction en fonction de la vitesse du véhicule		•
Asservissement du rappel		•
Véhicules équipés	Xantia, XM	XM



La SM

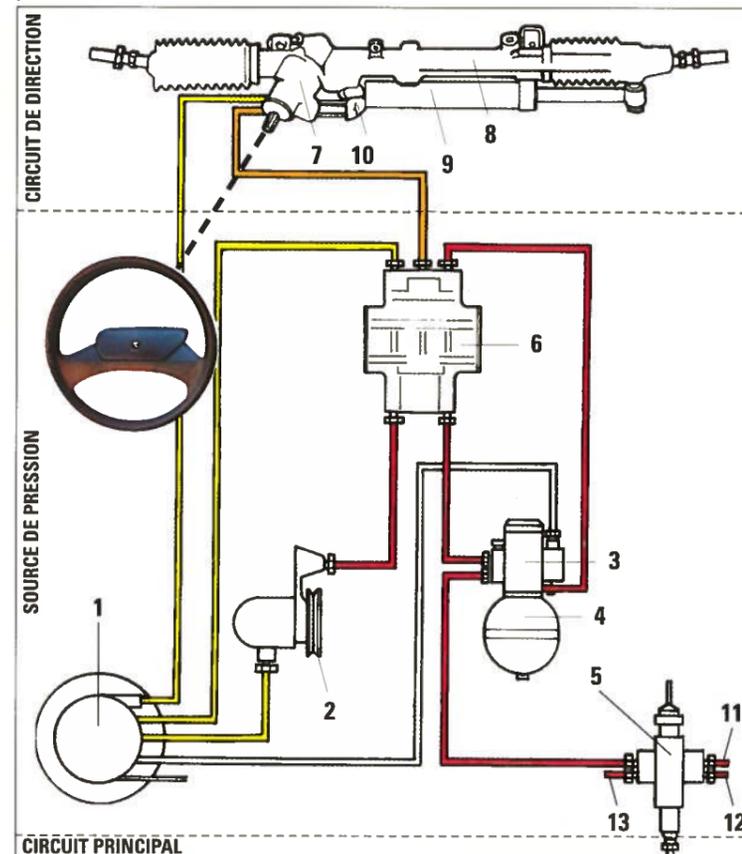
LA DIRASS

DIRASS et source de pression

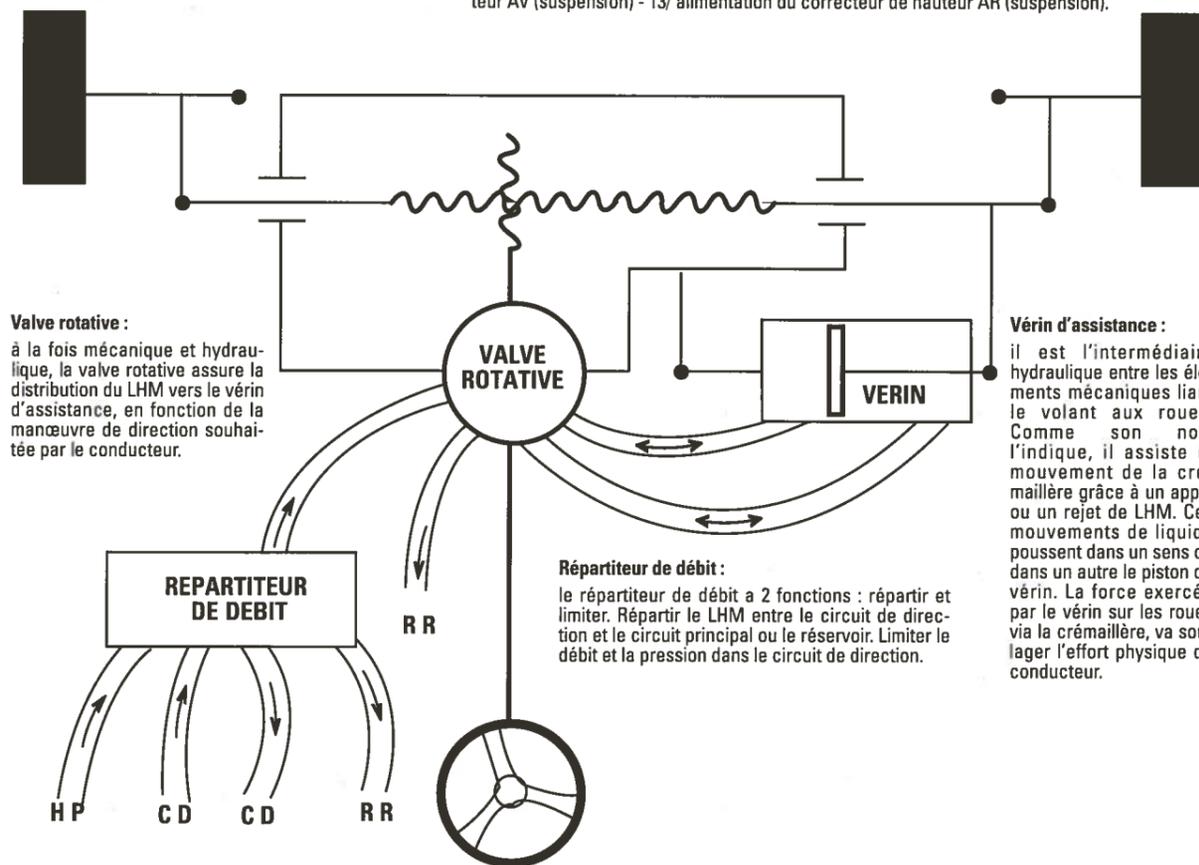
La source de pression d'un véhicule équipé d'une direction assistée diffère de celle des véhicules classiques par l'existence d'un **répartiteur de débit**, sauf si il est équipé d'une pompe HP "6 + 2" (avec fonction anti-affaissement). Ce nouvel organe est en communication avec le **conjoncteur-disjoncteur** qui comprend donc une **sortie supplémentaire**.

Ces deux différences annoncent 2 circuits distincts : en effet, la source de pression alimente non seulement le circuit principal (suspension, freins) mais aussi le circuit de direction.

Nota : si le véhicule n'est pas équipé d'une suspension hydraulique, comme c'est le cas pour la ZX, une **petite pompe indépendante** entraînée par le moteur permettra d'alimenter le circuit hydraulique de la direction. Complété d'un **régulateur de débit**, le circuit hydraulique sera semblable à celui de la DIRASS.



Direction assistée (type Xantia) : circuits et mécanismes hydrauliques.
 Source de pression : 1/ réservoir - 2/ pompe hydraulique - 3/ conjoncteur-disjoncteur - 4/ accumulateur principal - 5/ vanne de priorité - 6/ répartiteur de débit.
 Circuit de direction : 7/ valve rotative - 8/boîtier de direction - 9/ vérin d'assistance - 10/ retour de fuites.
 Circuit principal : 11/ alimentation du doseur de freins - 12/ alimentation du correcteur de hauteur AV (suspension) - 13/ alimentation du correcteur de hauteur AR (suspension).



Valve rotative :
à la fois mécanique et hydraulique, la valve rotative assure la distribution du LHM vers le vérin d'assistance, en fonction de la manœuvre de direction souhaitée par le conducteur.

VALVE ROTATIVE

Vérin d'assistance :
il est l'intermédiaire hydraulique entre les éléments mécaniques liant le volant aux roues. Comme son nom l'indique, il assiste le mouvement de la crémaillère grâce à un appel ou un rejet de LHM. Ces mouvements de liquide poussent dans un sens ou dans un autre le piston du vérin. La force exercée par le vérin sur les roues via la crémaillère, va soulager l'effort physique du conducteur.

Répartiteur de débit :
le répartiteur de débit a 2 fonctions : répartir et limiter. Répartir le LHM entre le circuit de direction et le circuit principal ou le réservoir. Limiter le débit et la pression dans le circuit de direction.

REPARTITEUR DE DEBIT

RR

HP

CD

CD

RR

Vérin d'assistance, valve rotative et répartiteur de débit, les 3 acteurs de la DIRASS

La DIRASS est une direction mécanique assistée hydrauliquement. Un vérin assiste l'effort du conducteur. La commande du vérin se fait avec la rotation du volant par le biais de la valve rotative.

La partie mécanique est conservée, la législation l'imposant pour des raisons de sécurité.

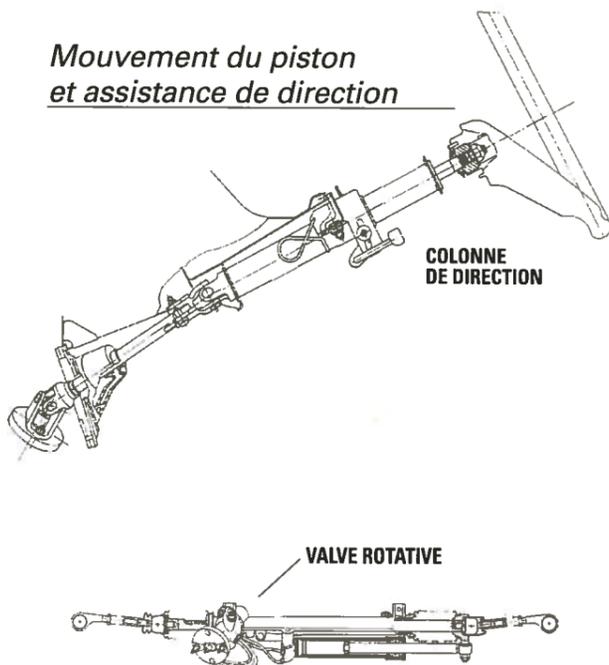
Dans le circuit de direction, le liquide est toujours en circulation (la pompe fonctionne sans arrêt) quel que soit l'angle des roues et l'importance de l'assistance. On dit que cette direction fonctionne par débit (une suspension hydro-pneumatique fonctionne par pression).

Le répartiteur de débit tient donc un rôle très important.

Nous allons maintenant étudier précisément le fonctionnement des 3 organes évoqués ci-dessus...

LE VÉRIN D'ASSISTANCE

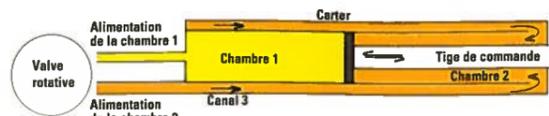
Mouvement du piston et assistance de direction



Le vérin assure l'assistance de la crémaillère en recevant de chaque côté du piston qu'il renferme, une certaine quantité de liquide hydraulique distribuée par la valve rotative.

