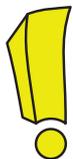


## Vue en coupe de la boîte



### Définitions des couleurs

-  Carter, vis, boulons
-  Eléments hydrauliques/commande
-  Commande électronique de boîte
-  Arbres, pignons
-  Embrayages multidisques
-  Pistons, capteurs de couple
-  Paliers, rondelles, segments d'arrêt
-  Plastiques, joints, caoutchouc



Référence de commande : 507.5318.01.40

Cette planche existe en tant que poster au format A0 et peut être commandée pour le prix de 10.00 DM auprès de Bertelsmann Distribution.

La commande directe chez Bertelsmann n'est possible que pour l'Allemagne.

Pour les marchés d'exportation, prière de consulter l'importateur considéré.

# Organes de la BV



## Les embrayages de marche avant/marche arrière avec train épicycloïdal

Contrairement aux boîtes automatiques étagées, qui font appel à un convertisseur de couple pour la transmission du couple, le concept CVT d'Audi utilise un embrayage distinct pour la marche avant et la marche arrière.

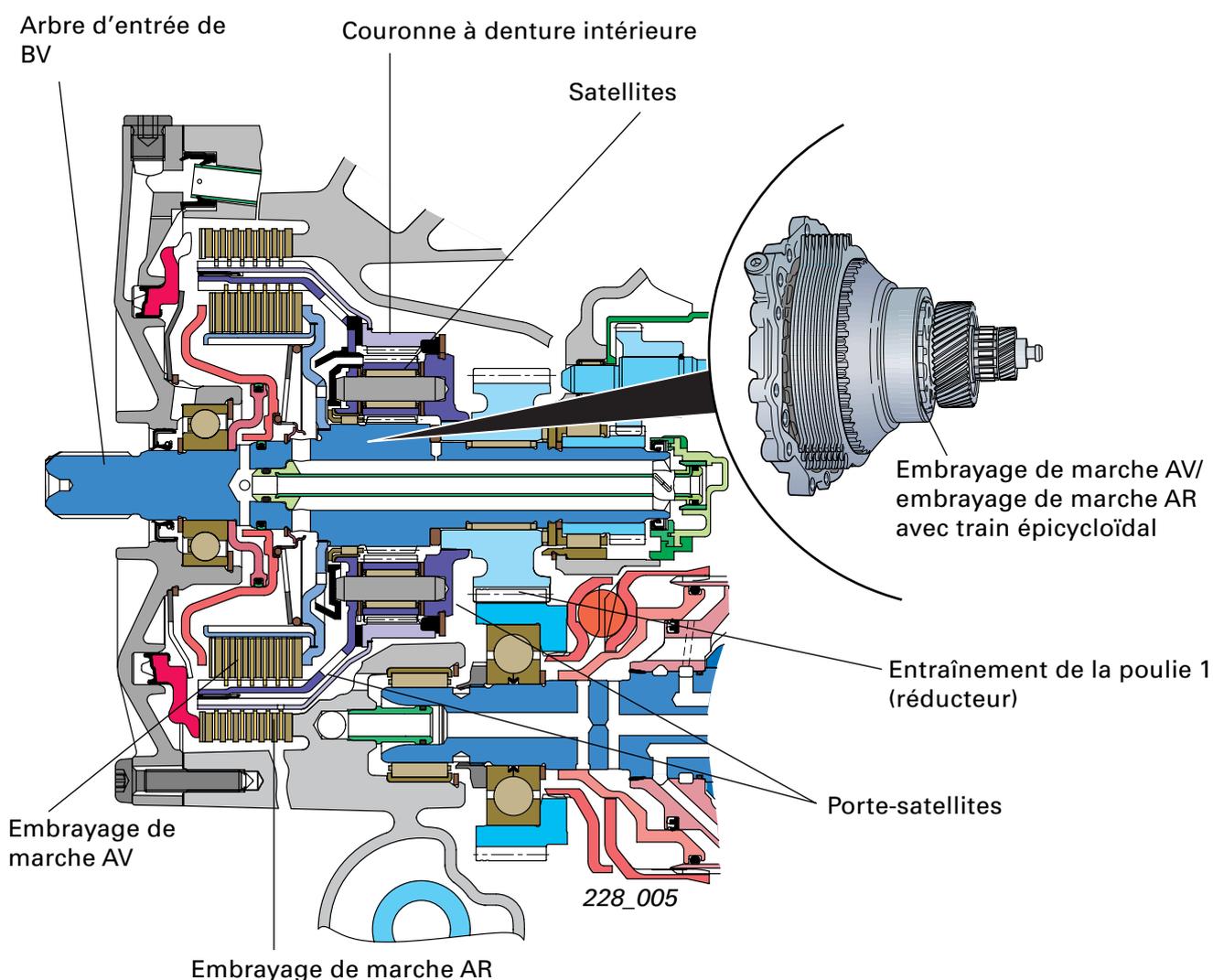
Il s'agit ici d' "embrayages multi-disques en bain d'huile", comme ceux que l'on utilise pour le passage des rapports sur les boîtes automatiques étagées.

Ils servent au démarrage et à la transmission du couple au réducteur.

Le démarrage comme la transmission du couple sont surveillés électroniquement et régulés électro-hydrauliquement.

L'embrayage multi-disques à régulation électronique-hydraulique présente, par rapport à un convertisseur de couple, les avantages suivants :

- ▶ Faible poids
- ▶ Faible encombrement
- ▶ Adaptation de la caractéristique de démarrage à la situation de marche
- ▶ Adaptation du couple de rampement à la situation de marche
- ▶ Fonction de protection en cas de surcharge ou d'utilisation incorrecte



## Le train épicycloïdal

Le train épicycloïdal est en exécution réversible et sert uniquement au renversement du sens de rotation pour la marche arrière.

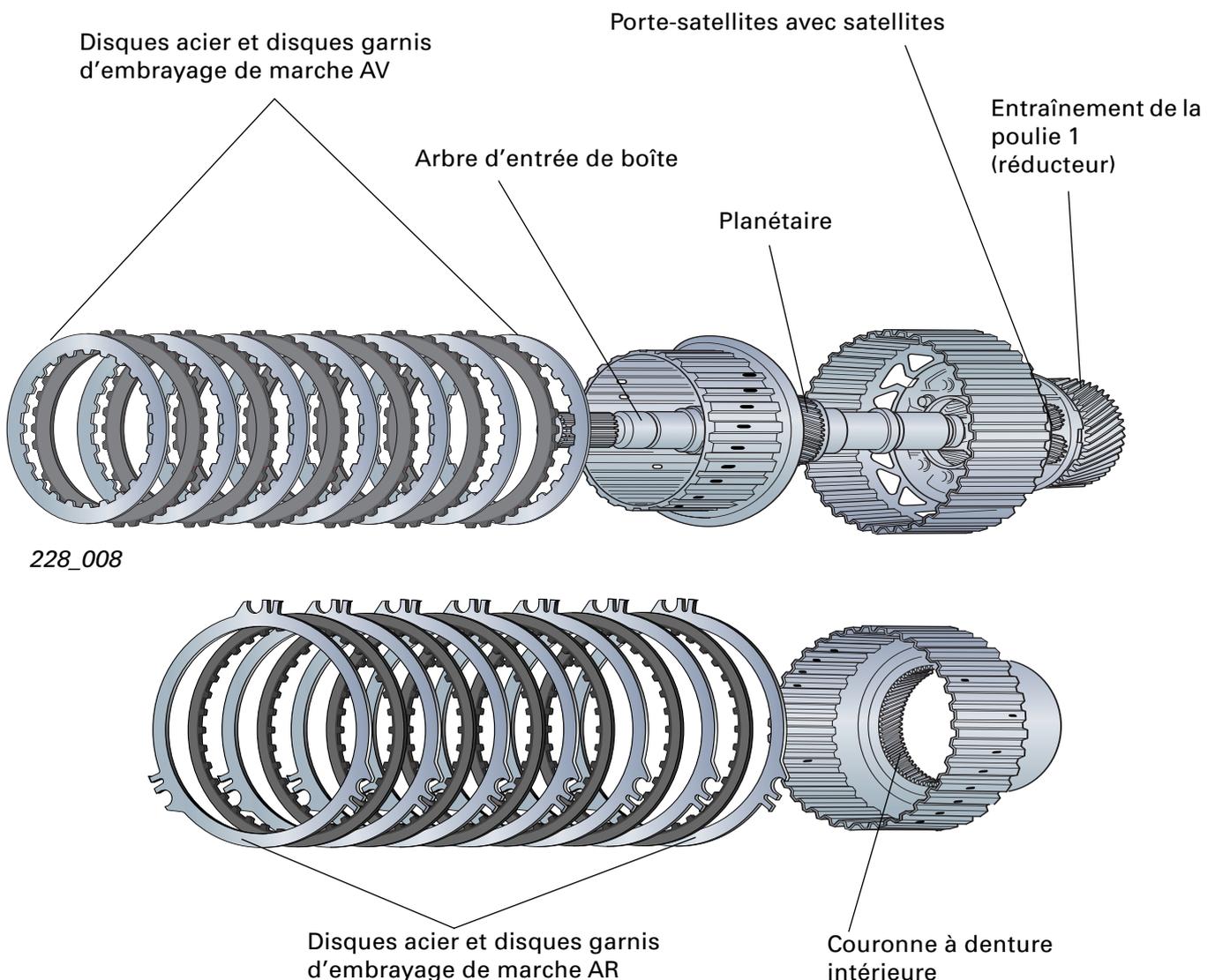
Le rapport de démultiplication dans le train épicycloïdal est, en marche arrière, de 1:1.

## Appariement des composants

Le **planétaire** (entraînement) est relié à l'arbre d'entrée de boîte et aux disques acier de l'embrayage de marche avant.

Le **porte-satellites** (sortie) est relié au pignon d'entraînement du réducteur et aux disques garnis de l'embrayage de marche avant.

La **couronne à denture intérieure** est reliée aux satellites et aux disques garnis de l'embrayage de marche arrière.



# Organes de la BV



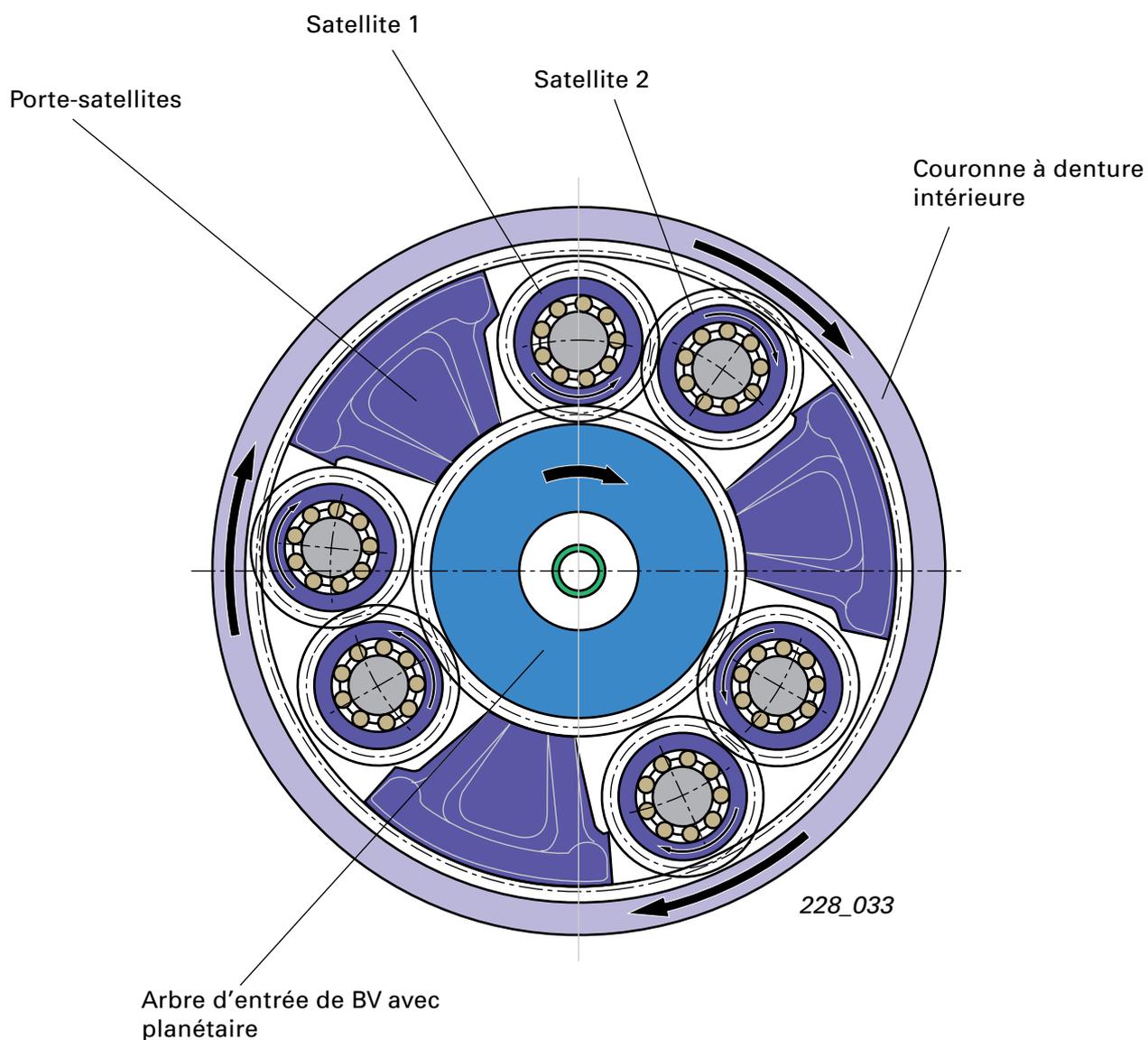
## Chaîne cinématique du train épicycloïdal

Le couple est induit dans le train épicycloïdal via le planétaire relié à l'arbre d'entrée et entraîne les satellites 1.

Les satellites 1 entraînent les satellites 2, en prise avec la couronne à denture intérieure.

Le porte-satellites (sortie du train épicycloïdal) est immobile étant donné qu'il constitue l'entraînement du réducteur et que le véhicule n'est pas encore en mouvement.

La couronne à denture intérieure tourne à vide, à un régime équivalent à la moitié de celui du moteur, dans le sens de rotation du moteur.



## Sens de rotation des pièces à moteur tournant et véhicule arrêté



# Organes de la BV



## Chaîne cinématique de marche arrière

Les disques garnis de l'embrayage de marche arrière sont reliés avec la couronne à denture intérieure et les disques acier avec le carter de boîte.

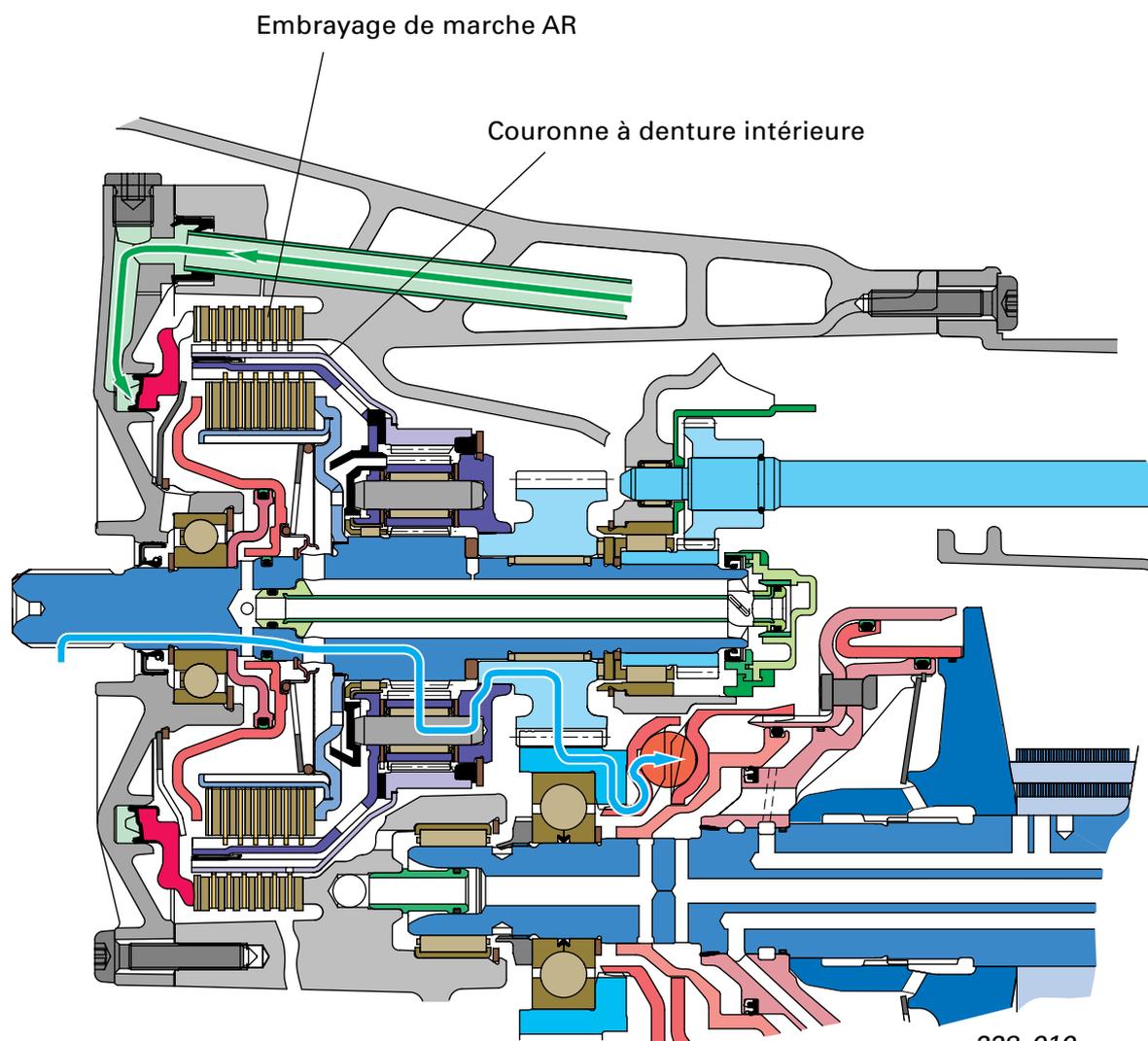
Lorsque l'embrayage de marche arrière est entraîné, il maintient la couronne à denture intérieure fixe et supporte ainsi le couple au niveau du carter de boîte.

Le couple est maintenant transmis au porte-satellites, qui commence à tourner dans le sens inverse de celui du moteur. Le véhicule roule en marche arrière.



En marche arrière, la vitesse est limitée électroniquement.

Le variateur reste en démultiplication de démarrage.



- Pression d'huile pour embrayage
- Flux du couple



# Organes de la BV

## La régulation de l'embrayage

### Le démarrage

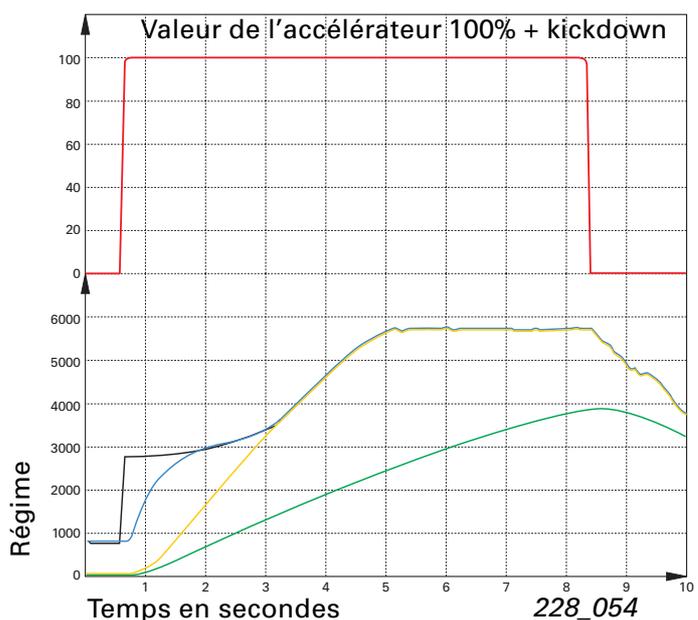
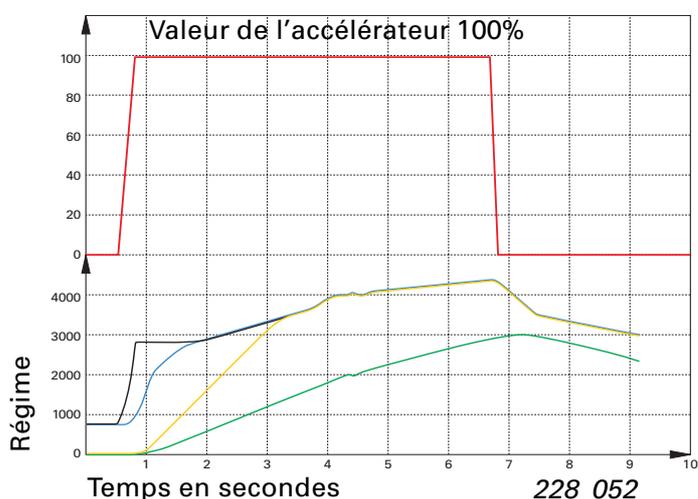
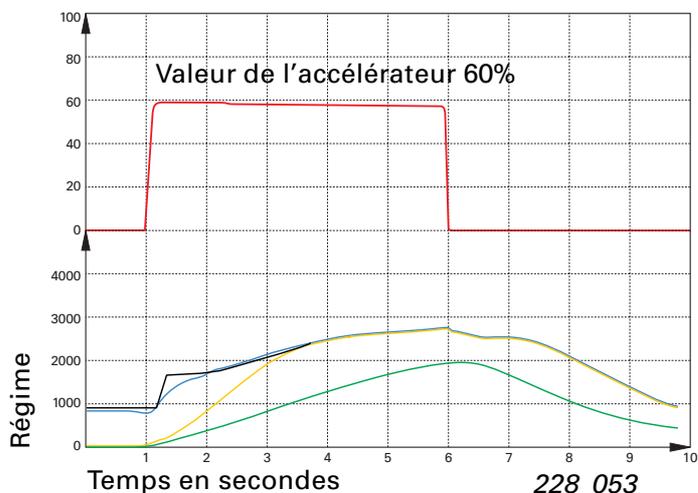
Lors du démarrage, il est essentiellement tenu compte, pour la régulation de l'embrayage, du régime-moteur. Suivant la caractéristique de démarrage, l'appareil de commande de boîte calcule un régime-moteur assigné, en fonction duquel le régime-moteur est réglé par l'intermédiaire du couple d'embrayage.

Le souhait du conducteur ainsi que des exigences internes de l'appareil de commande de boîte déterminent la caractéristique de démarrage.

Dans le cas d'une conduite économique, se caractérisant entre autres par un faible angle de la pédale d'accélérateur durant le démarrage, le régime-moteur est amené, en conservant un bas niveau, au régime de marche consécutif. Des temps de glissement courts de l'embrayage et des régimes-moteur faibles permettent alors une réduction de la consommation de carburant.

Dans le cas d'un démarrage axé sur la puissance, le régime-moteur est amené à un niveau plus élevé au régime de marche consécutif. Le couple-moteur plus élevé provoque alors une accélération correspondante du véhicule.

Les différentes variantes de moteur (essence/diesel, couple et courbe caractéristique du couple) influent également sur la caractéristique de démarrage.



— Angle d'accélérateur

— Régime-moteur

— Régime-moteur assigné

— Régime de transmission de la poulie 1

— Régime de sortie de la poulie 2

## Régulation électronique

Les paramètres suivants sont pris en compte pour la régulation de l'embrayage :

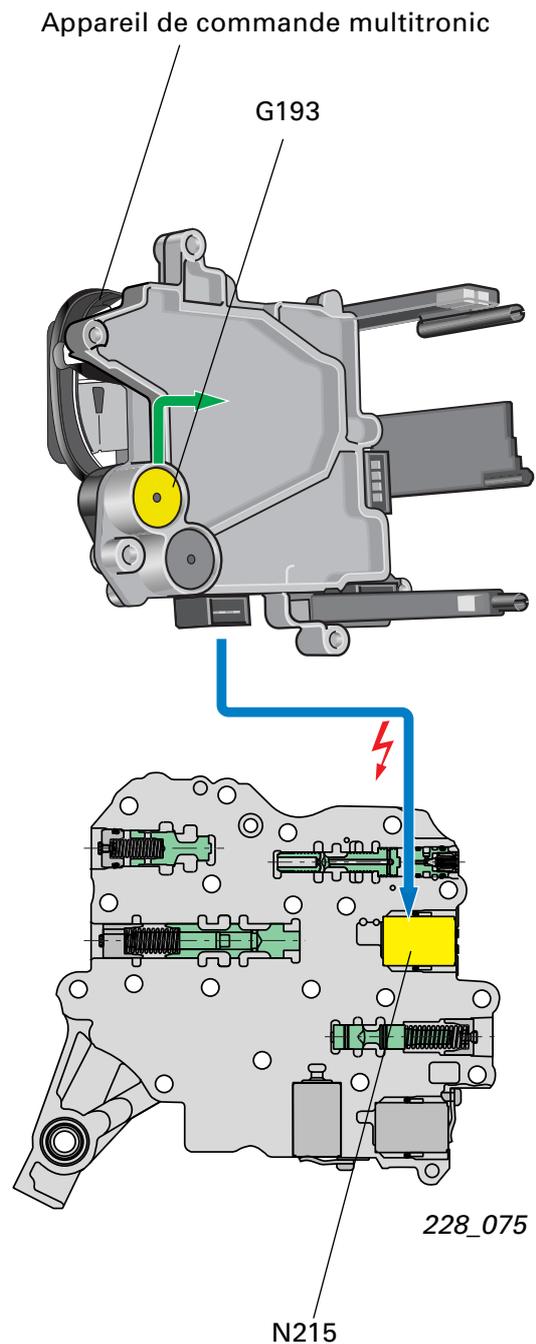
- ▶ Régime-moteur
- ▶ Régime d'entrée de boîte
- ▶ Position de l'accélérateur
- ▶ couple-moteur
- ▶ Frein actionné
- ▶ Température de l'huile de boîte

A partir de ces données, l'appareil de commande de boîte calcule la pression assignée de l'embrayage et détermine un courant de commande correspondant pour la vanne de régulation de pression N215. On obtient une variation pratiquement proportionnelle au courant de commande de la pression de l'embrayage et donc du couple-moteur à transmettre par l'embrayage (cf. commande hydraulique, page 22).

Le transmetteur 1 de pression hydraulique G193 enregistre la pression de l'embrayage (pression réelle de l'embrayage) dans la commande hydraulique. La pression réelle de l'embrayage est comparée en permanence avec la pression assignée calculée par l'appareil de commande de boîte.

Ce faisant, les pressions réelle et assignée font l'objet d'un contrôle continu de plausibilité et en cas d'écart, des mesures sont prises (cf. coupure de sécurité, page 23).

En vue d'éviter une surchauffe de l'embrayage, il est refroidi et la température de l'embrayage est surveillée par l'appareil de commande de boîte (pour en savoir plus, voir "refroidissement de l'embrayage", page 28 et "protection contre la surcharge", page 23).



# Organes de la BV

## Commande hydraulique

La pression de l'embrayage est proportionnelle au couple-moteur et est indépendante de la pression du système.

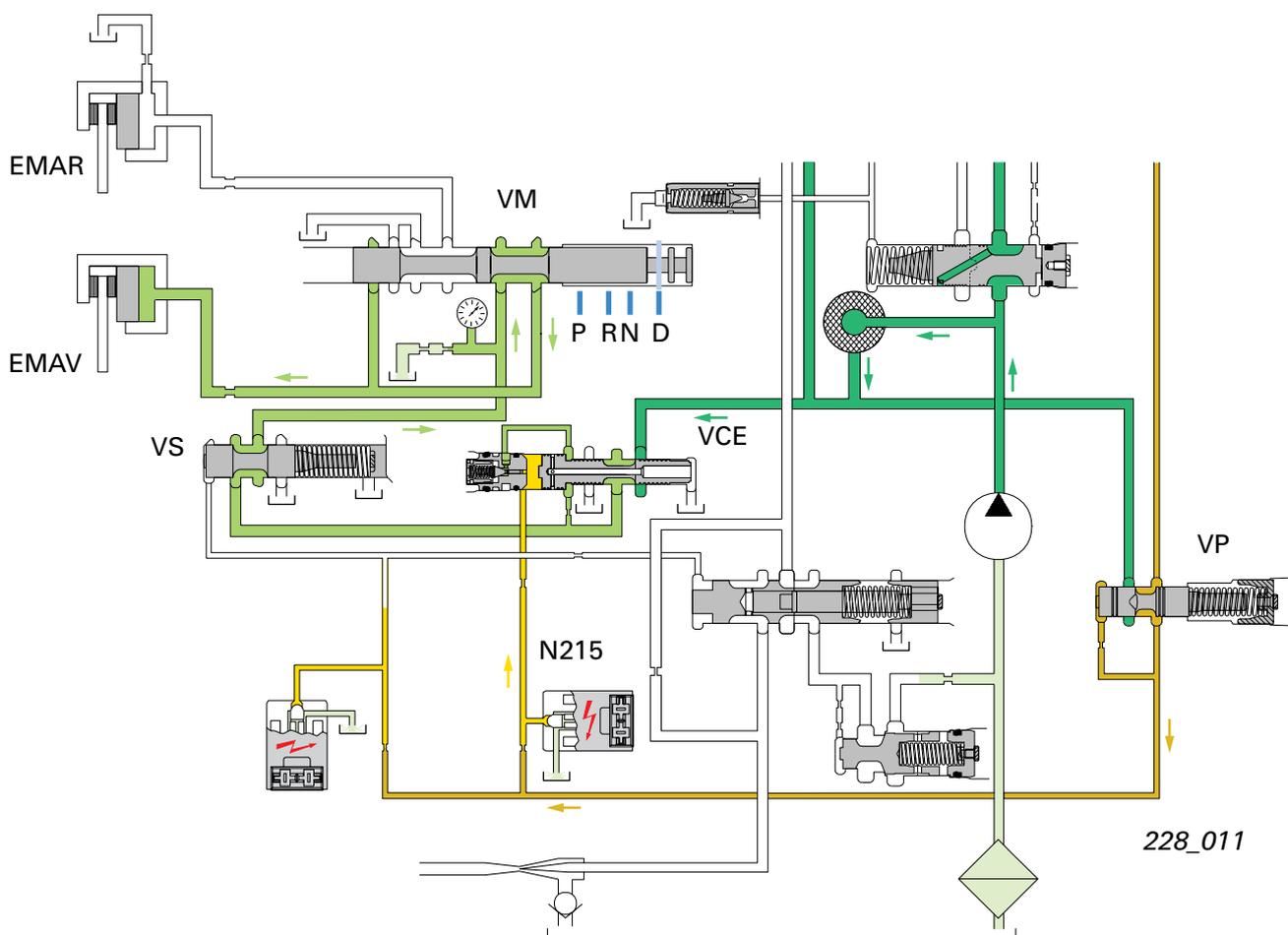
La vanne de régulation de pression N215 est alimentée par la vanne pilote (VP) en pression constante de 5 bar environ. En fonction du courant de commande calculé par l'appareil de commande de boîte, la vanne N215 établit une pression de commande qui agit sur la position de la vanne de commande d'embrayage (VCE). **Un courant de commande élevé se traduit par une pression de commande élevée.**

La vanne de commande d'embrayage (VCE) pilote la pression de l'embrayage et donc le couple-moteur à transmettre.

La vanne de commande d'embrayage (VCE) est alimentée en pression du système et établit la pression d'embrayage en fonction du pilotage par N215. **Une pression de commande élevée se traduit par une pression d'embrayage élevée.**

La pression d'embrayage est transmise via la vanne de sécurité (VS) à la vanne manuelle (VM). La vanne manuelle (VM) transmet la pression de l'embrayage en fonction de la position du levier sélecteur soit à l'embrayage de marche avant (position D), soit à l'embrayage de marche arrière (position R). L'embrayage sans pression est mis à l'air en direction du carter d'huile.

Dans les positions du levier sélecteur N et P, l'arrivée est bloquée par la vanne manuelle et les deux embrayages sont mis à l'air en direction du carter d'huile.



- ATF sans pression
- Pression d'embrayage
- Pression d'alimentation

- Pression de commande pilote
- Pression de commande
- Dans le carter d'huile

## Coupure de sécurité

Si la pression réelle de l'embrayage est nettement supérieure à la pression assignée de l'embrayage, on est en présence d'un dysfonctionnement risquant de menacer la sécurité. Dans ce cas, l'embrayage est commuté à l'état sans pression indépendamment de la position de la vanne manuelle et de tous les autres états du système.

La coupure de sécurité s'effectue via la vanne de sécurité (VS) et permet l'ouverture rapide de l'embrayage.

La vanne de sécurité (VS) est pilotée par l'électrovanne 1 N88. A partir d'une pression de commande d'environ 4 bar, l'alimentation en provenance de la vanne de commande d'embrayage (VCE) est coupée et, simultanément, la liaison à la vanne manuelle est mise à l'air dans le carter d'huile.

## Protection contre la surcharge

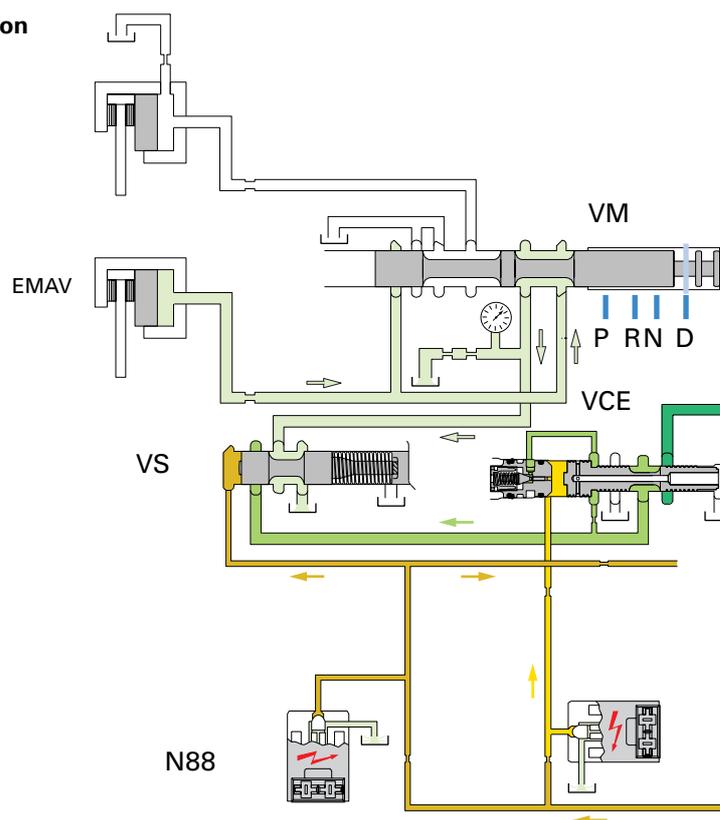
La température de l'embrayage est calculée par l'appareil de commande de boîte à l'aide d'un modèle de calcul faisant intervenir le glissement de l'embrayage, le couple-moteur à transmettre et la température de l'huile de boîte.