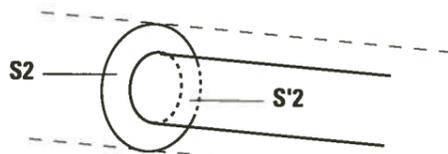
La différence de pression entre les deux chambres du vérin (de part et d'autre du piston) génère le mouvement de la tige de commande et l'assistance de direction.

2 chambres et 1 piston



Le carter est fixé sur le boîtier de direction, et la tige de commande est liée à la crémaillère de direction.

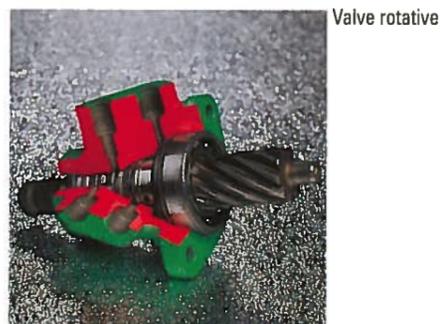
Par construction, la surface d'action du liquide sur la paroi gauche du piston (chambre 1) est deux fois supérieure à la surface d'action sur la paroi droite (chambre 2).



S2 : surface en contact avec le liquide de la chambre 2.
S'2 : surface occupée par la tige de commande du vérin dans la chambre 2, S2 = surface totale (chambre 1) - S'2.

L'alimentation en liquide de la chambre 2 est assurée par le canal 3.

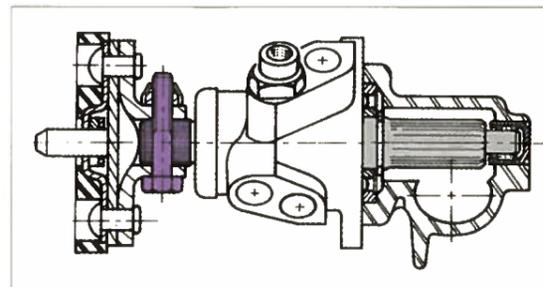
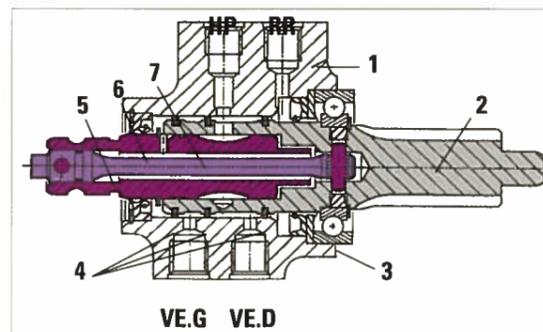
LA VALVE ROTATIVE



La valve rotative assure la distribution du LHM vers le vérin d'assistance en fonction des rotations du volant.

"La maniabilité d'un véhicule, au point de vue sécurité, est une qualité primordiale. Lorsqu'on effectue le test de maniabilité consistant à faire évoluer un véhicule en "slalom" entre des quilles disposées en ligne ou sur un cercle, la vitesse de passage est d'autant plus grande que la direction est plus directe à assistance égale. Dans le cas d'une direction assistée et, par conséquent, à démultiplication plus grande, les possibilités de vitesse sont considérablement réduites et certains conducteurs abandonnent avant la fin de leur parcours."

Paul Magès,



Valve rotative : 1/ corps (fonte) - 2/ pignon de crémaillère - 3/ roulement - 4/ segments - 5/ barre de torsion - 6/ rotor - 7/ distributeur
Liaisons hydrauliques : HP/ haute pression - RR/ retour réservoir - VE. D/ vérin (braquage à droite) - VE.G/ vérin (braquage à gauche).

La barre de torsion : l'intermédiaire entre le volant, les roues et la vitesse

La valve rotative est munie d'une barre de torsion. Cette barre de torsion est goupillée dans le rotor (solidaire du volant) et dans le distributeur (solidaire du pignon de crémaillère).

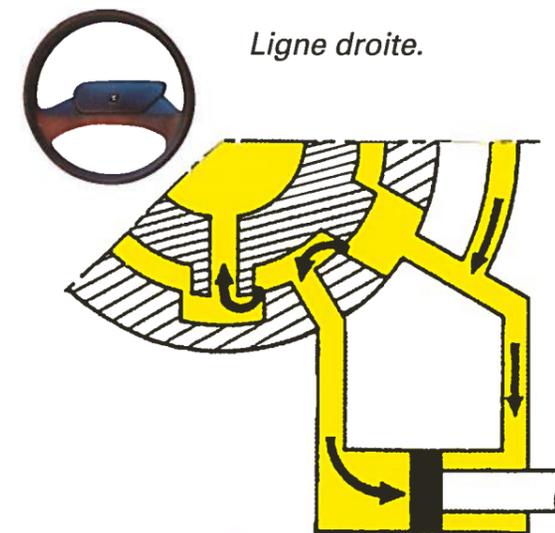
On considère que le pignon de crémaillère est fixe (les frottements importants des roues sur le sol le rendent difficile à déplacer).

Lorsque le conducteur tourne le volant, la barre se tord, occasionnant un décalage angulaire entre le rotor et le distributeur (le rotor tourne par rapport au distributeur). Ce décalage angulaire va avoir pour conséquence de mettre en liaison certains circuits hydrauliques, ou de les isoler. La valeur du décalage entre le rotor et le distributeur détermine l'intensité de l'assistance.

Lors d'une manœuvre à faible vitesse, la résistance du sol est importante. La barre de torsion crée un décalage important qui génère une assistance vigoureuse.

En roulage, la barre ne peut se tordre que légèrement car la résistance du sol est faible. L'assistance générée sera moins intense. Grâce à la barre de torsion, la valve rotative détermine donc une assistance proportionnelle à la vitesse.

Ligne droite.

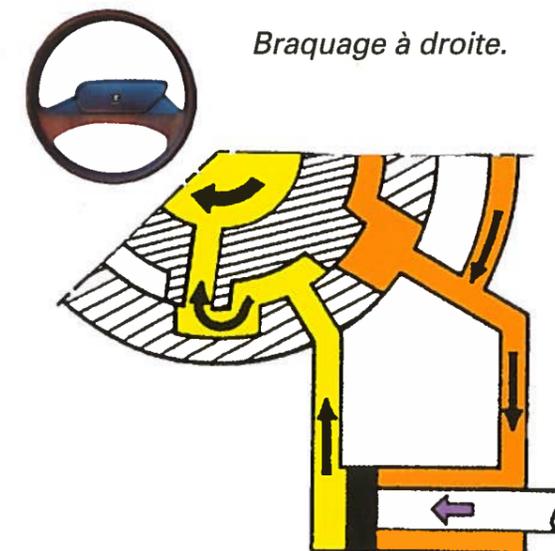


Dans ce cas, le volant n'est pas sollicité : la barre de torsion maintient le rotor et le distributeur en position neutre. Le liquide débité par la pompe dans les chambres du vérin retourne directement au réservoir. Le circuit de commande du vérin est sans pression.

L'intervention du répartiteur de débit :

en ligne droite, il est nécessaire de réguler le débit car le laisser augmenter provoquerait une montée de pression dans les chambres du vérin, entraînant alors un déplacement de la tige de commande.

Braquage à droite.



Sous l'action du conducteur sur le volant et de la résistance du sol sur les roues, la barre se tord et génère un décalage angulaire entre le rotor et le distributeur.

La pompe débite dans la chambre droite du vérin. La pression dans cette chambre augmente. La chambre gauche est en communication avec le réservoir et est donc sans pression. Le vérin se déplace à gauche et le véhicule tourne à droite.

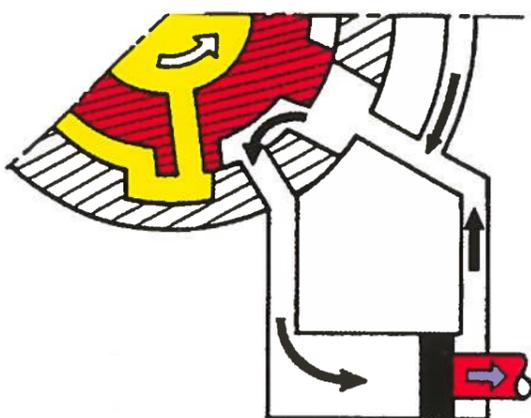
L'intervention du répartiteur de débit :

là encore, le débit doit être réglé afin de ne pas perturber la puissance d'assistance voulue. En effet, si ce décalage angulaire n'est pas à son maximum, le débit reçu par la chambre droite doit rester néanmoins proportionnel à ce décalage afin de générer l'assistance idéale. De plus, si la pression n'était pas limitée, elle monterait jusqu'à faire éclater le circuit.



De la barre de torsion aux circuits hydrauliques

Braquage à gauche.



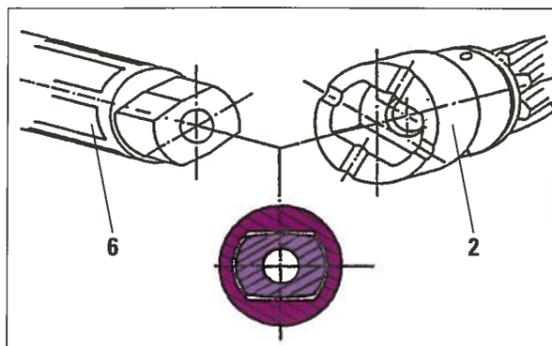
Sous l'action du conducteur sur le volant et de la résistance du sol sur les roues, la barre va se tordre et entraîner un décalage angulaire entre le rotor et le distributeur.

Les deux chambres du vérin se trouvent alors isolées du réservoir : la pression monte dans chaque chambre. La section gauche du piston est deux fois plus importante que la section droite. Alors, la force générée par le LHM sous-pression sur la paroi gauche du piston sera deux fois plus importante que la force exercée sur la paroi de droite. Le vérin se déplace vers la droite et le véhicule tourne à gauche.