Si, en cas de forte sollicitation de l'embrayage, la température de l'embrayage calculée dépasse un seuil défini, le couple-moteur est réduit.

Le couple-moteur peut être réduit jusqu'au régime de ralenti accéléré. Il est possible que, brièvement, le moteur ne réagisse pas à la pédale d'accélérateur. Le refroidissement de l'embrayage assure un temps de refroidissement rapide. Le couple-moteur total ne tarde pas à être à nouveau disponible.

Une surcharge de l'embrayage est pratiquement exclue.

### Position de commutation lors d'une coupure de sécurité



228\_082

- Mise à l'air vers carter d'huile/sans pression
- Pression d'embrayage
- Pression d'alimentation

- Pression de commande pilote
- Pression de commande dans le carter d'huile



# Organes de la BV



## La régulation de l'embrayage à l'arrêt (régulation du rampement)

La fonction de régulation du rampement fait qu'au ralenti du moteur et avec un rapport engagé, il y a réglage d'un couple de patinage défini au niveau de l'embrayage (couple de l'embrayage).

Le comportement du véhicule s'apparente à celui d'une voiture dotée d'une boîte automatique à convertisseur de couple.

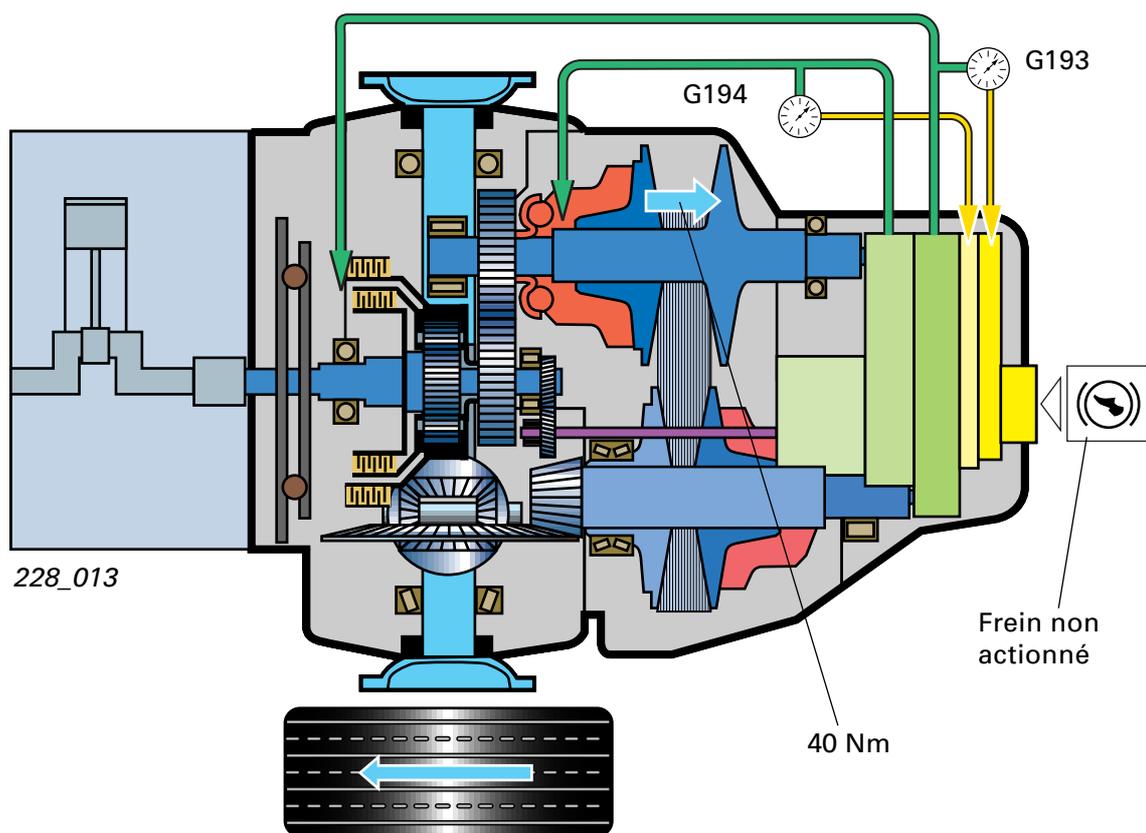
Par adaptation ciblée de la pression de l'embrayage, on obtient un couple de transmission provoquant le "rampement" du véhicule.

Le couple de transmission varie dans des limites définies en fonction de l'état de marche et de la vitesse du véhicule. Pour la régulation précise du couple de l'embrayage, il est fait appel à la pression de serrage des flasques coniques, déterminée par G194.



La régulation du rampement permet d'effectuer des manoeuvres (lors d'un créneau par exemple) sans actionner la pédale d'accélérateur, ce qui augmente le confort de conduite.

Etant donné que la pression de serrage est proportionnelle au couple réel d'entraînement du moteur appliqué au niveau de la poulie 1, le couple d'embrayage peut être calculé avec une grande précision à l'aide de G194 et donc être régulé (pour plus d'informations, voir "le capteur de couple", page 38).



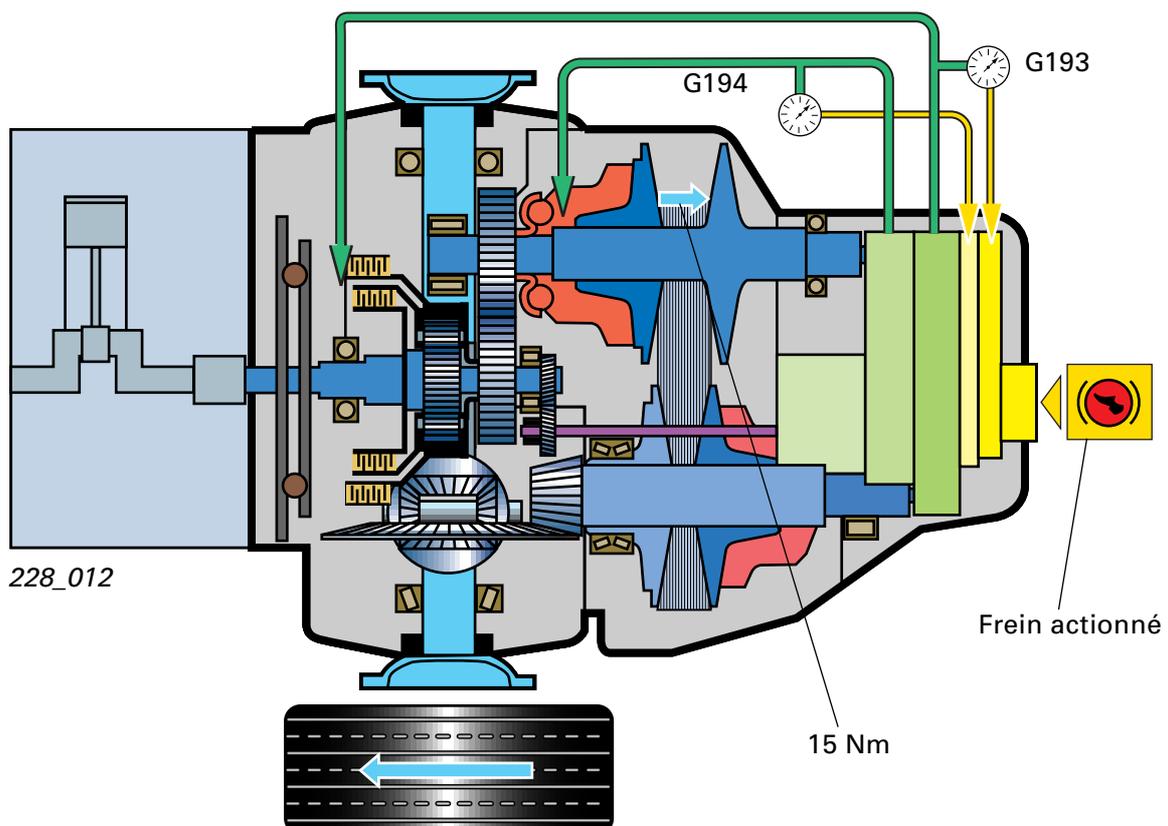
## Particularité de la régulation du rampement

L'une des particularités de la régulation du rampement est la réduction du couple de rampement lorsque le véhicule est arrêté et le frein actionné, d'où une demande de couple réduite du moteur (l'embrayage étant alors plus largement ouvert).

Cela a des répercussions positives sur la consommation de carburant et se traduit par une amélioration du confort, étant donné que l'acoustique (ronflement à l'arrêt) est améliorée et que les forces d'actionnement du frein pour maintenir le véhicule arrêté sont nettement plus faibles.

Si le véhicule à l'arrêt sur une chaussée en pente recule alors que le frein n'est que légèrement actionné, la pression de l'embrayage est augmentée et le véhicule est alors maintenu ("Hillholder" ou fonction de retenue en pente).

En raison de l'utilisation de deux transmetteurs de régime de sortie, G195 et G196, il est possible de différencier entre marche avant et marche arrière et cette fonction est ainsi réalisable (pour plus d'informations, prière de se reporter au chapitre "capteurs").



# Organes de la BV

## La régulation du microglissement

La régulation du microglissement sert à l'adaptation de la régulation de l'embrayage (cf. description de l'adaptation) et à l'amortissement des vibrations torsionnelles imputables au moteur.

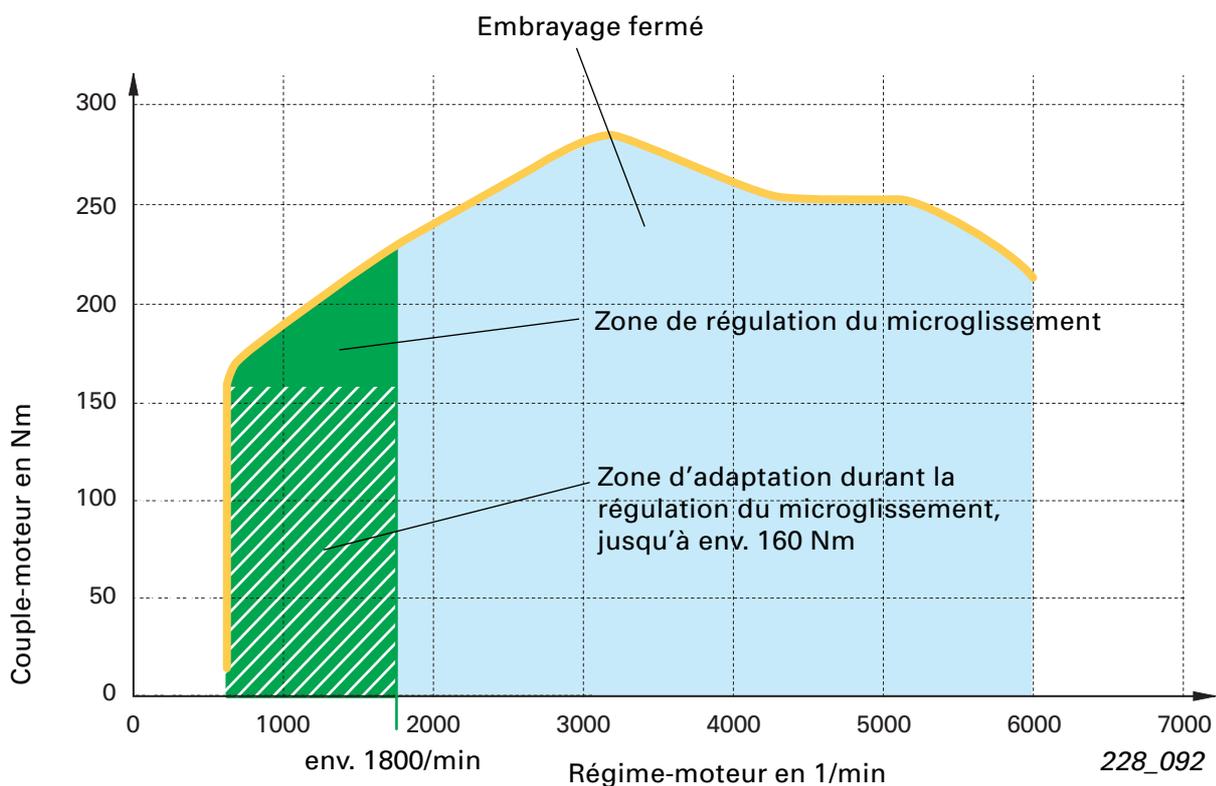
L'adaptation des caractéristiques de l'embrayage en plage de charge partielle est assurée jusqu'à un couple de 160 Nm.

Dans une plage de régime pouvant atteindre jusqu'à 1800/min et avec un couple-moteur inférieur à 220 Nm environ, on fait travailler l'embrayage par "microglissement". Dans cette plage de fonctionnement, on procède à la régulation d'un régime de glissement (régime différentiel) d'environ 5/min à 20/min entre l'arbre d'entrée de boîte et la poulie 1.

Pour cela, l'appareil de commande de boîte compare le signal de G182 (transmetteur de régime d'entrée de BV) avec le régime-moteur (en tenant compte du réducteur). Le G182 enregistre le régime de la poulie 1.



Comme le laisse entendre le terme de "microglissement", le glissement de l'embrayage est maintenu très faible, de sorte qu'aucun inconvénient sensible ne se manifeste au niveau de l'usure de la garniture et de la consommation de carburant.



## Adaptation de la régulation de l'embrayage

En vue d'obtenir une régulation de l'embrayage offrant toujours le même confort quel que soit l'état de marche et pendant toute sa durée de vie, il faut constamment revoir le rapport existant entre courant de commande et couple d'embrayage.

Ceci est nécessaire du fait que les coefficients de friction des embrayages varient en permanence.

Le coefficient de friction dépend des facteurs suivants:

- ▶ huile de boîte (qualité, vieillissement, usure)
- ▶ température de l'huile de boîte
- ▶ température de l'embrayage
- ▶ glissement de l'embrayage

En vue de compenser ces influences et donc d'optimiser la régulation de l'embrayage, les rapports entre courant de commande et couple d'embrayage sont adaptés durant la régulation du rampement et dans la plage de charge partielle.

### Adaptation durant la régulation du rampement (frein actionné) :

Comme nous l'avons déjà mentionné, un couple d'embrayage défini est réglé durant la régulation du rampement. L'appareil de commande de boîte observe le rapport entre le courant de commande (de N215) et la valeur du transmetteur de pression G194 (pression de serrage) et mémorise les valeurs. Les données momentanées sont utilisées pour le calcul des nouvelles courbes caractéristiques.



“Adaptation” signifie ici apprentissage de nouvelles valeurs pilotes.



### L'adaptation en plage de charge partielle ....

..... a lieu durant la régulation du microglissement. Dans cette plage de fonctionnement, l'appareil de commande de boîte compare le couple-moteur (fourni par l'appareil de commande du moteur) et le courant de commande allant à N215 et mémorise ces valeurs. Les valeurs mises à jour sont utilisées pour le calcul des nouvelles caractéristiques (cf. régulation du microglissement).

En résumé :

L'adaptation assure une qualité constante de la régulation de l'embrayage.

Les valeurs d'adaptation influent également sur le calcul de la pression de l'embrayage en cas de couples de transmission relativement élevés (embrayage entièrement en prise).

Il n'est ainsi pas nécessaire d'appliquer une pression excessive à l'embrayage, ce qui a des répercussions positives sur le rendement.

# Organes de la BV

## Le refroidissement de l'embrayage

Afin de protéger les embrayages d'un échauffement trop fort (en particulier lors du démarrage dans des conditions difficiles), ils sont refroidis par un flux d'huile distinct.

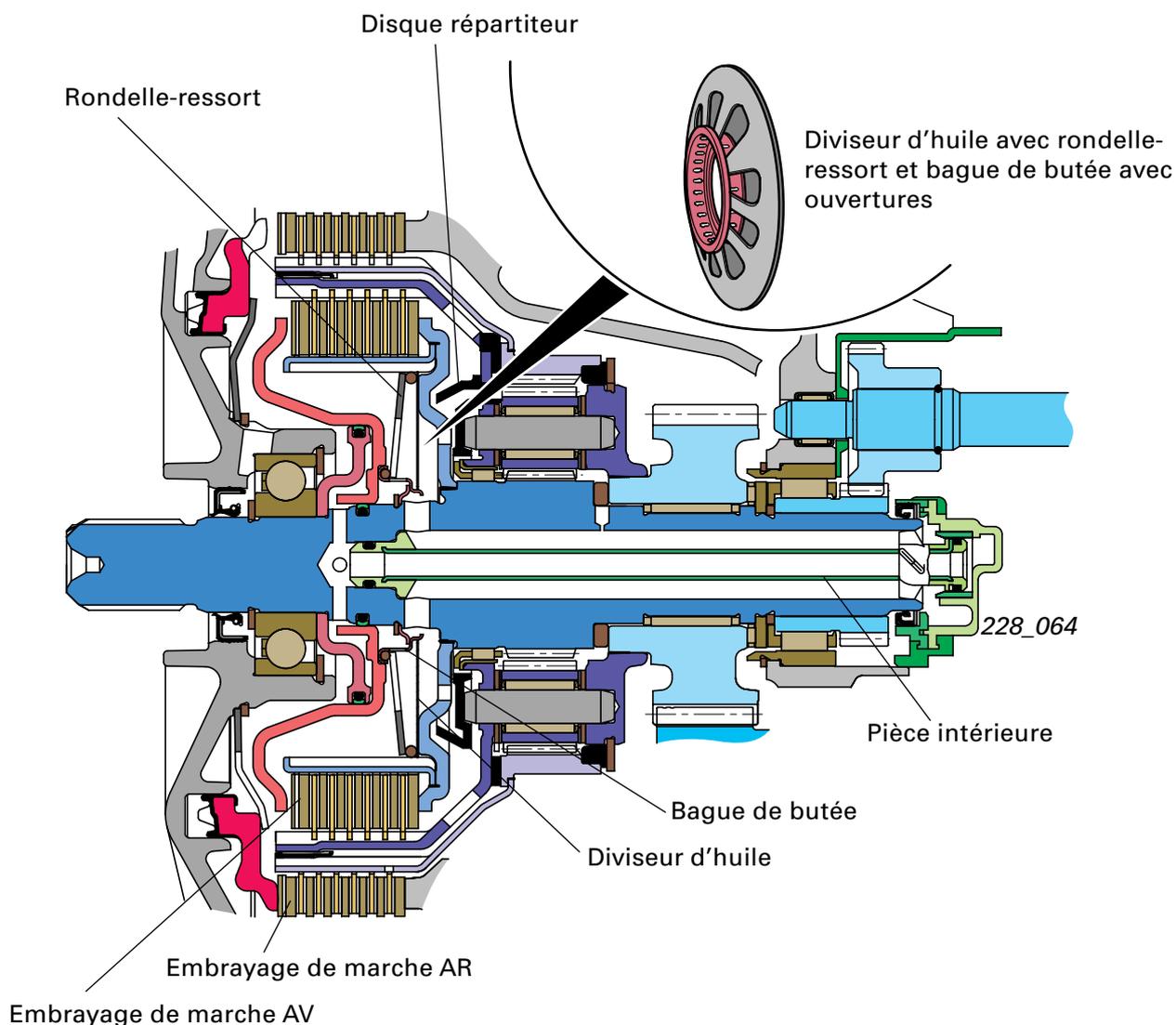
Pour limiter les pertes de puissance dues au refroidissement de l'embrayage, le flux d'huile de refroidissement est activé en fonction des besoins par une commande d'huile de refroidissement intégrée dans le distributeur hydraulique.

Une pompe aspirante augmente en outre la capacité d'huile de refroidissement sans demander beaucoup plus de puissance à la pompe à huile.

En vue de l'optimisation du refroidissement de l'embrayage, le flux d'huile de refroidissement n'est dirigé que sur le paquet de disques transmettant la puissance considéré.

L'huile de refroidissement ainsi que l'huile sous pression de l'embrayage de marche avant sont acheminées par l'arbre d'entrée de BV creux. Les deux circuits d'huile sont séparés par un tube en acier, la "pièce intérieure".

Au niveau des orifices de sortie d'huile de l'arbre d'entrée de BV, on trouve un "diviseur d'huile" qui dirige le flux d'huile de refroidissement en direction de l'embrayage de marche avant ou de marche arrière.



## Refroidissement de l'embrayage de marche AV

Lorsque l'on actionne l'embrayage de marche AV, le diviseur d'huile est repoussé vers l'arrière par le vérin (plateau de pression) de l'embrayage de marche avant.

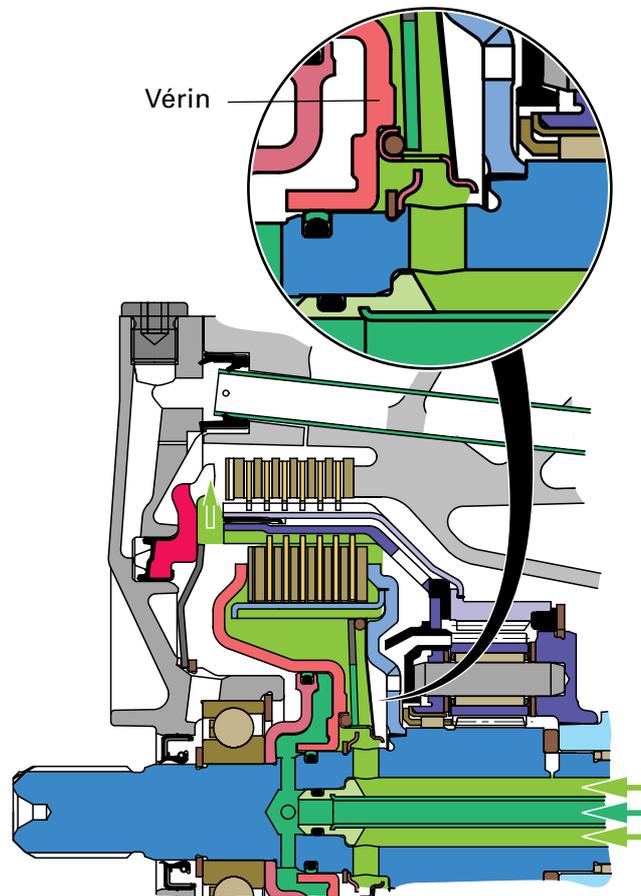
Dans cette position, le flux d'huile de refroidissement est dirigé sur la face avant du diviseur d'huile et traverse l'embrayage de marche avant.

## Refroidissement de l'embrayage de marche AR

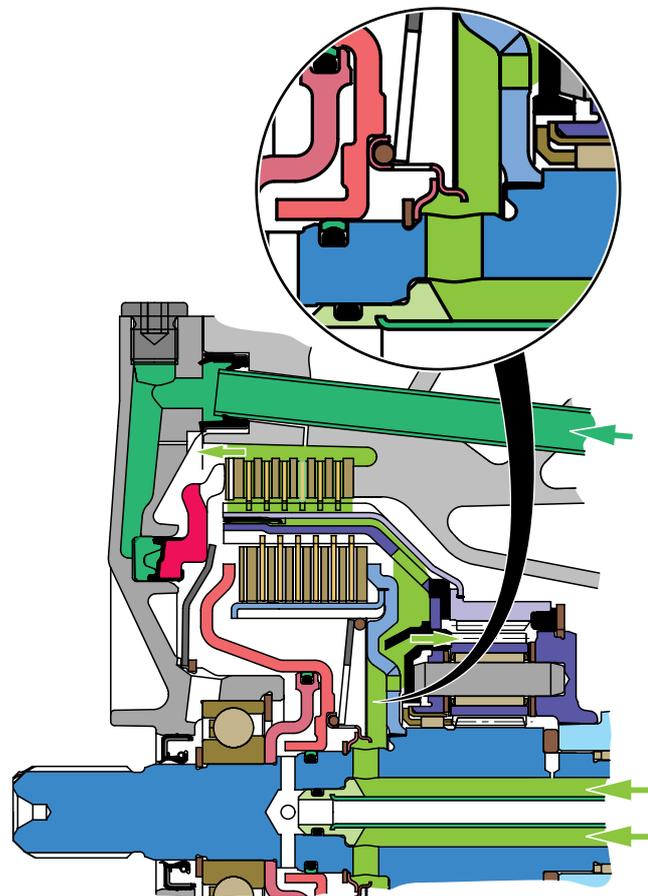
Lorsque l'embrayage de marche avant n'est pas actionné (au ralenti ou avec l'embrayage de marche arrière actionné), le diviseur d'huile se trouve en position de base.

Dans cette position, le flux d'huile de refroidissement va à la face arrière du diviseur d'huile et est dirigé au moyen d'un disque répartiteur vers l'embrayage de marche arrière. Des dérivations dans le disque répartiteur envoient par ailleurs une partie de l'huile de refroidissement au train épicycloïdal et assurent la lubrification nécessaire.

## Embrayage de marche AV



## Embrayage de marche AR



228\_014

- Pression d'huile pour embrayage
- Flux d'huile pour refroidissement de l'embrayage



# Organes de la BV



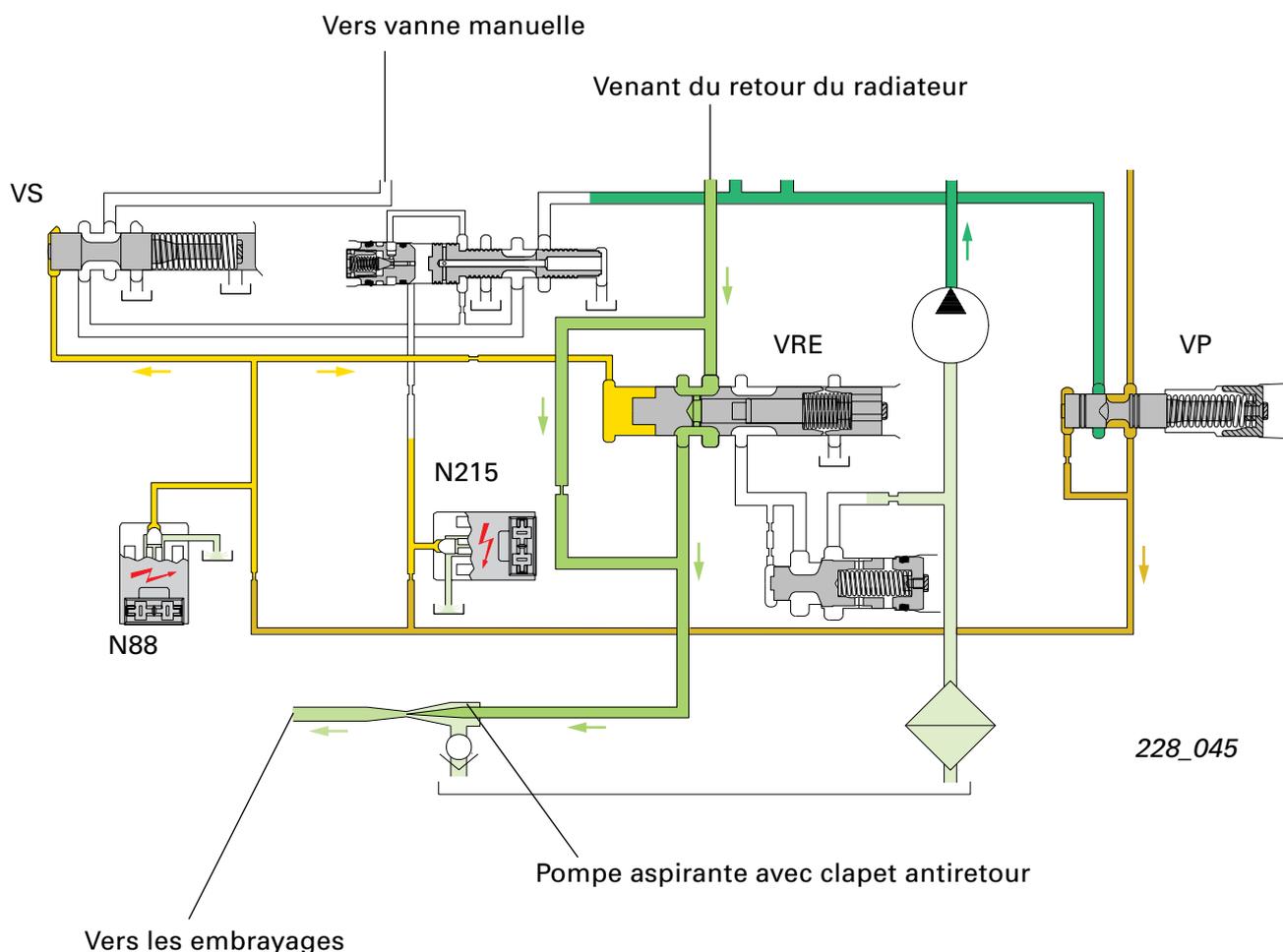
## Commande hydraulique du refroidissement de l'embrayage

Le refroidissement de l'embrayage est mis en circuit en même temps que le pilotage de la régulation de l'embrayage.

L'appareil de commande de boîte envoie un courant de commande à l'électrovanne 1 N88. Cela provoque une pression de commande, qui commute la vanne de refroidissement de l'embrayage (VRE).

La vanne de refroidissement de l'embrayage (VRE) dirige l'huile sous pression du retour du radiateur à la pompe aspirante.

L'huile sous pression sert au fonctionnement de la pompe aspirante (pour plus d'informations, voir alimentation en huile/ pompe aspirante, page 51).

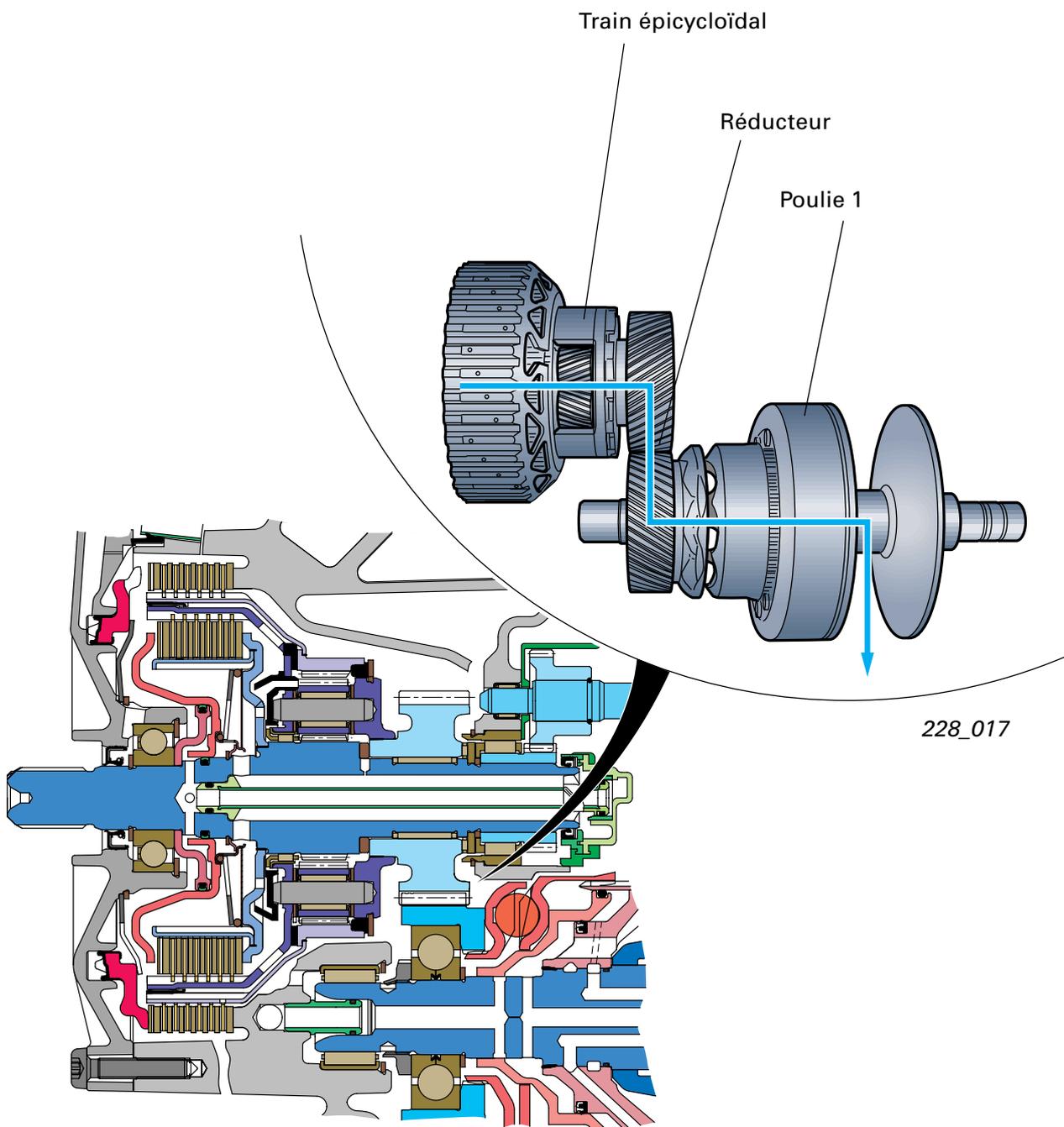


- |  |                                     |  |                        |
|--|-------------------------------------|--|------------------------|
|  | ATF sans pression                   |  | Pression pilote        |
|  | Flux d'huile de refroidissement     |  | Pression de commande   |
|  | Huile venant du retour du radiateur |  | dans le carter d'huile |

## Le réducteur

Pour des raisons d'encombrement, le couple est transmis au variateur par un réducteur.

Les différentes démultiplications du réducteur permettent l'adaptation de différentes variantes de moteur à la boîte. Le variateur fonctionne ainsi dans sa plage de couple optimale.



# Organes de la BV

## Le variateur

Le principe de base du variateur a déjà été présenté à la page 5. Nous allons ci-dessous aborder les particularités et fonctions du variateur de la boîte multitronic®.