L'intervention du répartiteur de débit :

Nous avons vu que le répartiteur de débit répartit et limite le débit dans le circuit de direction. On voit ici tout l'intérêt de cet organe : sans lui, lors d'un braquage maximum, la pression monterait jusqu'à faire éclater le circuit (voir pages suivantes).

La liaison mécanique de sécurité.



Valve rotative : dispositif de sécurité - 2/ pignon de crémaillère - 6/ rotor.

En cas de défaillance du circuit hydraulique, l'extrémité du rotor assure une liaison mécanique avec le pignon de crémaillère après un angle relatif du volant d'environ 7 degrés à gauche ou à droite.

LE RÉPARTITEUR DE DÉBIT

2 répartitions, 2 limitations :
les 4 rôles du répartiteur de débit

- 1 Répartir le débit de la pompe en phase de conjonction entre :
- le circuit de direction,
et
- le circuit principal (accumulateur principal, freins, correcteur de hauteur des suspensions).
- 2 Répartir le débit de la pompe en phase de disjonction entre :
- la direction
et
- le réservoir,
- 3 Limiter le débit de liquide alimentant le circuit de direction.
- 4 Limiter la pression dans le circuit de direction.

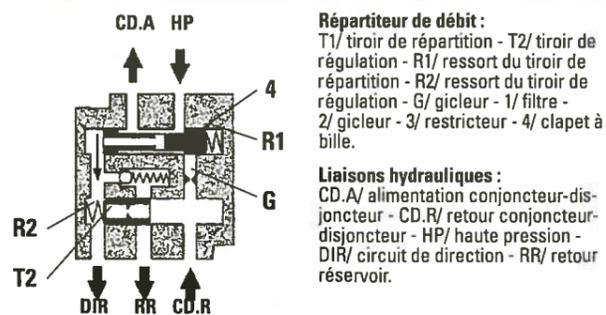
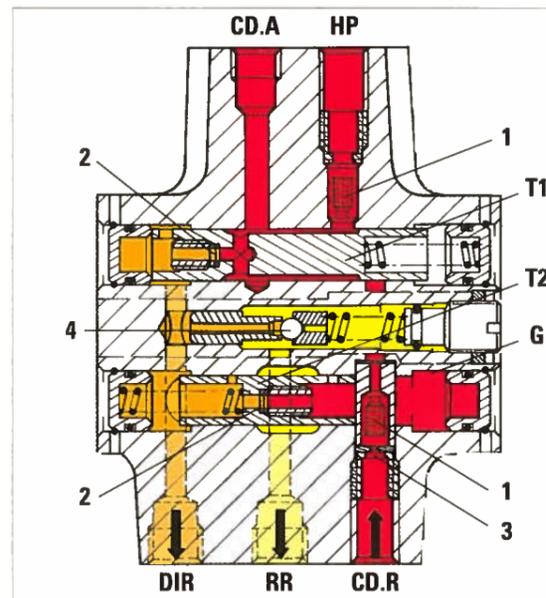
1 tiroir pour répartir, 1 tiroir pour réguler, 3 gicleurs pour calibrer

Le répartiteur de débit se compose de 2 tiroirs distincts :

■ le tiroir de répartition (T1) répartit le débit de liquide fourni par la pompe entre le conjoncteur-disjoncteur et le circuit de direction,

■ le tiroir de régulation (T2) régule le débit dans le circuit de direction.

Les gicleurs de (T1) et de (T2) calibrent le débit du liquide, qui alimente le circuit de direction et le rendent constant.



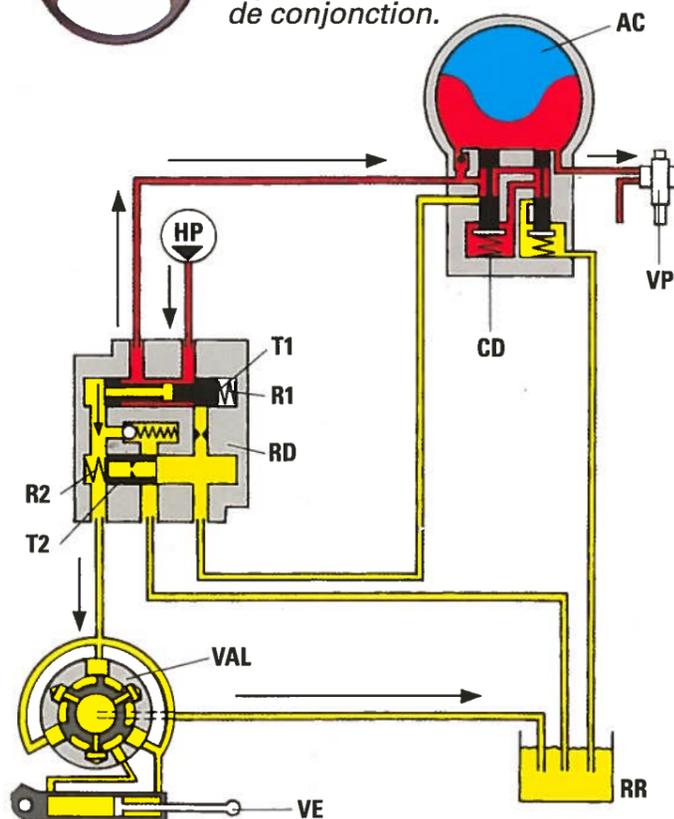
Répartiteur de débit :
T1/ tiroir de répartition - T2/ tiroir de régulation - R1/ ressort du tiroir de répartition - R2/ ressort du tiroir de régulation - G/ gicleur - 1/ filtre - 2/ gicleur - 3/ restricteur - 4/ clapet à bille.

Liaisons hydrauliques :
CD.A/ alimentation conjoncteur-disjoncteur - CD.R/ retour conjoncteur-disjoncteur - HP/ haute pression - DIR/ circuit de direction - RR/ retour réservoir.



Tiroirs et gicleurs pour un débit bien maîtrisé.

Ligne droite en phase de conjonction.



REMARQUES PRATIQUES

• Toutes les entrées de liquide possèdent 1 filtre pour éviter que des impuretés ne pénètrent dans le répartiteur.

• Le restricteur qui équipe la connexion "retour du conjoncteur-disjoncteur" possède un sens de montage :

• Le tiroir de répartition (T1) contient 2 gicleurs en série de très petit diamètre.

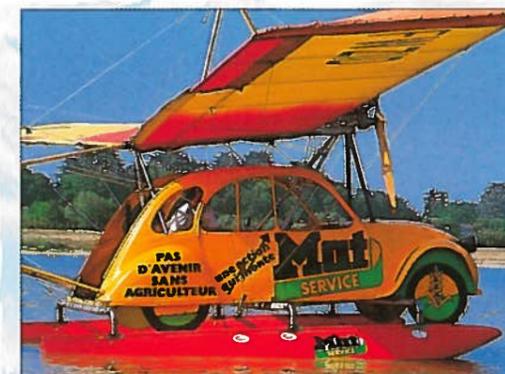
• Le tiroir de répartition (T2) contient 1 gicleur de gros diamètre.

• Le clapet à bille (5) permet de limiter la pression maximum dans les circuits de direction. Cette valeur limite est de 160 bar (+5;-5) pour les véhicules XANTIA et XM. Elle est de 140 bar (+5;-5) pour la BX.

Cette pression maximum est obtenue à fond de braquage ou lorsque les roues sont en butée contre un obstacle (trottoir).

Le chuintement que l'on entend alors provient du laminage du liquide au niveau du clapet à bille.

COIN EXPERT



Problème de direction ? Moi, jamais !

Les amateurs de 2CV ont toujours eu une réputation de farfelus. Et pour cause ! On rencontre, lors des manifestations des 2CV clubs, toutes sortes de prototypes bizarres plus étonnants les uns que les autres : 2CV nautiques, 2CV montgolfières, 2CV hydravions... Mais ces originalités ne doivent pas masquer la passion qui anime ces clubs : les amateurs de 2 CV organisent de nombreuses réunions et ce, dans le monde entier. A voile ou à vapeur la 2 CV va partout, et qu'importe la direction !

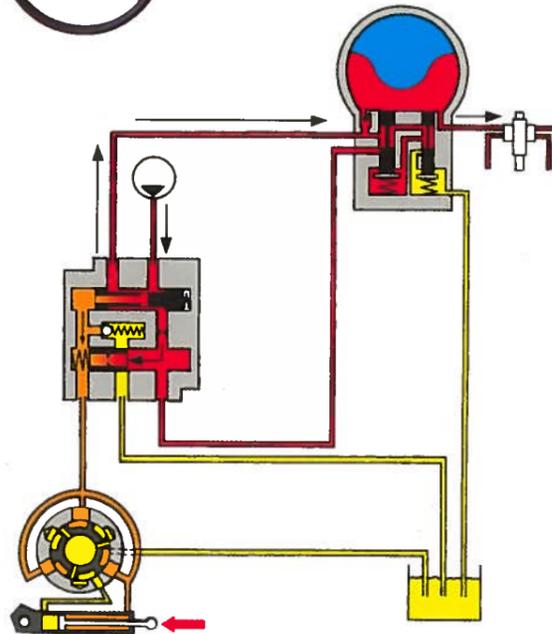
Le tiroir de répartition (T1), soumis à l'action du ressort R1 est en position de repos.

On est en conjonction : la pompe débite sous-pression. Pourtant, le circuit de direction est sans pression. Cette différence de pression est obtenue grâce aux deux gicleurs du tiroir de répartition (T1) : leur diamètre infiniment petit permet de calibrer le débit du liquide injecté dans le circuit de direction. Le liquide peut donc se diriger vers la valve rotative ou alimenter le circuit principal (via le conjoncteur-disjoncteur, l'accumulateur et la vanne de priorité).

Quel que soit le débit de la pompe, le circuit de direction ne recevra que le débit de liquide imposé par les deux gicleurs du tiroir de répartition (T1).



Braquage en phase de conjonction.



La direction reçoit toujours le débit imposé par les deux gicleurs du tiroir de répartition (T1) le braquage, (ici à droite), entraîne la rotation du rotor de la valve rotative et la pression monte dans le circuit de direction.

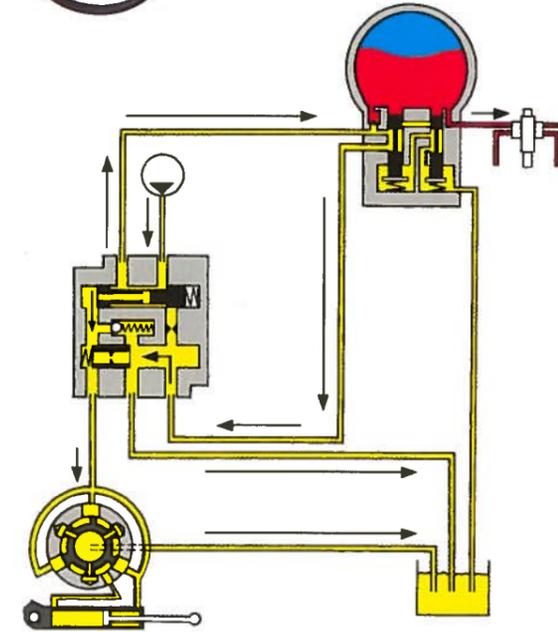
Cette pression génère un effort sur la paroi gauche du tiroir (T1). (T1) se déplace alors vers la droite. Le champ devient libre pour le liquide hydraulique, qui peut aller dans le canal possédant le gicleur G.

Un débit supplémentaire calibré par le gicleur G peut s'ajouter à celui calibré par les gicleurs de (T1).

Les deux débits s'additionnent au niveau du tiroir de régulation T2. Le gicleur de (T2) ne joue ici aucun rôle car son diamètre, plus grand ne permet pas de freiner le liquide. Ainsi, le régulateur de débit permet, en fonction de la demande de la valve rotative, de libérer un débit plus important en braquage qu'en ligne droite.



Ligne droite en phase de disjonction.



Le circuit de direction, relié au réservoir, est donc sans pression.

Le conjoncteur-disjoncteur, en position de disjonction, dirige le liquide qu'il reçoit vers le répartiteur de débit.

A l'intérieur du répartiteur, l'ensemble des chambres, en communication avec le réservoir, est sans pression. De part et d'autre du tiroir (T1), la pression est donc équivalente : les gicleurs n'ont pas d'influence.

Ainsi, tout le liquide que débite la pompe fait le tour du tiroir (T1), se dirige vers le conjoncteur-disjoncteur, pour revenir enfin au répartiteur. Là, le liquide traverse le tiroir de régulation (T2) dont le gicleur calibre le débit à une valeur maximum de l'ordre de 3 litres par minute. Si la pompe débite plus que le débit limité, la pression à droite du tiroir (T2) le pousse vers la gauche afin que l'excédent de liquide retourne vers le réservoir.



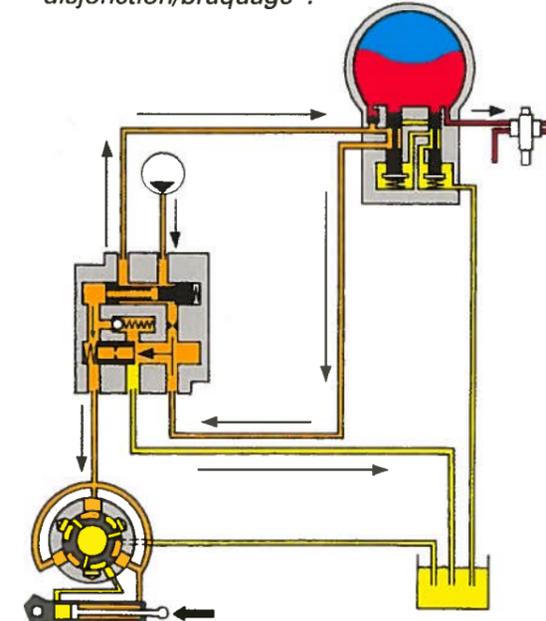
Braquage en phase de disjonction.

Le circuit de direction reçoit un débit de fluide limité à 3 litres par minute. Le braquage entraîne la rotation du rotor de la valve rotative : la pression dans le circuit s'élève.

La pression du liquide à gauche du tiroir (T1) devient alors supérieure à la pression qui règne à droite (cette pression est faible au début du braquage puisqu'on est en phase de disjonction et que la pompe débite sans pression).

Le tiroir (T1) se déplace alors vers la droite et découvre le canal qui contient le gicleur (G). La pression, générée par le braquage, s'élève et s'égalise dans toutes les chambres du répartiteur.

La pression de part et d'autre du tiroir de régulation (T2) est donc identique. Là encore, si la pompe débite plus que le débit imposé par le gicleur de (T2), la pression à droite du tiroir va s'élever légèrement. T2 va alors se déplacer vers la gauche afin que l'excédent de LHM retourne au réservoir. Lorsque la pression à droite de (T2) redescend jusqu'à la valeur de la pression dans le circuit de direction, T2 va alors se déplacer vers la droite et fermer ainsi l'accès au réservoir. Ce cycle se répète jusqu'à la fin de l'action "disjonction/braquage".



RÉCAPITULATION ET QUESTIONS

BRAQUAGE

TIGE DE TORSION DE LA ROTATIVE

ROTOR DE LA VALVE ROTATIVE

VERIN

CRÉMAILLÈRE

PIGNON DE CRÉMAILLÈRE SOLIDAIRE DU DISTRIBUTEUR DE LA VALVE ROTATIVE

PRESSION

RÉPARTITEUR DE DÉBIT



Comment, durant le braquage, les roues conservent-elles un angle constant ?

Durant le braquage, le mouvement du liquide à l'intérieur du vérin entraîne le déplacement de la crémaillère, donc la rotation du pignon de crémaillère et par conséquent, la rotation du distributeur de la valve rotative qui lui est solidaire.

Le distributeur tourne afin de supprimer l'angle qu'il fait avec le rotor.

Lorsque le conducteur obtient l'angle de braquage souhaité, il cesse de solliciter le volant en rotation et maintient le volant avec un

REMARQUES PRATIQUES

Répartition des débits

(valeur et pourcentage indiqués sont des valeurs moyennes)

Etat du conjoncteur-disjoncteur	Direction	Débit dans le circuit de direction	Débit dans le circuit principal	Pression dans le circuit de direction
Conjonction	Ligne droite	33% du débit de la pompe	66% du débit de la pompe	environ 1,5 bar
	Braquage	75% du débit de la pompe	25% du débit de la pompe	< P max
Disjonction	Ligne droite	< 3 l/mn calibré par le gicleur de T2	délivré par l'accumulateur principal	environ 2 ou 3 bar
	Braquage	< 3 l/mn calibré par le gicleur de T2	délivré par l'accumulateur principal	< P max

angle constant. Le rotor de la valve rotative n'est plus entraîné en rotation. L'action du vérin sur la crémaillère fait tourner le distributeur de la valve rotative jusqu'à ce que le décalage angulaire entre le rotor et le distributeur s'annule ; le distributeur retrouve la position neutre et l'assistance cesse. Le véhicule tourne ainsi avec un angle constant.

Les frottements des roues sur le sol ont-ils un rôle sur le circuit de direction ?



Effectivement, les frottements du sol sur les roues ont tendance à les ramener en position de ligne droite. Cette action du sol sur les roues provoque un faible déplacement de la crémaillère. Elle entraîne alors la rotation du pignon et donc du distributeur par rapport au rotor (qui lui reste fixe puisque directement relié au volant que le conducteur maintient dans une position angulaire fixe). Cette différence angulaire entre le distributeur et le rotor crée une légère montée en pression au niveau du vérin, qui compense l'action du sol sur les roues.



Que se passe-t-il lorsque le conducteur revient en position de ligne droite ?

Lorsque cesse l'action du conducteur sur le volant, la valve rotative retrouve sa position neutre. Les deux chambres du vérin sont à nouveau alimentées sans pression. Sous l'effet des angles du train avant, les roues reviennent vers la position ligne droite, entraînant le vérin en translation.

Il y a alors transfert de liquide entre les deux chambres du vérin jusqu'à la position ligne droite, où cesse l'influence des angles du train avant.

Nota : Aujourd'hui les véhicules sont équipés de clapets anti-affaissement, donc d'une pompe HP "6 + 2" dont l'étage 6 pistons est réservé au circuit de direction. Le répartiteur de débit devient alors inutile, le fonctionnement d'assistance en lui-même reste inchangé.

AIDE - MÉMOIRE DIRASS

1. La source de pression d'un véhicule équipé d'une direction assistée diffère d'une source de pression classique par l'utilisation d'un
2. La direction assistée est un système à assistance.....
3. Le déplacement d'un vérin d'assistance est commandé par la
4. En phase de conjonction, le répartiteur de débit partage le liquide entre le et le
5. En phase de disjonction, le répartiteur de débit partage le liquide entre le et le
6. La valve rotative est munie d'une barre de qui permet un décalage angulaire entre le et le
7. Ce décalage rompt l'équilibre hydraulique du et génère l'assistance.
8. Le rotor de la valve rotative est relié au
9. La puissance de l'assistance avec le décalage angulaire entre le rotor et le distributeur.
10. La pression dans le circuit de direction est importante lorsque le véhicule roule en ligne droite que s'il tourne.

1/ répartiteur de débit - 2/ mécanique - 3/ valve rotative - 4/ circuit de direction - 5/ circuit principal - 6/ volant - 7/ vérin - 8/ volant - 9/ augmenté - 10/ moins voir - 6/ torsion - rotor - distributeur - 1/ volant - 2/ mécanique - 3/ valve rotative - 4/ circuit de direction - 5/ circuit principal - 6/ volant - 7/ vérin - 8/ volant - 9/ augmenté - 10/ moins

LA DIRAVI

La direction assistée à effort variable en fonction de la vitesse.

Vous avez en tête tous les éléments composant la DIRASS. Nous allons maintenant aborder la DIRAVI. Faites bien attention à ne pas mélanger les deux. N'oubliez pas : les trois organes de la DIRASS sont le vérin, la valve rotative et le répartiteur de débit. Nous ne retrouverons, pour la DIRAVI, que le vérin. Soyez vigilants, et bonne lecture!

Les plus de la DIRAVI

Cette direction est du type pignon crémaillère, assistée hydrauliquement. En plus de l'assistance, elle assure deux autres fonctions :

- 1 le durcissement de la direction en fonction de la vitesse du véhicule,
- 2 l'asservissement du rappel.