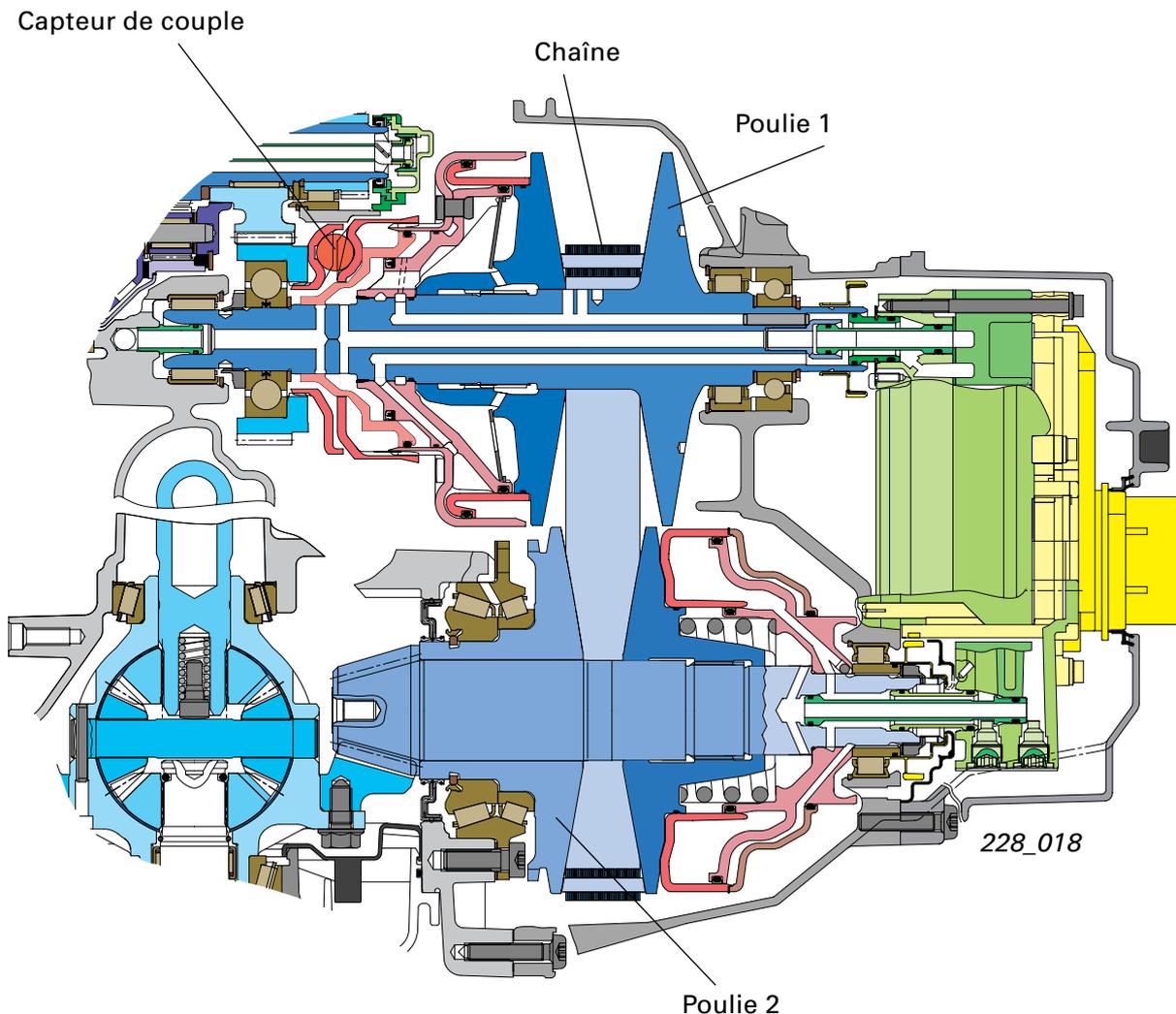
### Concept du variateur de la boîte multitronic®

Le variateur fonctionne selon le principe du double piston. Une autre de ses particularités est qu'un capteur de couple est logé dans la poulie 1 (pour plus d'informations, voir "Le capteur de couple", page 38).

Les poulies 1 et 2 disposent respectivement d'un vérin distinct pour le serrage des flasques coniques (vérin de serrage, ou vérin d'application) ainsi que d'un vérin distinct pour le réglage de la démultiplication (vérin de réglage).

Le principe du double piston permet de faire varier très rapidement la démultiplication avec une faible quantité d'huile sous pression et de toujours garantir une pression suffisante des flasques coniques pour un niveau de pression relativement faible.

### Démultiplication au démarrage (underdrive)



## Réglage

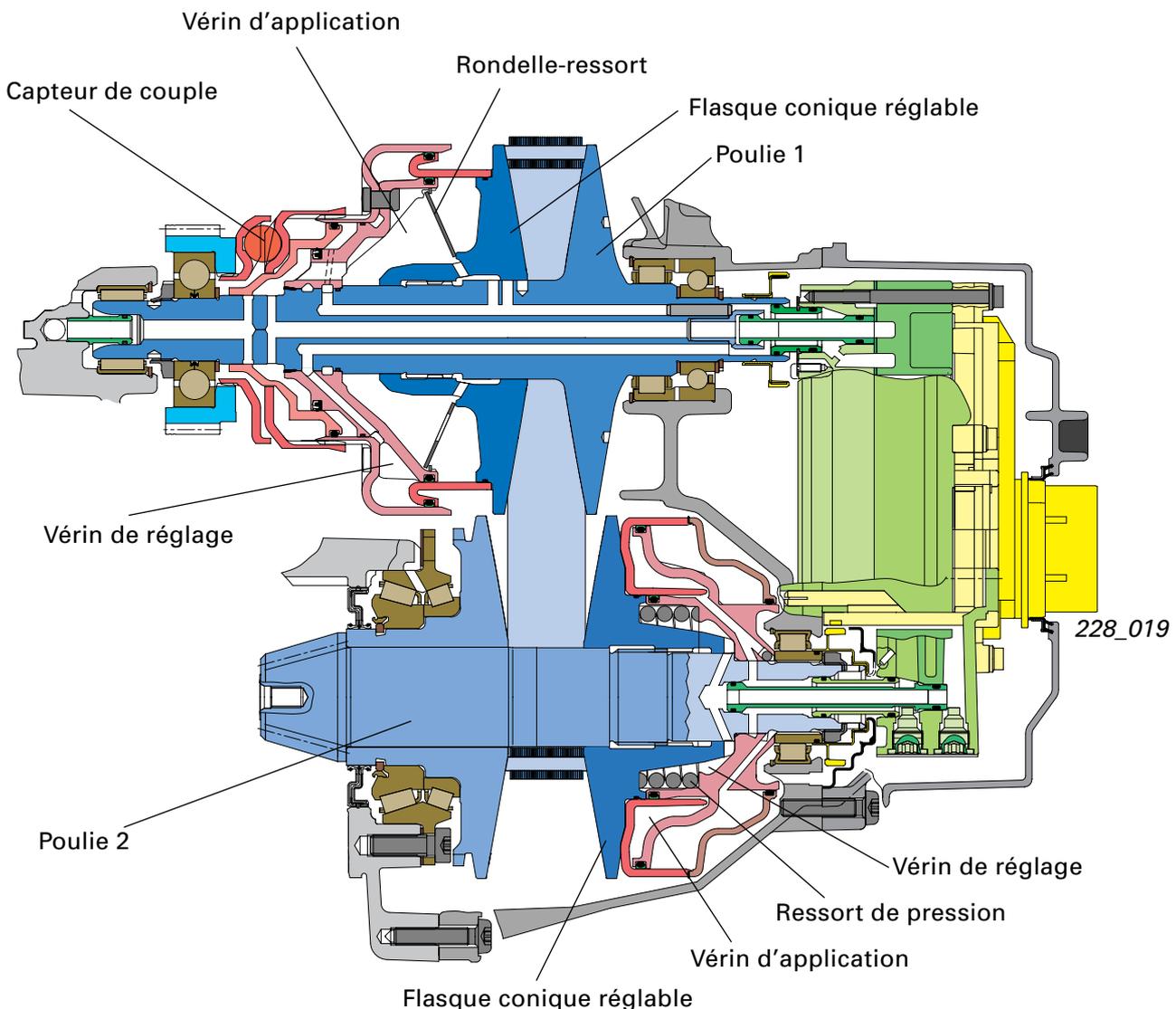
Les sollicitations élevées en dynamique de réglage requièrent la mise à disposition d'une quantité suffisante d'huile sous pression. Afin de réduire au maximum la quantité d'huile, les vérins de réglage présentent une surface plus petite que celle des vérins d'application. On nécessite ainsi une quantité d'huile relativement faible pour le réglage.

Malgré la capacité de refoulement réduite de la pompe à huile, on obtient une dynamique de réglage élevée et une influence positive est exercée sur le rendement.

Les rondelles-ressorts de la poulie 1 et les ressorts hélicoïdaux de la poulie 2 assurent en cas de système hydraulique sans pression une certaine tension de base (application) de la chaîne.

La force des ressorts hélicoïdaux de la poulie 2 permet en l'absence de pression le réglage du variateur pour la démultiplication de démarrage.

## Démultiplication finale (overdrive)



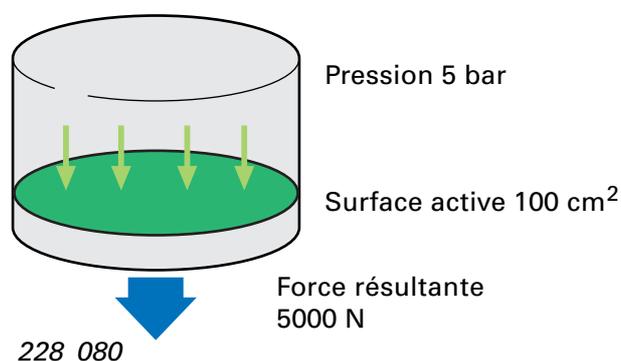
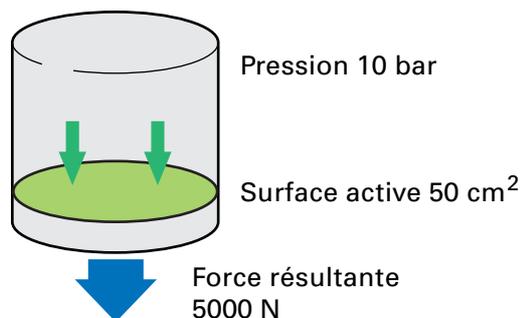
# Organes de la BV

## Serrage (ou application)

Pour la transmission des couples, on a besoin de forces d'application importantes entre les flasques coniques et la chaîne. La force de serrage est réalisée via une pression d'huile correspondante dans le vérin d'application.

Suivant la loi de l'hydraulique, il est possible de faire varier une force résultante (force d'application) en agissant sur la pression et la surface active.

Les vérins d'application présentent une plus grande surface et ont donc besoin d'une pression d'huile plus faible pour l'application. La pression d'huile relativement faible a également une répercussion positive sur le rendement.



## Remorquage

Lors du remorquage, la poulie 2 entraîne la poulie 1 et il y a un établissement dynamique de pression dans les vérins de réglage et d'application des poulies.

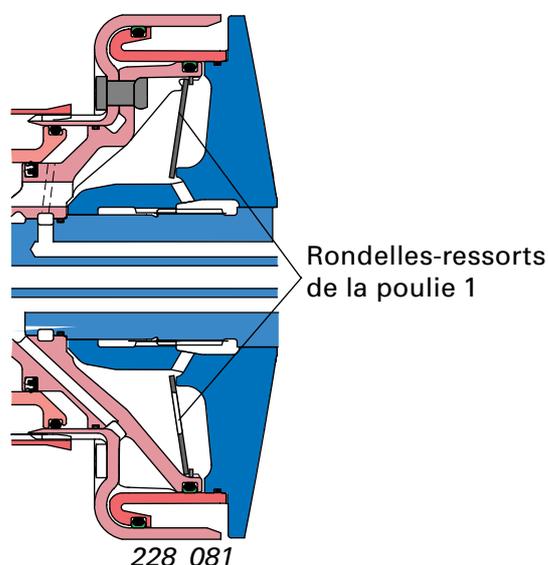
Le système est conçu de façon que du fait de la montée dynamique de pression, le variateur soit réglé selon un rapport de démultiplication d'environ 1:1. La poulie 1 et le train épicycloïdal sont ainsi protégés contre les régimes trop élevés.

La rondelle-ressort de la poulie 1 apporte son assistance à cette opération.



Pour "l'établissement de la pression dynamique", voir chapitre "carter d'huile centrifuge".

Veillez également tenir compte des indications données sur le remorquage au chapitre "Service".



# La commande de la démultiplication

## Régulation électronique

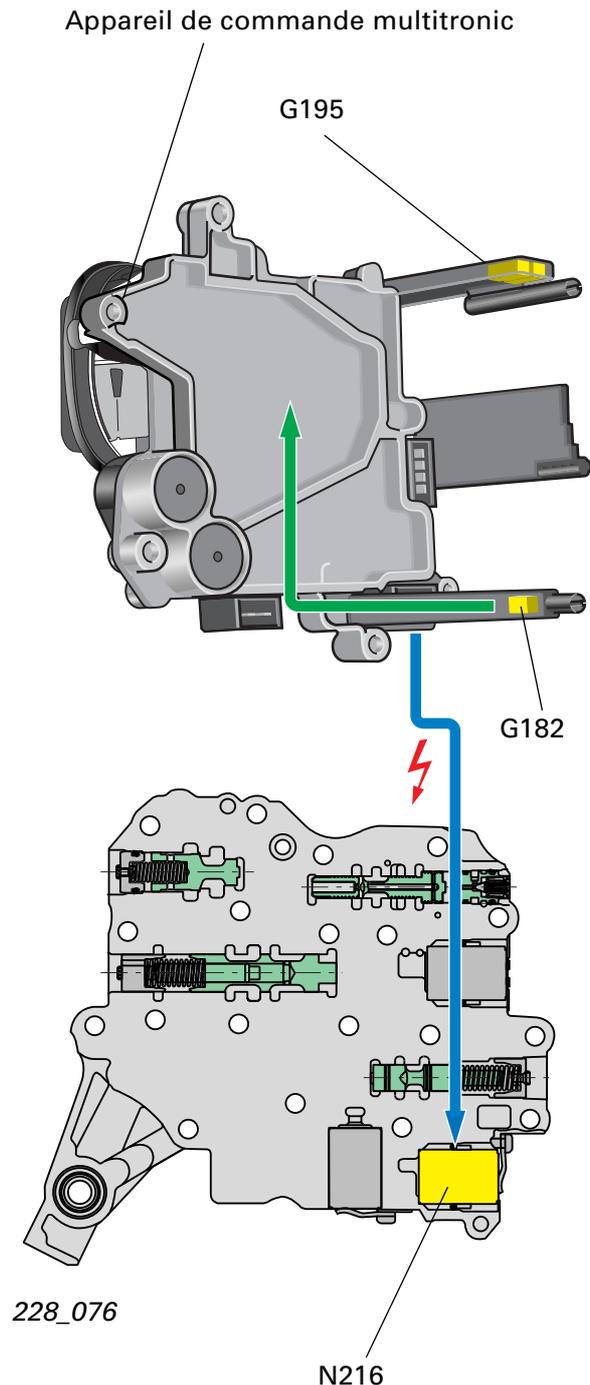
En vue du calcul de la valeur assignée du régime de transmission, l'appareil de commande de la boîte multitronic® dispose d'un programme de régulation dynamique (DRP). Il s'agit d'un perfectionnement du programme dynamique de passage des rapports (DSP) que l'on rencontre sur les boîtes automatiques étagées. Souhait du conducteur et état de marche sont déterminés en vue de fournir la démultiplication de boîte optimale quelle que soit la situation routière (cf. description du DRP, page 82).

Un régime de transmission assigné est calculé, en fonction des conditions marginales, par le programme de régulation dynamique.

Le transmetteur G182 saisit le régime d'entrée de BV au niveau de la poulie 1.

A l'appui d'une comparaison valeur assignée/valeur réelle, l'appareil de commande de boîte calcule un courant de commande pour la vanne de régulation de pression N 216. La vanne N216 génère une pression de commande pour la vanne hydraulique de démultiplication pratiquement proportionnelle au courant de commande.

Pour la surveillance de la commande de la démultiplication, la plausibilité réciproque des signaux du transmetteur de régime d'entrée de BV G182, du transmetteur de régime en sortie de boîte G195 ainsi que du régime-moteur fait l'objet d'une surveillance.