De par sa conception, la DIRAVI offre deux améliorations :

- 1 la sécurité en conduite rapide ou à basse allure,
- 2 le confort de conduite grâce à la suppression des réactions.

La DIRAVI et la pression

La source de pression de ce type de direction est classique. Il s'agit de celle décrite dans le cahier n°2. L'alimentation en haute-pression (HP) du circuit de direction est fournie par l'accumulateur principal, couplé au conjoncteur-disjoncteur via la vanne de sécurité (ou vanne de priorité) avec mano-contact.

DIRAVI : les 3 fonctions

Afin d'expliquer le fonctionnement de cette direction, nous allons présenter brièvement les 3 fonctions qu'elle assure. Ces fonctions seront commentées plus précisément dans la suite de ce cahier.

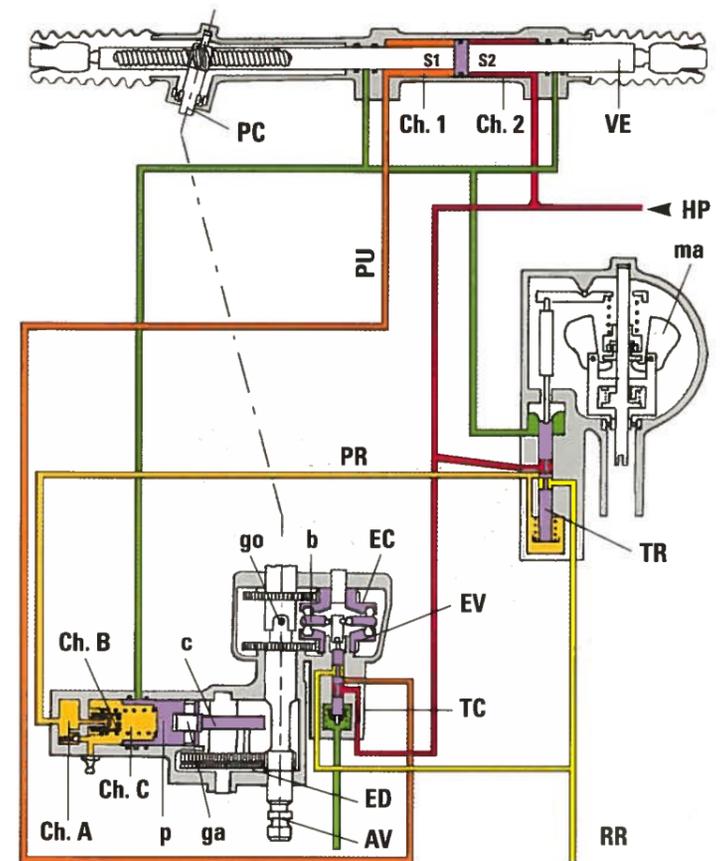
Attention : N'hésitez pas à vous reporter à ce schéma quand vous aborderez les pages suivantes. Il vous aidera à bien visualiser l'interaction des organes entre-eux, et à conserver une vision d'ensemble.

Fonction "Assistance".

Comme pour la DIRASS, la fonction assistance de la DIRAVI est assurée par un vérin d'assistance (VE). L'alimentation en pression de ce vérin est assurée par le tiroir de crémaillère (TC) du bloc de commande.

Fonction "durcissement du braquage en fonction de la vitesse".

La came (c) du bloc de commande est liée à l'arbre de volant (AV) (appelé aussi "arbre de commande"). Entre cette came et le piston (p) du régulateur à débit variable se tient un galet (ga). Came et galet peuvent rouler l'un contre l'autre en générant un couple. Ce couple est proportionnel à la force du piston qui appuie sur le galet. Or, plus la vitesse est grande, plus la force du ressort (piston) est importante. En effet, un régulateur centrifuge permet de délivrer une pression régulée qui grandit en fonction de la vitesse. Ainsi, plus la vitesse augmente, plus la pression régulée monte, plus grand sera l'effort exercé par le piston sur la came, via le galet, et par conséquent, sur l'arbre de volant.



Commande hydraulique de crémaillère : PC/ pignon de crémaillère - VE/ vérin d'assistance - ch1/ chambre 1 du vérin - ch2/ chambre 2 du vérin.
Régulateur centrifuge : ma/ masselotte - TR/ tiroir de régulation
Bloc de commande : c/ came - go/ goupille - b/ bilette
- EC/ engrenage de crémaillère - EV/ engrenage de volant
- TC/ tiroir de crémaillère - AV/ arbre de volant - ED/ engrenage de durcissement - ga/ galet - p/ piston du régulateur à débit variable
- Ch. A, Ch. B, Ch. C : chambres du régulateur à débit variable.
Liaisons hydrauliques et pressions : HP/ haute pression - RR/ retour réservoir - Pu/ pression d'utilisation - Pr/ pression régulée

CONSEILS PRATIQUES

La purge du circuit de direction.

Pour purger le circuit de direction vous devez :

- serrer la vis de détente du conjoncteur-disjoncteur,
- placer un tube transparent sur la vis de purge et la desserrer,
- mettre en marche le moteur, au ralenti, et braquer lentement à gauche puis à droite jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de bulles d'air,
- resserrer en fin la vis de purge.

Le raccord 4 voies.

A la sortie de la source de pression, juste après la vanne de sécurité, est monté un raccord 4 voies muni d'un filtre.

Le rôle de ce raccord est de distribuer la haute-pression aux différents éléments des dispositifs de direction (vérin d'assistance, bloc de commande et régulateur centrifuge.)

Lorsque l'on détecte des anomalies de fonctionnement, il faut changer ce raccord. Il est situé à l'arrière du berceau avant, côté droit.

Fonction "asservissement du rappel".

Cette fonction naît de la conjugaison des deux premières : le couple qui s'oppose au braquage (came + galet) va s'appliquer sur l'arbre de volant et sur la fonction assistance afin de ramener le véhicule en position ligne droite quand le conducteur lâche le volant. Le régulateur à débit variable va gérer la pression afin que cette manœuvre s'effectue avec souplesse.

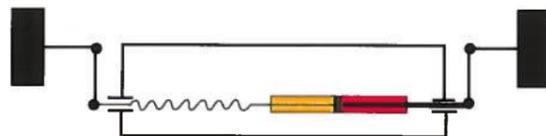
FONCTION ASSISTANCE



Bloc de commande avec crémaillère DIRAVI.

Le vérin d'assistance

Le vérin et la crémaillère.



Contrairement à la DIRASS, la crémaillère de la DIRAVI est directement solidaire du piston de la commande hydraulique. Ainsi, la crémaillère est verrouillée hydrauliquement pour toutes les positions de braquage.

" Pour chaque position du volant les roues sont verrouillées à un angle de braquage bien défini. C'est une condition très importante du point de vue de la sécurité. Le braquage ne peut être influencé par exemple : par une différence de freinage sur la roue droite et la roue gauche, par l'éclatement d'un pneu, par la rencontre d'une roue avec un obstacle important ou un terrain meuble sur le bas-côté, par le passage dans une flaque d'eau profonde, etc ..."

Paul Magès,
lettre du 16 février 1970

La conséquence : une grande stabilité directionnelle du véhicule.

Les deux chambres du vérin.

Comme le vérin d'assistance de la DIRASS, le vérin de la DIRAVI présente un piston qui sépare les deux chambres. La chambre 1 est alimentée par la pression d'utilisation P_u .

La chambre 2 est alimentée par la haute-pression HP.

Par construction, la surface d'action (S_1) du liquide sur la paroi gauche du piston dans la chambre 1 est égale au double de la surface d'action (S_2) dans la chambre 2, soit :

$$S_1 = 2 \times S_2$$

Equilibre hydraulique.

Le piston d'assistance est constamment soumis à l'action de 2 forces opposées : F_1 et F_2 . L'équilibre de la direction est obtenu lorsque $F_1 = F_2$, ceci quelque soit la position de la crémaillère.

La haute-pression HP est délivrée par l'accumulateur principal de la source de pression.

Le bloc de commande, par son calage d'origine, délivre la pression d'utilisation (P_u) et permet d'obtenir : $P_u = (HP)/2$

Nous savons que :

$$F_1 = P_u \times S_1$$
$$F_2 = HP \times (S_1/2)$$

C'est-à-dire :

$$F_1 = P_u \times S_1 = (HP/2) \times S_1$$
$$= (HP \times S_1)/2 = HP \times S_1/2 = F_2$$

Cette équation explique l'état d'équilibre de la direction.

Déséquilibre hydraulique.

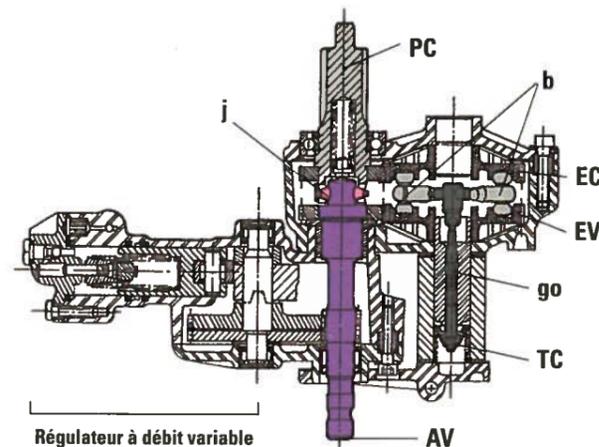
Pour provoquer un mouvement de la direction, il suffit de rompre cet équilibre hydraulique dans le vérin en augmentant ou diminuant la valeur de la pression d'utilisation (P_u) qui alimente la chambre 1 du vérin d'assistance.

Ce déséquilibre est réalisé par le bloc de commande lié au volant par l'arbre de volant.

La chambre 1 est alors mise en communication soit avec l'arrivée de pression, soit avec le retour au réservoir, suivant le sens de rotation du volant.

Le distributeur T.C. du bloc de commande

Le distributeur T.C. et le vérin.



Distributeur TC du bloc de commande accolé au régulateur à débit variable : j/ jeu - PC/ pignon de crémaillère - EC/ engrenage de crémaillère - EV/ engrenage de volant - go/ goupille - TC/ tiroir de crémaillère - AV/ arbre de volant - b/ bielettes

Le bloc de commande, situé sur le boîtier de crémaillère, comporte un tiroir distributeur appelé tiroir de crémaillère (T.C).