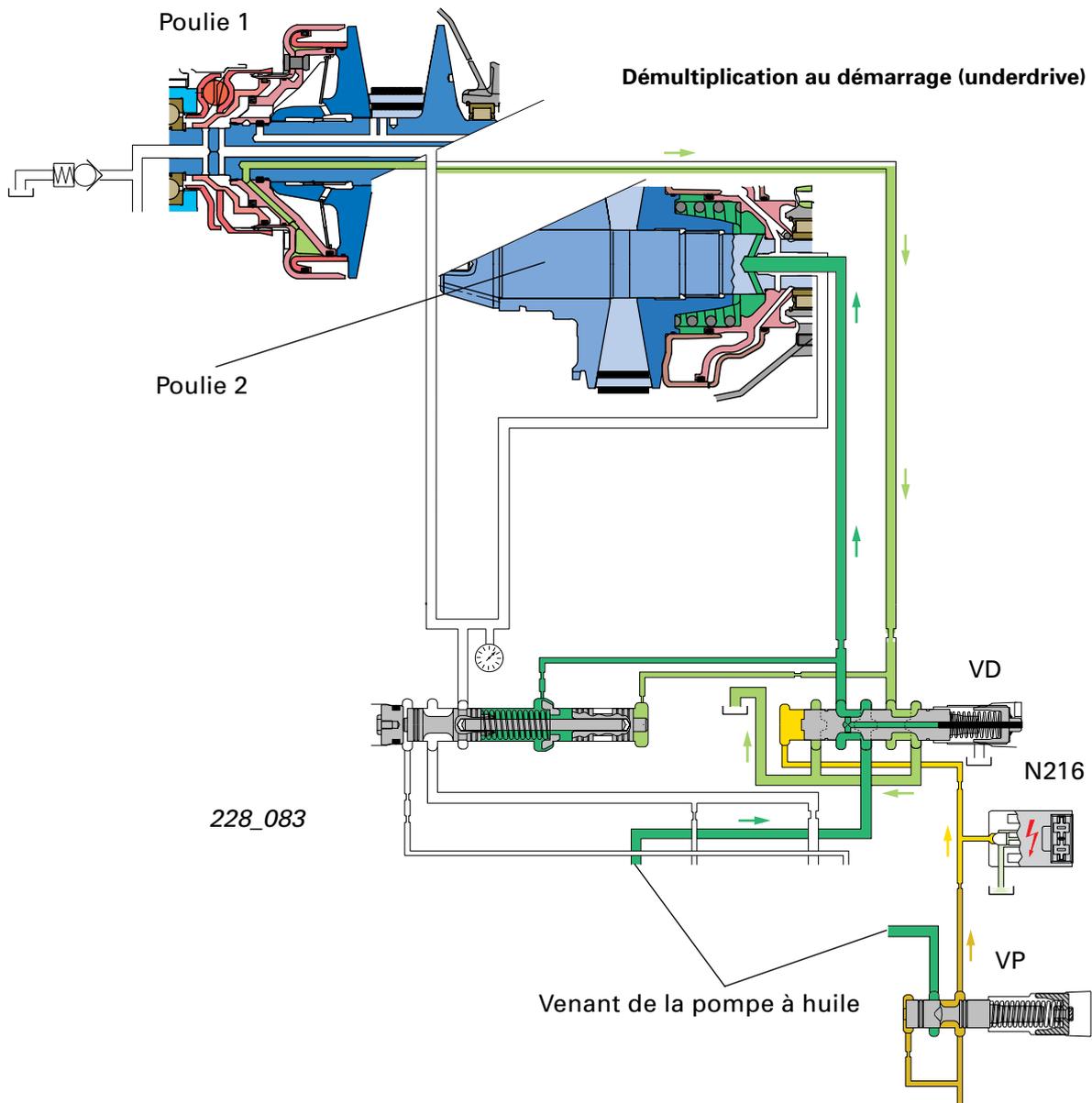


# Organes de la BV

## Commande hydraulique de la démultiplication

La vanne de régulation de pression N216 est alimentée par la vanne pilote (VP) en pression constante d'environ 5 bar. En fonction du courant de commande calculé par l'appareil de commande de boîte, la vanne N216 établit une pression de commande qui influe sur la position de la vanne de démultiplication (VD).

Un courant de commande élevé se traduit par une pression de commande élevée. En fonction de la pression de commande, la vanne de démultiplication (VD) envoie la pression de réglage au vérin de réglage de la poulie 1 ou 2.



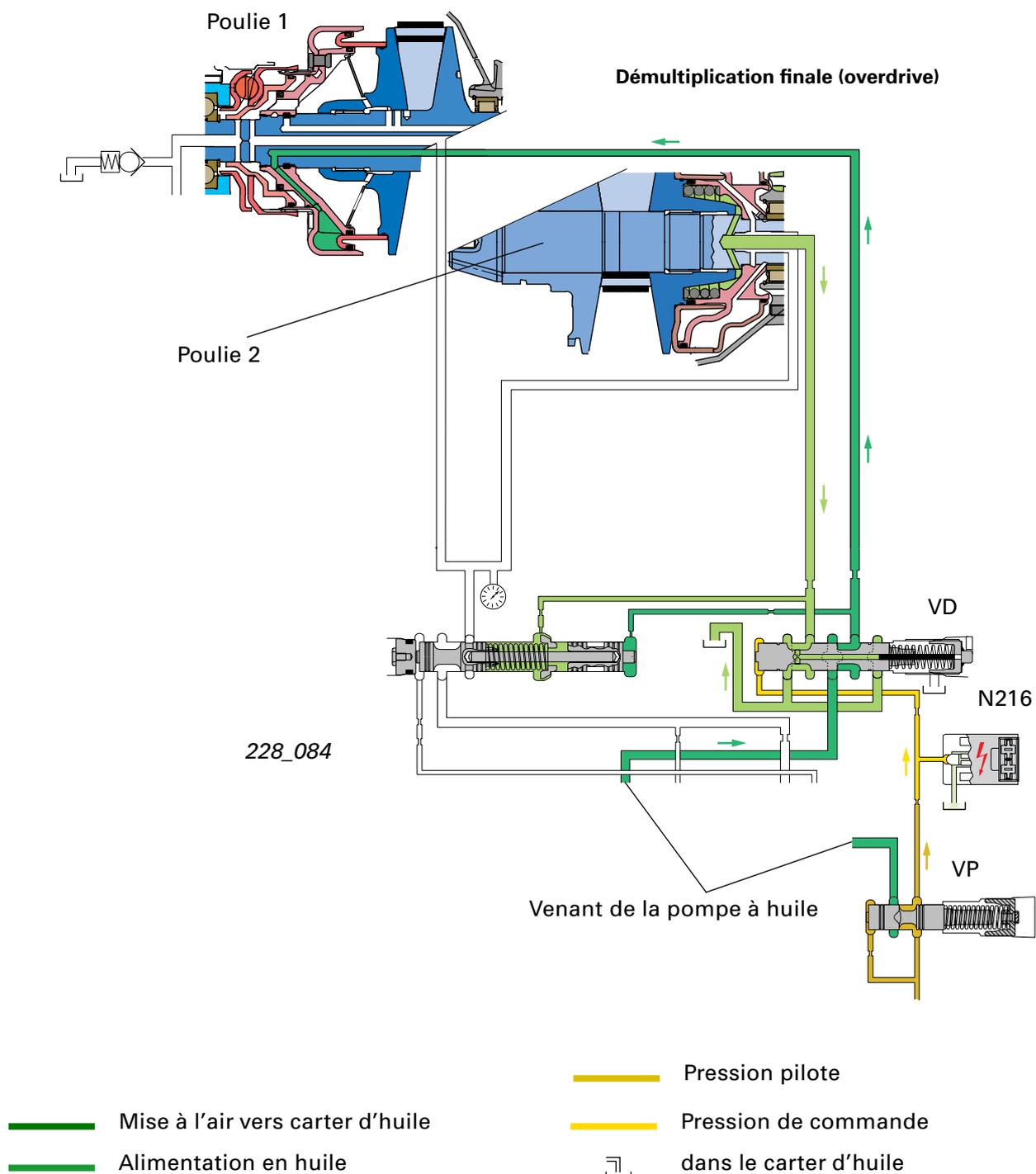
228\_083

— Mise à l'air vers carter d'huile  
— Alimentation en huile

— Pression pilote  
— Pression de commande dans le carter d'huile

A une pression de commande s'inscrivant entre environ 1,8 bar et 2,2 bar, la vanne de démultiplication VD est fermée. A une pression de commande inférieure à 1,8 bar, la pression de commande est envoyée au vérin de réglage/poulie 1 et simultanément, le vérin de réglage/poulie 2 est mis à l'air vers le carter d'huile. Le variateur effectue un réglage en direction de l'overdrive.

Si la pression de commande dépasse 2,2 bar, la pression de réglage est transmise au vérin de réglage/poulie 2 et simultanément, le vérin de réglage/poulie 1 est mis à l'air vers le carter d'huile. Le variateur effectue un réglage en direction de la démultiplication de démarrage.



# Organes de la BV

## Le capteur de couple

(Régulation de la pression de serrage)

Comme nous l'avons déjà décrit, une pression d'huile donnée dans le vérin d'application se traduit par une force de serrage résultante des flasques coniques.

Si cette force est trop faible, la chaîne glisse, ce qui provoque l'endommagement de la chaîne et des poulies. Une force d'application trop élevée provoque par contre une détérioration du rendement.

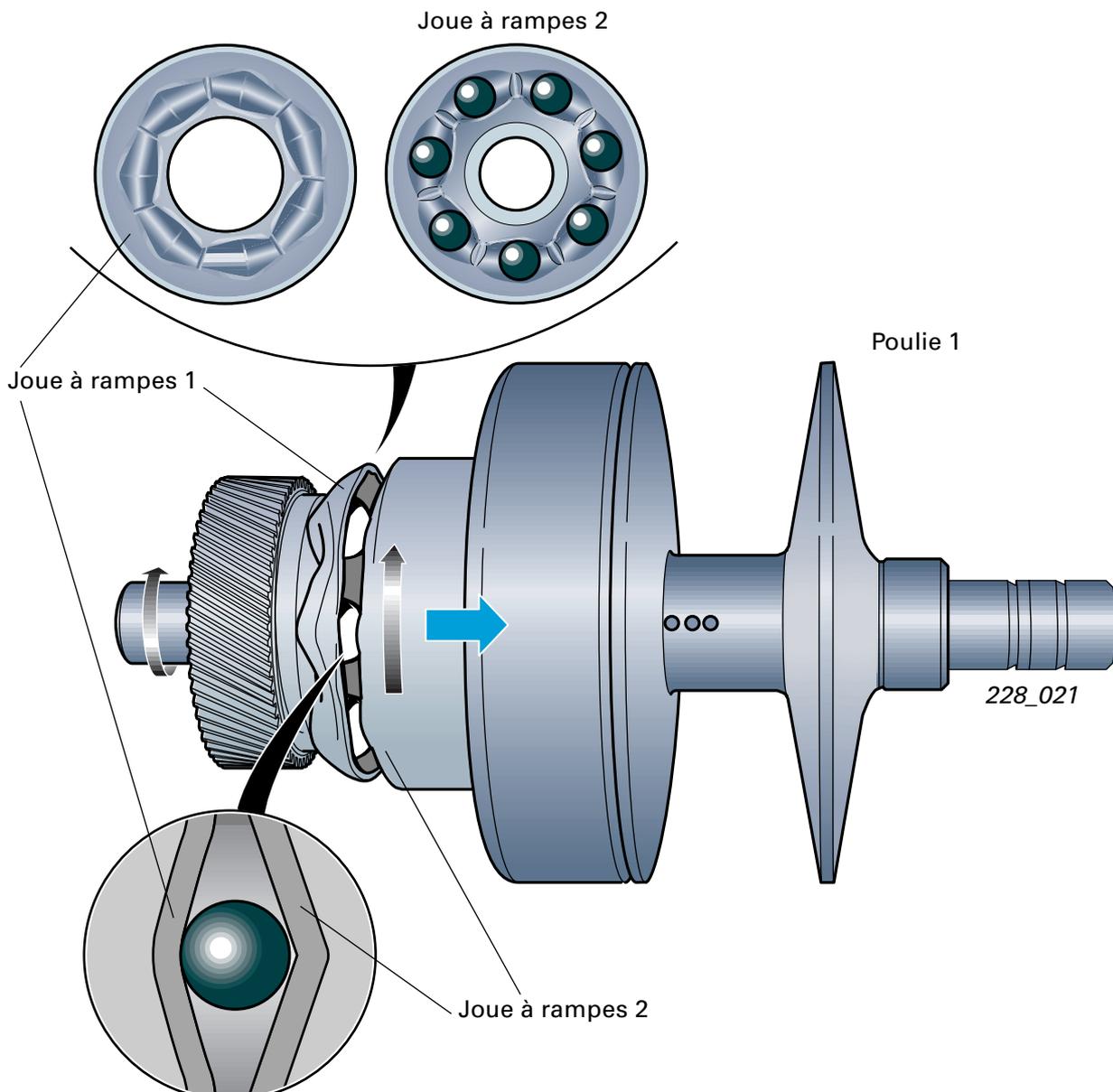
C'est pourquoi l'objectif est de régler avec le maximum de précision et de sécurité la force d'application des flasques coniques en fonction des besoins.

Un capteur de couple mécano-hydraulique dans la poulie 1 enregistre statiquement et dynamiquement avec une grande précision le couple réellement transmis et règle la pression d'huile correcte dans les vérins d'application.



Le couple-moteur est exclusivement induit via le capteur de couple dans le variateur.

La régulation de la pression de serrage est assurée uniquement en mode mécano-hydraulique par le capteur de couple.



## Conception et fonctionnement

Le capteur de couple se compose essentiellement de deux joues comportant sept rampes, entre lesquelles sont logées des billes d'acier. La joue à rampes 1 est solidaire de la sortie de la poulie 1 (pignon de sortie du réducteur). La joue à rampes 2 est reliée à la poulie 1 via une cannelure, son coulissement axial étant autorisé, et vient en appui sur le piston du capteur de couple. Le piston du capteur de couple sert à la régulation de la pression de serrage et constitue le boîtier des logements des capteurs de couple 1 et 2.

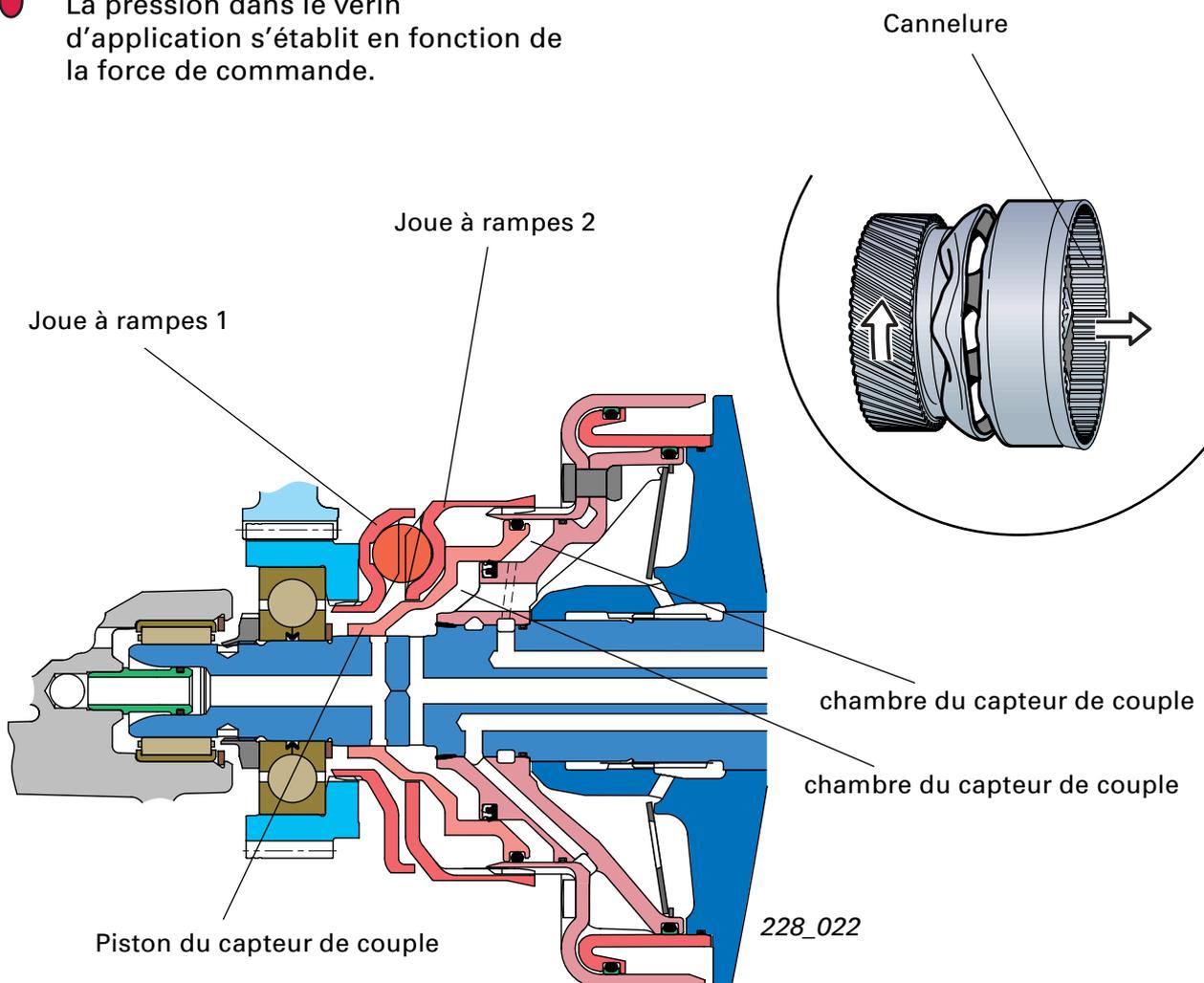
La rotation radiale antagoniste des joues est possible, le couple étant alors transformé en une force axiale en raison de la géométrie des rampes et billes.

Cette force axiale agit sur la joue à rampes 2 et déplace le piston du capteur de couple se trouvant en appui. La rampe de commande du piston du capteur de couple ferme ou libère alors les orifices d'écoulement dans la chambre du capteur de couple 1.



La force axiale générée par le capteur de couple sert de force de commande, proportionnelle au couple-moteur.

La pression dans le vérin d'application s'établit en fonction de la force de commande.



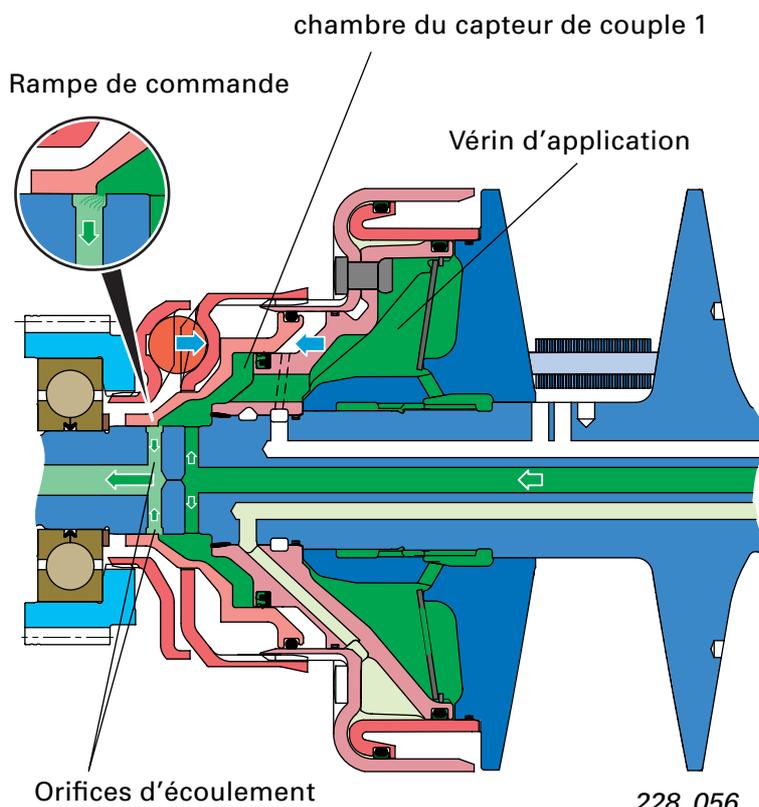
# Organes de la BV



la chambre du capteur de couple 1 est directement relié au vérin d'application.

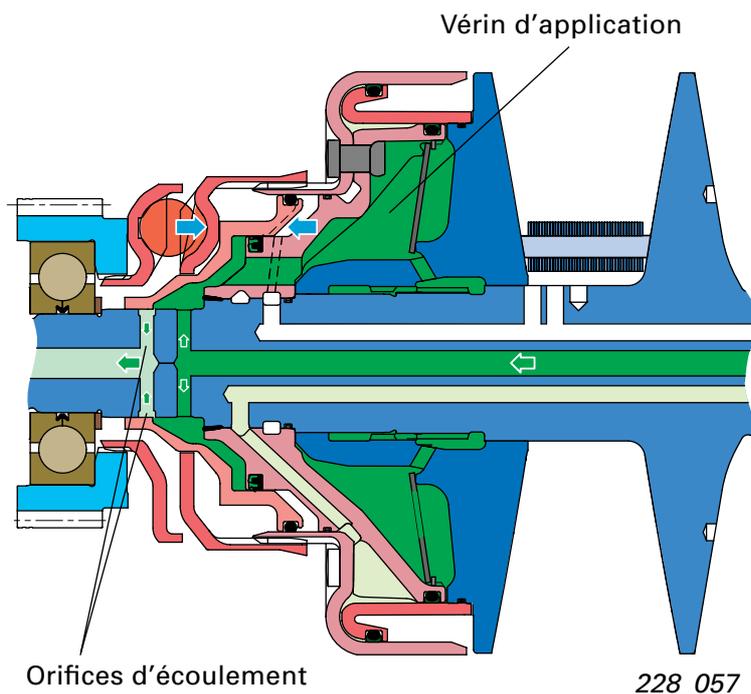
Le système est conçu de façon que la force axiale générée par le couple-moteur et la pression dans le vérin d'application constituent un équilibre des forces.

En marche constante, les orifices d'écoulement ne sont que partiellement fermés. La chute de pression générée par la commande des orifices d'écoulement (capteur de couple) module la pression dans le vérin d'application.



Lorsque le couple de transmission augmente, les orifices d'écoulement sont d'abord fermés un peu plus par la rampe de commande. La pression dans les vérins d'application augmente jusqu'à ce que l'on soit à nouveau en présence d'un équilibre des forces.

Lorsque le couple de transmission diminue, les orifices d'écoulement sont un peu plus ouverts. La pression dans les vérins d'application diminue jusqu'à ce que l'on soit à nouveau en présence d'un équilibre des forces.

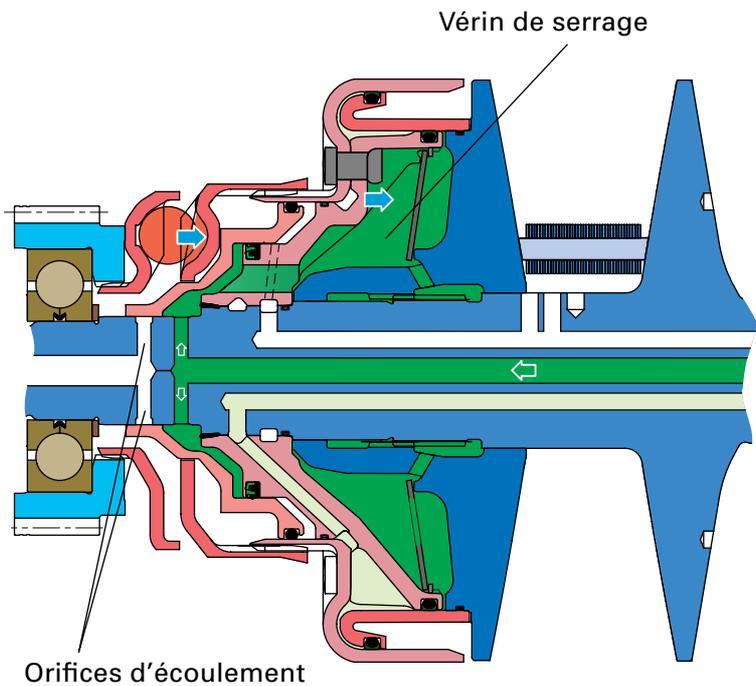


En cas de pointes de couple, la rampe de commande recouvre les orifices d'écoulement jusqu'à ce qu'ils soient fermés.

Lorsque le capteur de couple continue à se déplacer, il joue le rôle de pompe à huile, le volume d'huile refoulé augmentant alors rapidement la pression dans les vérins d'application et adaptant ainsi sans temporisation la pression de serrage.



Des pointes de couple énormes se produisent par exemple lorsque l'on passe sur un nid-de-poule ou en cas de valeurs d'adhérence présentant une forte variation de la chaussée (passage du verglas à l'asphalte).



228\_058

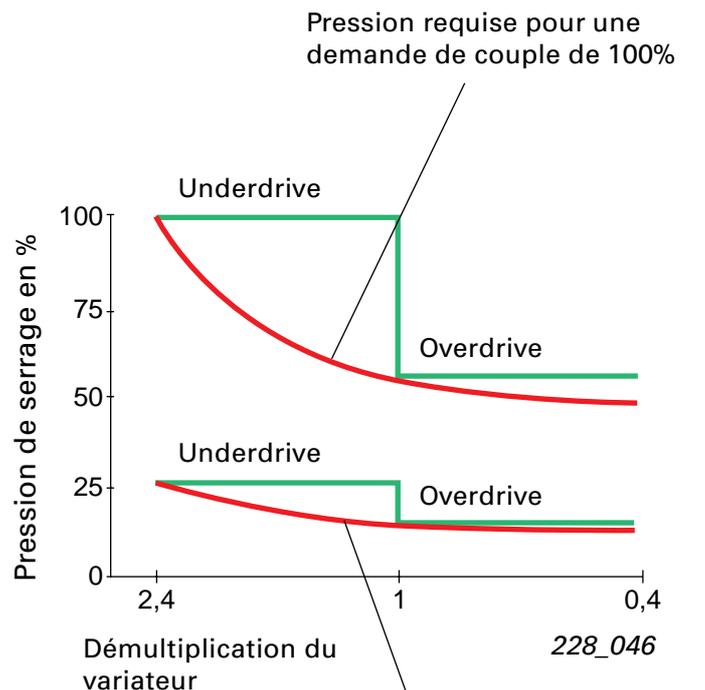
### Adaptation de la pression de serrage en fonction de la transmission

La pression de serrage des flasques coniques ne dépend pas seulement du couple de transmission, mais est également fonction du rayon d'enroulement de la chaîne et donc du rapport de démultiplication momentané du variateur.

Comme le montre le graphique, le besoin de serrage est maximal pour la démultiplication de démarrage.

La chaîne décrit dans la poulie 1 le plus petit rayon. Malgré le couple de transmission important, seul un petit nombre d'éléments articulés sont en prise pour assurer la transmission.

C'est pourquoi l'application des flasques coniques s'effectue jusqu'à dépassement d'un rapport de démultiplication donné (1:1) selon une force d'application plus élevée.



228\_046



# Organes de la BV



## Fonctionnement

L'adaptation de la force d'application en fonction la démultiplication est réalisée par la chambre du capteur de couple 2. Le niveau de pression des vérins d'application varie en fonction de l'établissement ou de la l'élimination de la pression dans la chambre du capteur de couple 2.

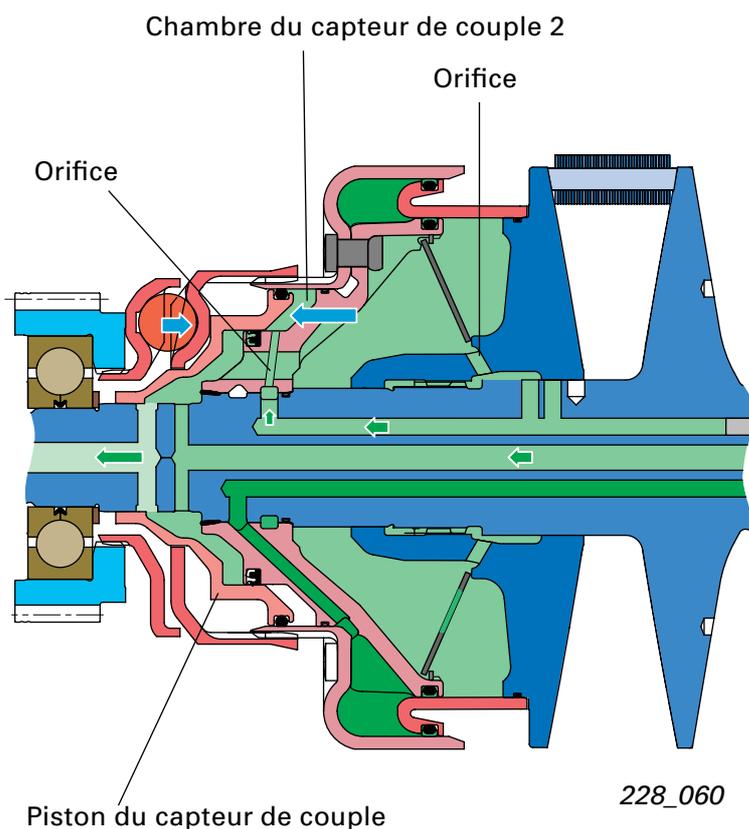
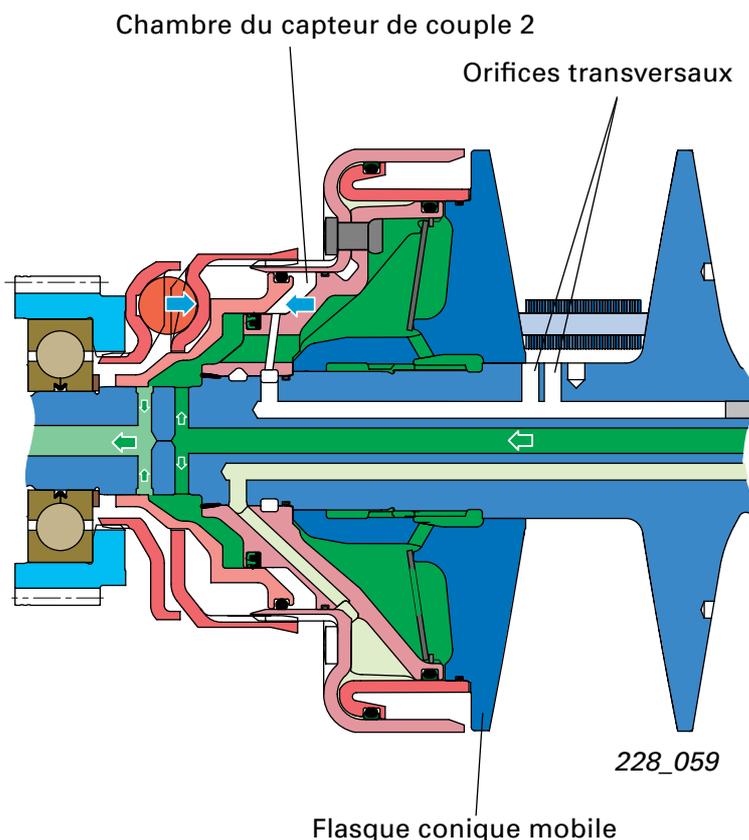
La chambre du capteur de couple 2 est pilotée par deux orifices transversaux dans l'arbre de la poulie 1. Ils sont ouverts ou fermés par déplacement axial du flasque conique mobile.

Lorsque le variateur est en démultiplication de démarrage, les orifices transversaux sont ouverts (chambre du transmetteur de pression 2 sans pression).

Lorsque le variateur fait passer la démultiplication sur "rapide", les orifices transversaux sont d'abord fermés. A partir d'un rapport de démultiplication défini, l'orifice transversal gauche s'ouvre et est mis en liaison avec le vérin d'application via des orifices correspondants dans le flasque conique mobile.

La pression d'huile est alors envoyée par le vérin d'application dans la chambre du capteur de couple 2. Cette pression a une action antagoniste sur la force axiale du capteur de couple et déplace le piston du capteur de couple vers la gauche. Les orifices d'écoulement sont ouverts plus largement par la rampe de commande et la pression de l'huile dans le vérin d'application diminue.

L'avantage de l'adaptation de pression biétagée tient essentiellement au fait que l'on roule dès une plage de démultiplication moyenne avec une pression de serrage faible, ce qui a des répercussions positives sur le rendement (cf. figure 228\_046, page précédente).



## Le carter d'huile centrifuge

Une autre particularité du variateur est que la poulie 2 possède un "carter d'huile centrifuge" destiné à agir à l'encontre de l'établissement dynamique de pression dans le vérin d'application.

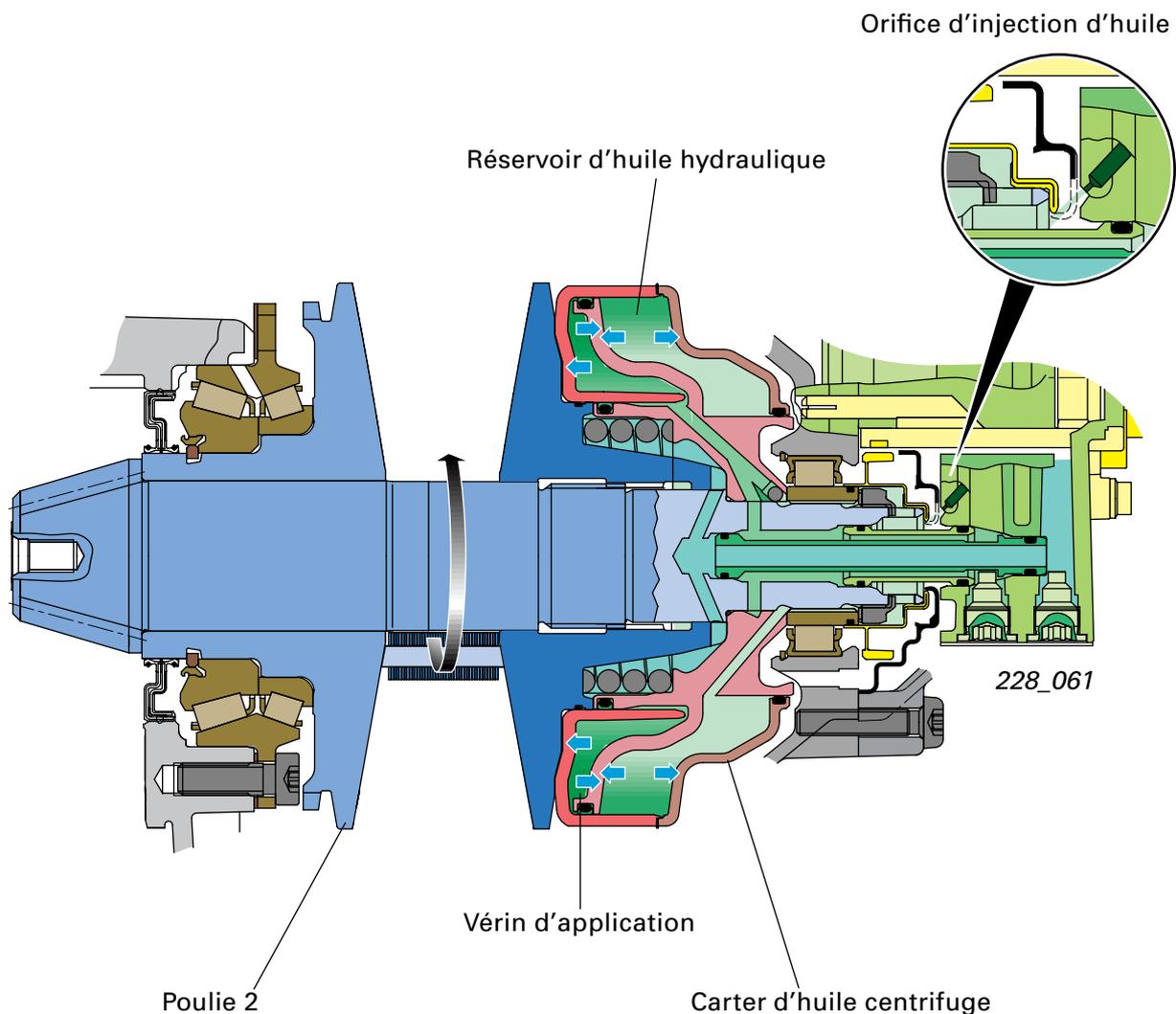
A des régimes plus élevés, l'huile de boîte se trouvant dans le vérin d'application est soumise à des forces centrifuges élevées imputables à la rotation, ce qui provoque une augmentation de la pression. On parle d'un "établissement dynamique de pression".