Dans sa position d'équilibre mécanique, ce tiroir permet l'alimentation de la chambre 1 du vérin avec une pression d'utilisation (P_u). Dans ce cas, le piston du vérin n'effectue aucun mouvement (nous l'avons vu précédemment).

Selon le braquage, le distributeur de pression est amené à libérer la haute pression dans la chambre 1 du vérin, ou à mettre celle-ci en communication avec le réservoir.

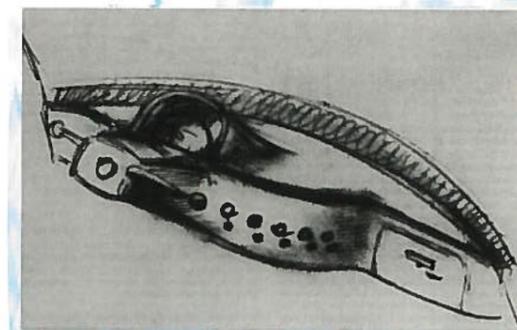
La liaison entre les engrenages (EV) et (EC) est réalisée par deux bielettes à rotules (b). Le jeu (j) autorise l'arbre de volant à un certain débattement au niveau du pignon de crémaillère (PC).

Une action mécanique, une action hydraulique.

Comme pour la valve rotative de la DIRASS, sous l'action du conducteur sur le volant, la partie "distributeur" du bloc de commande déclenche deux actions sur la crémaillère :

- une action mécanique, via le pignon de crémaillère,
- une action hydraulique, via le vérin d'assistance alimenté grâce au tiroir (TC). L'action mécanique intervient après l'annulation du jeu (j). Dès lors, l'arbre de commande (AV) entre en rotation directe avec le pignon de crémaillère (sécurité mécanique).

COIN EXPERT



Proposition de guidon remplaçant le volant.

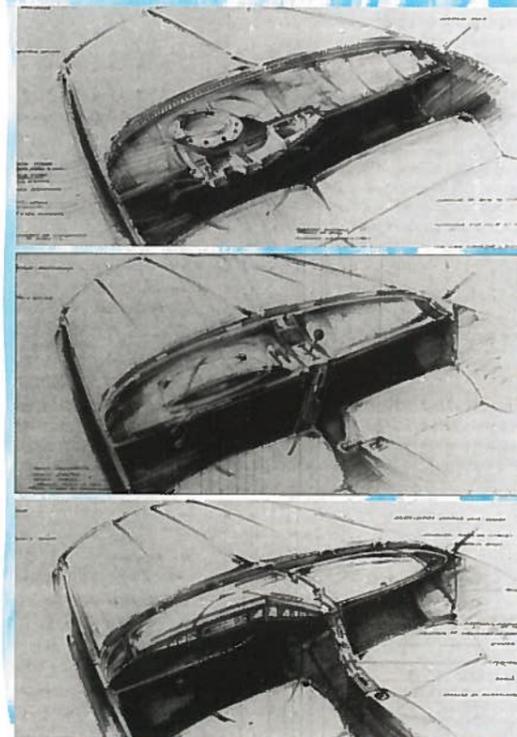
Sa Majesté la SM.

Nous sommes le 11 mars 1970, au salon de Genève. C'est la première fois que la SM est présentée au grand public. Nous sommes en pleine prospérité économique et la SM en est l'illustre reflet : DIRAVI, suspension hydraulique, essieu avant et arrière munis de barre anti-roulis, 4 freins à disque profitant de la commande hydraulique, moteur Maserati ...

Une rampe optique de six phares à iode à correction dynamique automatique lui confère une physionomie particulière. La SM est même équipée d'un système de conditionnement d'air très élaboré, entièrement indépendant du système de chauffage !

Ce véhicule regroupe les nouvelles inventions pour les meilleures performances. Dessinée, redessinée, testée, améliorée, la SM est née de l'idée d'une super DS, une idée qui a mis 10 ans à se concrétiser.

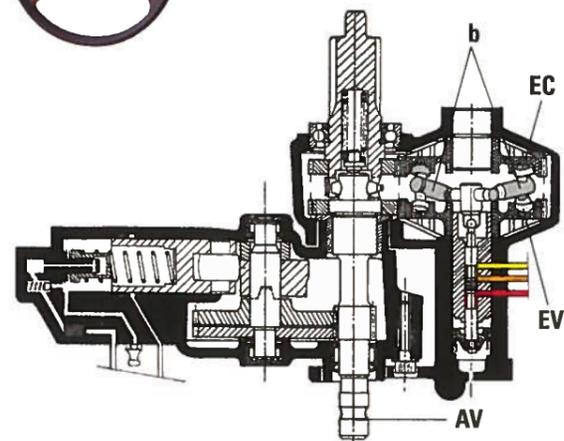
Mais, ce 11 mars 1970, loin de nous l'idée d'une crise économique où l'on parlera de véhicule à faible consommation, où l'on proclamera une France sans pétrole mais pleine d'idées ! Non, ce 11 mars 1970, il n'y a d'yeux que pour le beau profil de la SM ...



Alimentation HP, Pr, ou retour réservoir ? Le distributeur TC choisit pour le vérin.



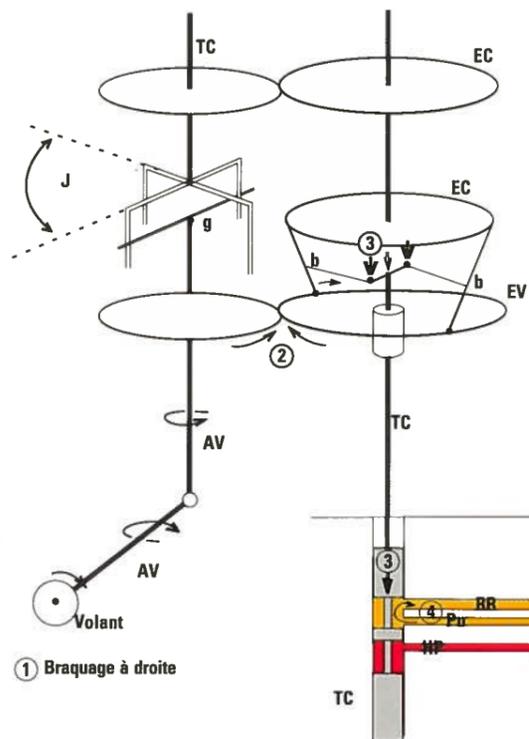
Braquage ...



Dans le Jeu (J) permis, l'arbre de volant (AV) entraîne en rotation le plateau (EV), grâce au train d'engrenage.

A cet instant, le pignon de crémaillère et le plateau (EC) sont encore fixes (résistance du sol sur les pneumatiques).

Les biellettes (b) agissent en palonnier et entraînent dans leur déplacement, le tiroir de crémaillère (TC), en translation verticale.



1 Braquage à droite



... à droite

La translation s'effectue alors vers le bas. Ainsi, le distributeur TC met en liaison la chambre 1 du vérin d'assistance avec le réservoir. La haute-pression (HP) régnant dans la chambre 2 du vérin est supérieure à celle de la chambre 1 : le piston se déplace vers la gauche et assiste le mouvement.



... à gauche

La translation du tiroir a lieu vers le haut. Le retour réservoir est isolé du circuit menant au vérin d'assistance. La chambre 1 du vérin est alors alimentée en haute-pression. Or la surface d'action de la chambre 1 est deux fois supérieure à celle de la chambre 2. Donc, l'effort exercé à gauche (chambre 1) est deux fois supérieur à l'effort exercé à droite (chambre 2). Ainsi, le piston se déplace vers la droite et assiste le mouvement.

Retour à la position d'équilibre.

Le déplacement de la crémaillère entraîne en rotation son pignon de commande ainsi que le plateau (EC) grâce au train d'engrenage. Lorsque le plateau (EV) est fixe (angle de braquage voulu, obtenu), le plateau (EC) agit sur les biellettes (b). Ces dernières ramènent le tiroir (TC) en position d'équilibre.

Ainsi, nous voyons que l'arbre de volant AV et l'engrenage de volant EV entrent en rotation quand le conducteur a une action sur le volant.

Quant à l'engrenage de crémaillère et le pignon de crémaillère, ils n'entrent en rotation qu'après l'assistance du vérin.

On retrouve la même démarche qu'en DIRASS.

FONCTION : DURCISSEMENT DU BRAQUAGE EN FONCTION DE LA VITESSE

La came du bloc de commande

Un effort mécanique variable.

Une bonne direction se doit d'être très douce à basse vitesse, pour favoriser les manœuvres de parking, et plus dure à grande vitesse, pour éviter une trop grande sensibilité du volant.

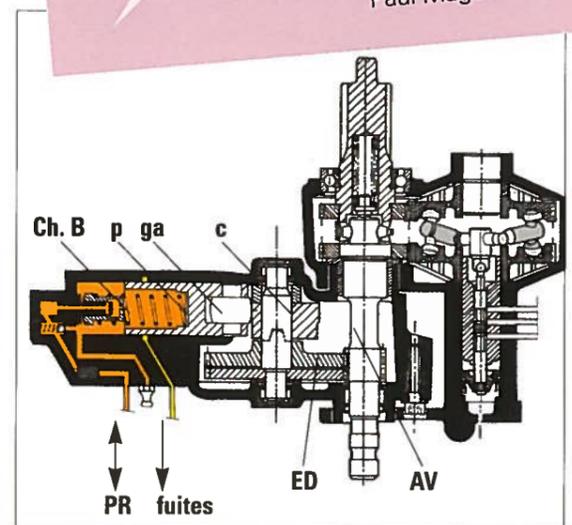
Le durcissement de la direction est obtenu par un effort mécanique variable, venant s'appliquer sur l'arbre de volant (AV).

Cet effort est produit par un système de came et de galet compris dans le bloc de commande.

Ce mécanisme est indépendant de la fonction assistance.

" Pour apprécier pleinement cette direction, il faut avant tout savoir qu'elle est plus capable que le conducteur de trouver une trajectoire stable en ligne droite. Il ne faut pas la contraindre. Il faut aussi savoir que malgré la grande douceur au volant pour toutes les petites variations de cap autour de la ligne droite, l'effort croît suffisamment rapidement pour empêcher le conducteur de faire un braquage intempestif important."

Paul Magès



Braquage à droite : chB/ chambre B du régulateur - p/ piston - ga/ galet - c/ came - AV/ arbre de volant - ED/ engrenage de durcissement

Une came et un galet.

L'arbre de volant AV, appelé encore "arbre de commande" est en prise avec l'engrenage de durcissement (ED). Cet engrenage (ED) est

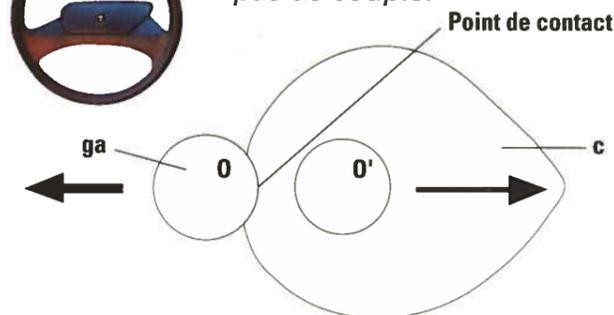
solidaire d'une came (c) sur laquelle un piston (p) muni d'un galet (ga) applique un certain couple. Ce couple est plus ou moins important selon :

■ l'angle de rotation de l'arbre (AV). Cet angle détermine l'effet de la came,

■ la force exercée par le piston (p). Cette force est engendrée par la pression Pr qui règne à gauche du piston, dans la chambre B du régulateur à débit variable. La pression Pr est délivrée par le régulateur centrifuge.



Ligne droite : pas de couple.

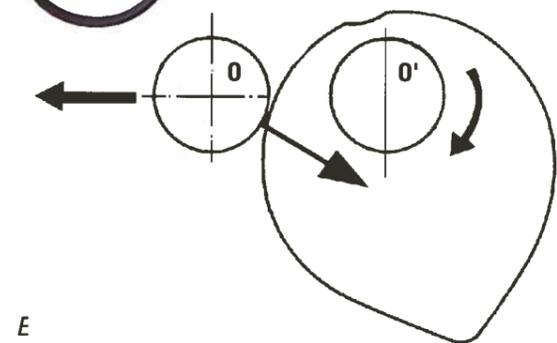


Le point de contact du galet (ga) et de la came (c) se trouve aligné avec leurs centres respectifs, O et O'.

L'effort du piston (p) s'exerce sur la partie mince de la came. Il est dirigé vers son centre (O). Aucun couple n'est créé : le véhicule est maintenu en ligne droite.



Vitesse, braquage et effet de couple.

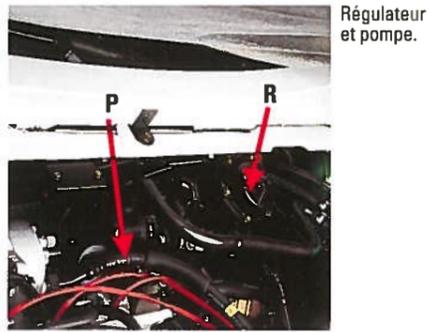


E
Point de contact entre le galet (ga) et la came (c) ne se trouve plus situé sur l'axe passant par les centres O et O'. Or, quand la vitesse augmente, la pression Pr, régulée par le régulateur centrifuge, augmente aussi (comme nous allons le voir dans les pages suivantes). Cette pression règne dans la chambre B. Elle est proportionnelle à l'effort du piston.

Le piston va donc exercer une force croissante sur le galet (ga) en fonction de la

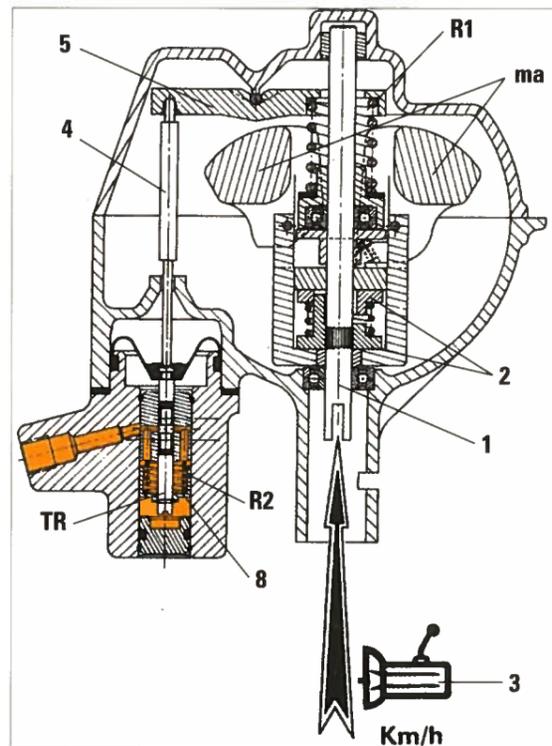
vitesse. Le couple par rapport au centre (O), augmente aussi et s'oppose alors à la volonté du conducteur. La direction va ainsi devenir plus ferme avec la vitesse.

Le régulateur centrifuge



Régulateur et pompe.

Deux régulateurs en un.



Régulateur centrifuge : R1/ ressort de rappel des masselottes - R2/ ressort de régulation - ma/ masselottes - TR/ tiroir de régulation - 1/ arbre d'entraînement - 2/ embrayage à friction - 3/ boîte de vitesse - 4/ tige de commande - 5/ levier de commande

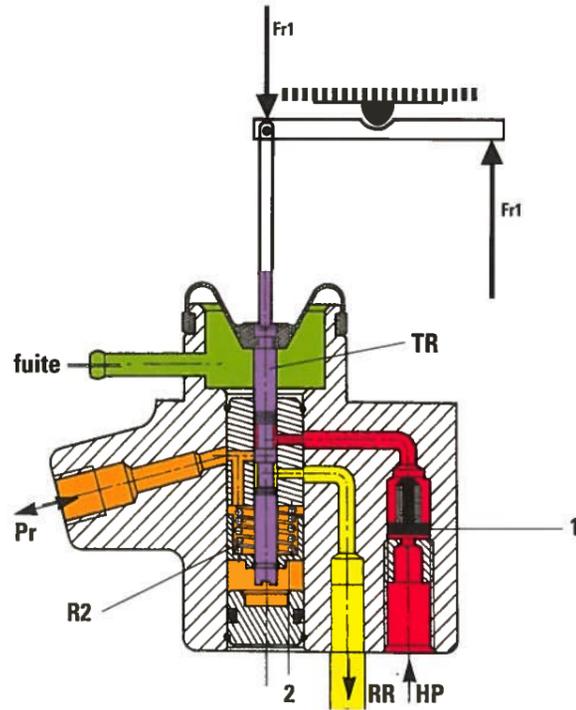
Le régulateur centrifuge délivre la pression régulée (Pr) dont la valeur varie en fonction de la vitesse du véhicule. Il est entraîné mécaniquement (par un flexible) par le couple cylindrique de sortie de la boîte de vitesse.

Il se compose :

- d'un régulateur classique à masselottes,
- d'un régulateur de pression (voir Cahier n°1).

L'embrayage à friction permet de limiter les efforts de torsion sur le flexible lors des changements de régime moteur.

Deux ressorts, un balancier pour une pression régulée.



Distributeur TR du régulateur centrifuge : TR/ tiroir de régulation - R2/ ressort de régulation - 1/ filtre - 2/ coupelle
Liaisons hydrauliques : HP : haute pression - RR/ retour réservoir - Pr/ pression régulée

Lorsque la vitesse du véhicule augmente, les masselottes s'écartent sous l'effet de la force centrifuge. En s'écartant, elles compriment le ressort R1 qui exerce alors une force F(R1) sur le levier de commande. Grâce à ce balancier, F(R1) se répercute sur la tige de commande du tiroir de régulation. Le tiroir de régulation descend : l'alimentation haute-pression est mise en communication avec la sortie délivrant la pression régulée.

Au niveau du bloc de commande, cette pression va s'appliquer sur le piston (P), puis sur la came via le galet. L'effet de couple sera important.

Pr va augmenter jusqu'à atteindre une valeur suffisante pour compenser l'action de R1 et R2. Le tiroir remonte alors vers la position d'équilibre.

De même, quand la vitesse diminue, F(R1) diminue : le tiroir monte en position haute. Dans le circuit, le liquide à la pression (Pr) qui alimente le bloc de commande est refoulé vers le réservoir.

(Pr) diminue jusqu'à atteindre une valeur qui compense l'action de (R1) et (R2). Le tiroir retrouve alors la position d'équilibre.

Ainsi, la force FR1, proportionnelle à la vitesse, vient s'exercer sur le régulateur de pression. Celui-ci va donc délivrer une pression régulée (Pr) proportionnelle à la force, donc à la vitesse.

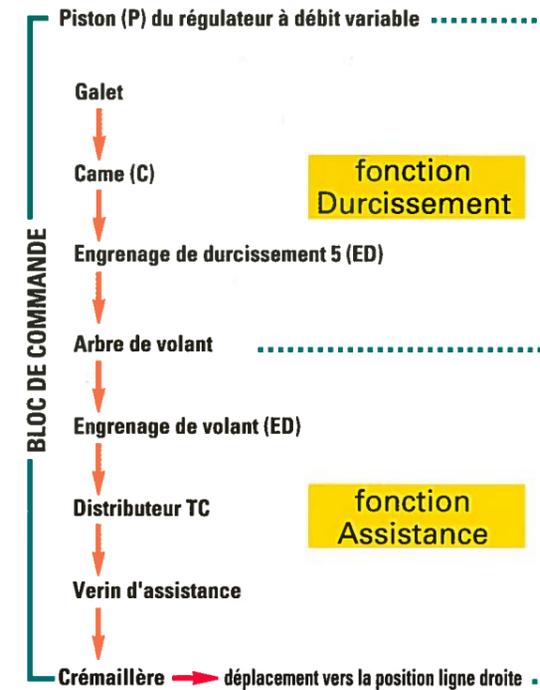
FONCTION "ASSERVISSEMENT DU RAPPEL"

Fonction "durcissement" + fonction "assistance" = fonction "asservissement du rappel"

Lorsque le conducteur lâche le volant, le couple qui s'opposait au braquage va alors s'appliquer sur l'arbre de volant (fonction "durcissement" du braquage en fonction de la vitesse). La rotation de l'arbre de volant va entraîner le distributeur TC du bloc de commande, puis du vérin d'assistance (fonction assistance).

La direction va ainsi revenir en ligne droite, position où le couple ne s'exerce plus.

Il serait utile de visualiser ces enchaînements en vous référant au schéma général p° 11.



" L'intérêt du rappel de ligne droite apparaît avec plus de force encore sur le sol glissant : neige-verglas. Avec les directions classiques, assistées ou non, les forces de rappel naturelles deviennent inférieures à la valeur des frottements dans la trimonerie et il devient difficile de retrouver facilement, et au moment voulu, la position de ligne droite, en particulier lorsqu'on essaye de contrôler un dérapage sinusoïdal et que l'on n'est pas entraîné à le faire."
Paul Magès,
Lettre du 16 février 1970

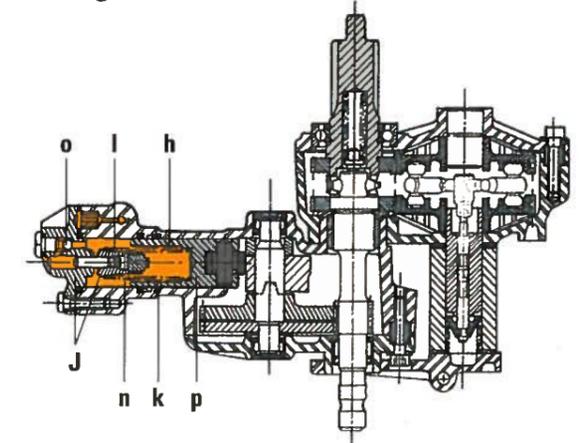
Le régulateur à débit variable : la gestion hydraulique de l'asservissement du rappel

Que se passerait-il si le bloc de commande n'était pas équipé d'un régulateur à débit variable ?

Lors d'un lâcher de volant, la pression s'exercerait directement sur le piston. Celui-ci risquerait de ramener trop rapidement et trop brutalement la direction. Le volant échapperait alors au contrôle du conducteur ou dépasserait la position ligne droite.

C'est la raison pour laquelle le régulateur à débit variable doit constamment maîtriser le débit.

Les quatre parties du régulateur à débit variable :



Régulateur à débit variable : h/ ressort - j/ ressort - k/ trou calibré - l/ orifices - n/ chemise - o/ clapet à bille - p/ piston

- un corps dans lequel coulisse un piston (p),
- une chemise (n) avec un trou calibré (k). Elle coulisse sur un axe central du corps où sont percés deux petits orifices,
- un ressort (j) et un ressort (h) agissant de chaque côté de la chemise (n),
- un clapet à bille (o) avec son ressort.



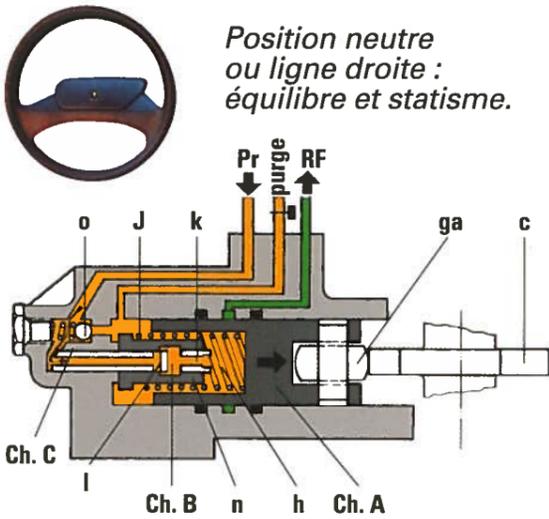
Position neutre ou ligne droite : les trois chambres à la même pression.

Dans cette position, la chemise (n) est au repos entre les ressorts (j) et (h). La pression Pr délivrée par le régulateur centrifuge règne dans les chambres A, B, C. Ces trois chambres sont à la même pression. La chemise (n) permet une légère fuite au niveau des orifices (l).

Nous remarquons que :

- le clapet à bille (o) est fermé,
- le débit à travers le trou calibré (k) est nul car on est en équilibre,

- le ressort (h) est sans tension,
- les orifices (l) sont fermés par la chemise (n), à la fuite près, ce qui permet d'ailleurs aux trois chambres A, B, C, d'être à la même pression.



Position neutre ou ligne droite : équilibre et statisme.

c/ came - ga/ galet - h/ ressort - J/ ressort - k/ trou calibré - l/ orifices - n/ chemise - o/ clapet à bille - p/ piston - chA/ chambre A - chB/ chambre B - chC/ chambre C.
Liaisons hydrauliques : Pr/ pression régulée - RF/ retour de fuite

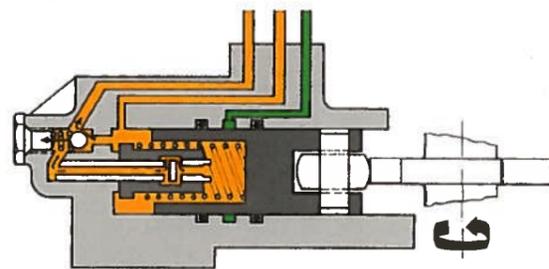
Dans cette position, la chemise (n) est au repos, entre les ressorts (j) et (h). La pression Pr délivrée par le régulateur centrifuge règne dans les chambres A, B, et C. Celles-ci sont donc à la même pression.

Nous remarquons que :

- le clapet à bille (o) est fermé,
- le débit à travers le trou calibré (k) est nul car on est en équilibre,
- le ressort (h) est sans tension,
- les orifices (l) sont fermés par la chemise (n), qui autorise néanmoins une légère fuite.



Position braquage : le liquide refoulé vers le régulateur centrifuge et le réservoir.



En braquant le volant, on fait tourner la came (c), qui entraîne le recul du piston dans le corps.

L'huile est d'abord refoulée dans la chambre A vers la chambre B.

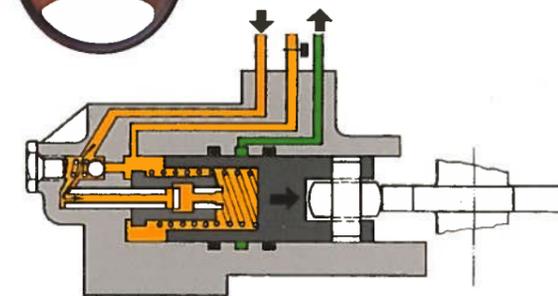
Elle se dirige ensuite vers le régulateur centrifuge en empruntant deux voies :

- en poussant la bille du clapet (o),
- en passant par le trou calibré (k) de la chemise (n), puis par les orifices (l), dégagés par le recul de la chemise (écrasement du ressort j).

Le tiroir (TR) du régulateur centrifuge se met alors en position "échappement" afin d'évacuer le trop plein d'huile. Il revient ensuite en position d'équilibre.



Position Rappel : le freinage du LHM.



Le conducteur cesse de tourner le volant : le refoulement de l'huile par le piston s'arrête. Le clapet à bille (o) se ferme : la communication entre les chemises 1 et 2 n'est plus assurée que par la chemise (n) et le trou calibré (k).

Le conducteur lâche le volant : la pression agissant sur le piston tend alors à ramener rapidement la direction en position "ligne droite". Plusieurs freins entrent alors en action :

- le trou calibré (k),
- le retour de la chemise à sa position de repos, elle-même freinée par :

- la pression,
- les ressorts (h) et (j).

Le volant va donc revenir en douceur à la position ligne droite, sans la dépasser.



Gros plan sur le retour à la position ligne droite

Le retour de la chemise vers la position d'équilibre provoque une réduction progressive de la section des orifices (l). Le débit à travers le trou (k) est donc dépendant à chaque instant de la position de la chemise, et ainsi, de la tension des ressorts (h) et (j).

Le débit à travers les orifices diminue, freinant de plus en plus le passage du liquide. Par conséquent, la vitesse de rappel tend vers zéro lorsqu'on se rapproche de la position ligne droite.

COIN EXPERT



L'ACTIVA.

L'ACTIVA est dévoilée en 1988, lors du mondial de l'automobile. Derrière ce prototype Citroën à la ligne racée se cache le règne de l'hydraulique et de l'électronique. Ces deux domaines interviennent jusque dans l'ouverture des portes du véhicule ! Mais ce n'est là qu'un détail qui donne le ton à l'avant-garde. La XM n'est pas encore sortie : on découvre alors pour la première fois la magique suspension hydroactive. Quant à la direction, ne parlons pas de crémaillère ! C'est l'ordinateur qui prend en compte la fonction directionnelle. Ajouter à cela un petit moteur à chaque roue et une transmission hydrostatique, et vous obtenez un pouvoir directionnel des plus étonnants. Vous voulez vous garer ? Roulez en crabe, c'est plus facile !

Alors devant tant d'innovations, pourquoi ne pas commercialiser ce véhicule ? L'ACTIVA II tentera de répondre à cette question fin 1990. Plus proche du véhicule de série, l'ACTIVA II restera néanmoins seul et unique exemplaire du nom : son coût est trop élevé...

A I D E - M É M O I R E

1. La DIRAVI assure l'....., le de la direction en fonction de la vitesse et l'..... du rappel lorsque le véhicule revient en ligne droite.

2. On distingue types de pression dans le circuit de direction d'une DIRAVI.

3. La fonction "assistance" est directement réalisée grâce au et au du bloc de commande.

4. La fonction "durcissement en fonction de la vitesse" est directement réalisée grâce à la du bloc de commande, au qui délivre une pression régulée et au du bloc de commande qui exploite cette pression.

5. La fonction "asservissement du rappel" est directement réalisée grâce à la et au du bloc de commande.

6. La variation de pression d'..... commande le déplacement du vérin.

7. Grâce au vérin d'assistance, la crémaillère est hydrauliquement pour toutes les positions du braquage.

8. La pression délivrée par le régulateur centrifuge, ainsi que l'effort exercé par le piston sur la came dans le bloc de commande, avec la vitesse du véhicule.

9. Grâce au, la vitesse de retour du volant en position ligne droite est maîtrisée.

Réponses : 1/ assistance - durcissement - asservissement - 2/ 3 - 3/ vérin - distributeur TC - 4/ came - régulateur centrifuge - régulateur de débit - 5/ came - régulateur de débit - 6/ utilisation - 7/ crémaillère - 8/ varie - 9/ régulateur à débit variable