Un établissement dynamique de pression n'est pas souhaitable étant donné qu'il augmente inutilement la pression de serrage et exerce une influence négative sur la commande de la démultiplication.

L'huile prisonnière du carter connaît un établissement de pression dynamique identique à celui du vérin d'application. La pression dans le vérin d'application s'en trouve alors compensée.

L'alimentation en huile de la chambre d'huile centrifuge est assurée par un orifice d'injection d'huile, directement depuis l'unité de commande hydraulique. L'orifice d'injection d'huile injecte en continu de l'huile dans l'arrivée de la chambre d'huile centrifuge.

Si le volume dans la chambre d'huile centrifuge se réduit (lors d'une variation de la démultiplication), l'huile est expulsée par l'arrivée.



# Organes de la BV

## La chaîne

La chaîne occupe une position clé dans le variateur de la boîte multitronic®.

Pour la première fois sur une boîte CVT, une chaîne joue le rôle de "courroie".

La chaîne est un nouveau développement et présente par rapport aux "courroies" connues telles que courroie métallique ou courroie trapézoïdale les avantages suivants :

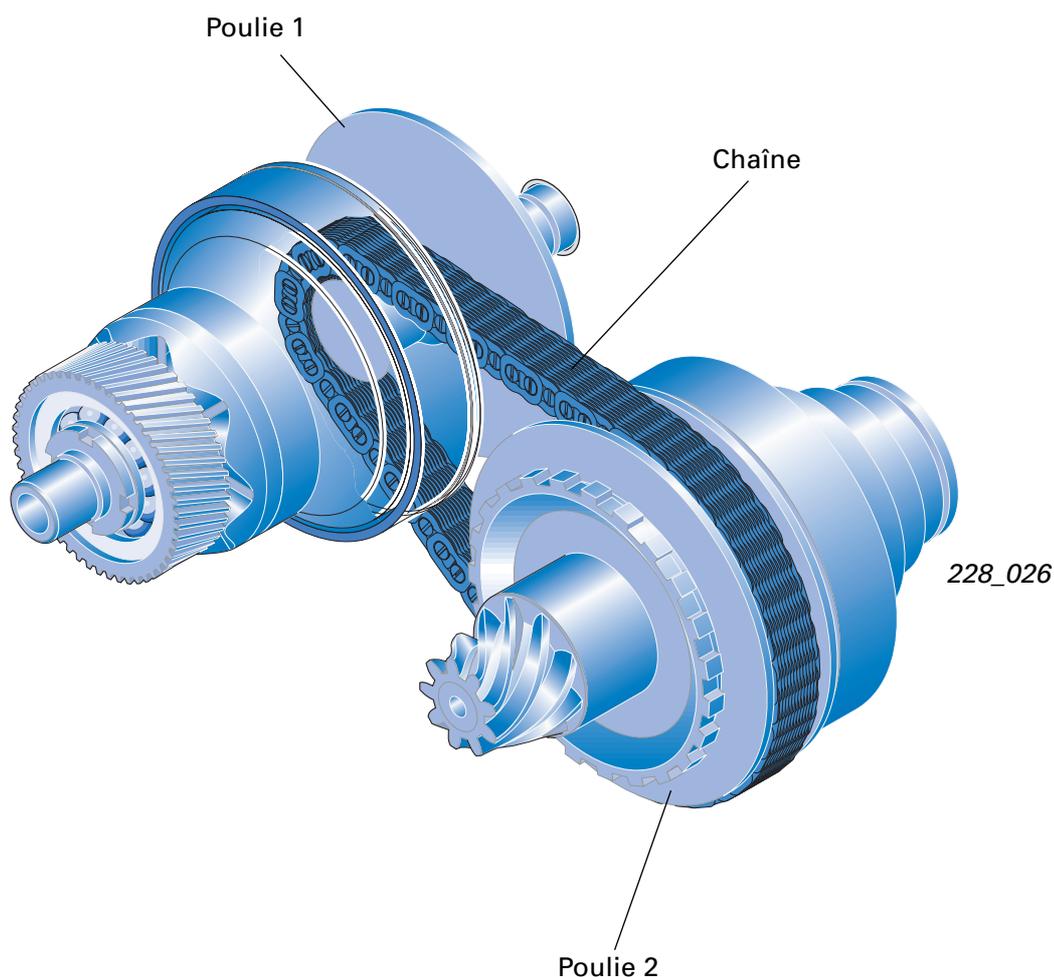
- ▶ De très petits rayons d'enroulement permettent une grande "ouverture" en dépit du faible encombrement du variateur.
- ▶ Couple transmissible important
- ▶ Rendement élevé



L'**ouverture** indique pour quelle plage de démultiplication une boîte est disponible.

L'ouverture est indiquée par un rapport (chiffre). La démultiplication de démarrage divisée par l'ouverture donne la démultiplication finale. Généralement, une ouverture importante est avantageuse, étant donné qu'aussi bien une démultiplication de démarrage élevée (bonne dynamique) qu'une petite démultiplication finale (consommation faible) sont disponibles.

Cela vaut notamment pour un concept CVT, étant donné que pratiquement tous les niveaux intermédiaires sont disponibles et qu'il n'existe plus de "saut de rapport" inadapté.



## Conception et fonctionnement

Dans le cas d'une chaîne classique, l'articulation des maillons est assurée par des pivots. Pour la transmission du couple, une roue dentée s'engage entre les maillons et entre en prise avec les pivots.

### La technique de la chaîne CVT est différente.

La chaîne CVT se compose de maillons juxtaposés reliés respectivement par deux éléments articulés de façon à obtenir une chaîne sans fin.

Dans le cas de la chaîne CVT, les éléments qui dépassent latéralement sont "coincés" entre les flasques coniques du variateur du fait que les flasques sont pressés l'un contre l'autre.

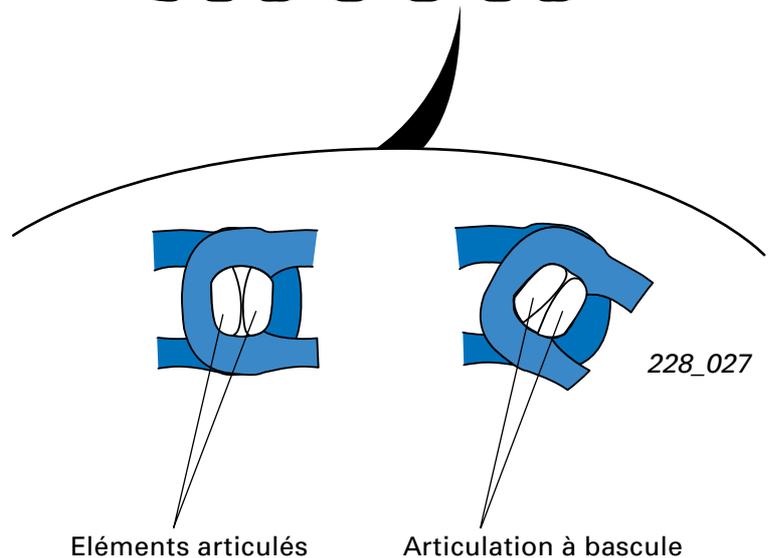
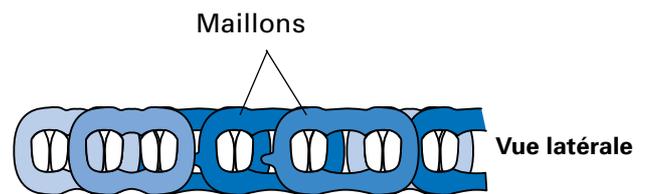
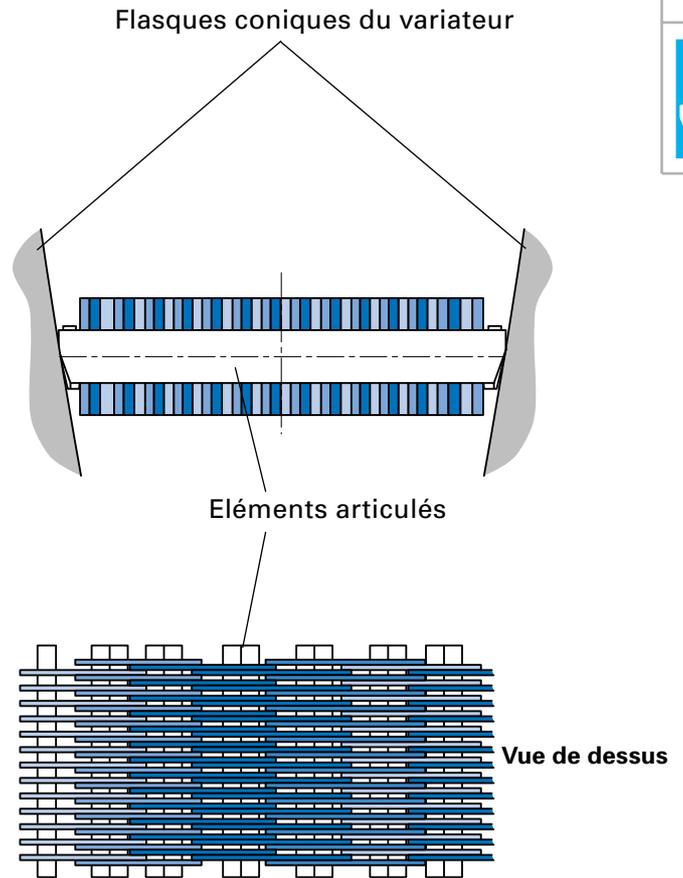
Le couple est uniquement transmis par la force de friction entre la face avant des éléments articulés aux surfaces d'appui des flasques coniques.

### Le fonctionnement est le suivant :

Les éléments articulés sont toujours associés à une rangée de maillons. Cette liaison résiste à la torsion. Deux éléments articulés constituent ce que l'on appelle une articulation à bascule.

La technique tient maintenant au fait que, lors du passage de la chaîne dans le rayon d'enroulement des flasques coniques, le développement des éléments articulés a lieu par juxtaposition et que le déroulement s'effectue pratiquement sans friction.

Il est ainsi possible de réduire les pertes de puissance et l'usure à un minimum malgré des couples élevés et un angle de flexion important. Le résultat en est une grande longévité et un rendement optimal.



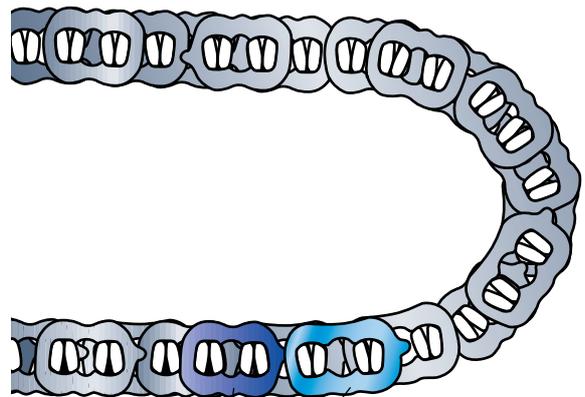
# Organes de la BV

## Mesures acoustiques

En vue de garantir un déplacement aussi silencieux que possible de la chaîne, on a fait appel à des maillons de deux longueurs différentes.

Dans le cas de l'utilisation d'une longueur de maillons constante, les éléments articulés arrivent selon la même périodicité sur les flasques coniques et génèrent des vibrations provoquant des bruits désagréables.

L'utilisation de différentes longueurs de maillons permet de contrer la résonance et de minimiser le bruit de fonctionnement.



Longueurs de maillons différentes

228\_028

## L'alimentation en huile

Dans le cas de la boîte multitronic<sup>®</sup>, la transmission de la force dépend tant de l'alimentation électrique que de l'hydraulique.

**Sans courant ni alimentation en huile suffisante, rien ne fonctionne.**

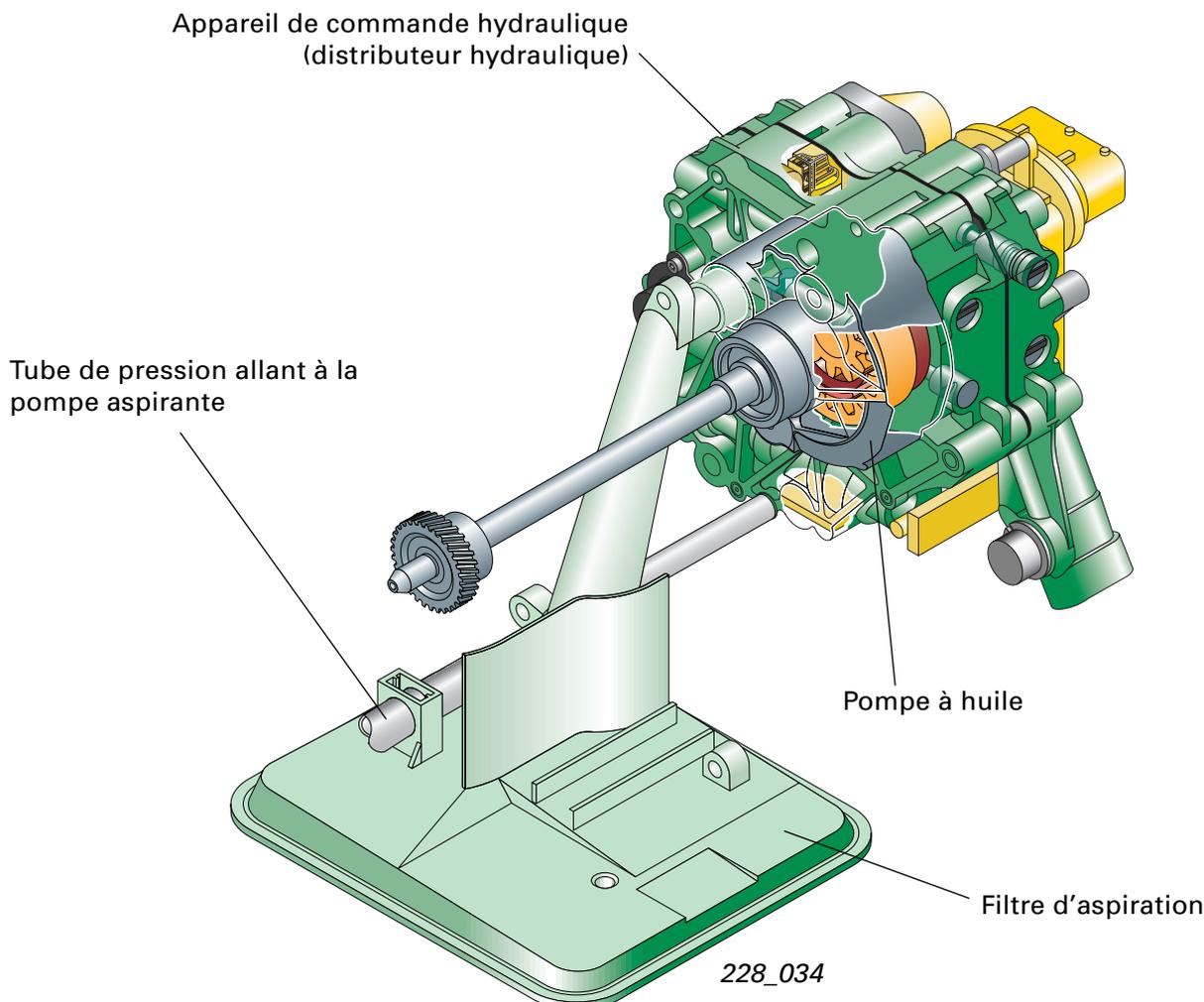
La puissance de pompage fournie par la pompe à huile représente le besoin en énergie principal et est donc déterminante pour son rendement global.

Les systèmes décrits précédemment ont été pour cette raison conçus en vue de réaliser un besoin en huile minoré au maximum et une alimentation en huile innovante a été mise au point.

## La pompe à huile

En vue d'éviter des interfaces inutiles, la pompe à huile est montée directement sur l'appareil de commande hydraulique. Ce type de construction forme, avec l'appareil de commande, une unité compacte, réduit les pertes de pression et son prix de fabrication est de surcroît modique.

La boîte multitronic<sup>®</sup> est équipée d'une pompe en croissant de rendement optimisé. Elle fournit les pressions requises moyennant une capacité d'huile comparativement faible. Une pompe aspirante fournit la capacité d'huile requise à basse pression en vue du refroidissement de l'embrayage. La pompe en croissant est un constituant compact intégré dans la commande hydraulique ; elle est entraînée directement par l'arbre d'entrée via le pignon droit et l'arbre de pompe.



# Organes de la BV



Citons comme particularité de la pompe à huile la compensation de l'interstice axial et de l'interstice radial.

En vue de réaliser des pressions élevées dès les bas régimes, on a besoin d'une pompe présentant un bon "étanchement interne".

En raison des tolérances des pièces, les pompes à huile de type conventionnel ne répondent pas à ces exigences.

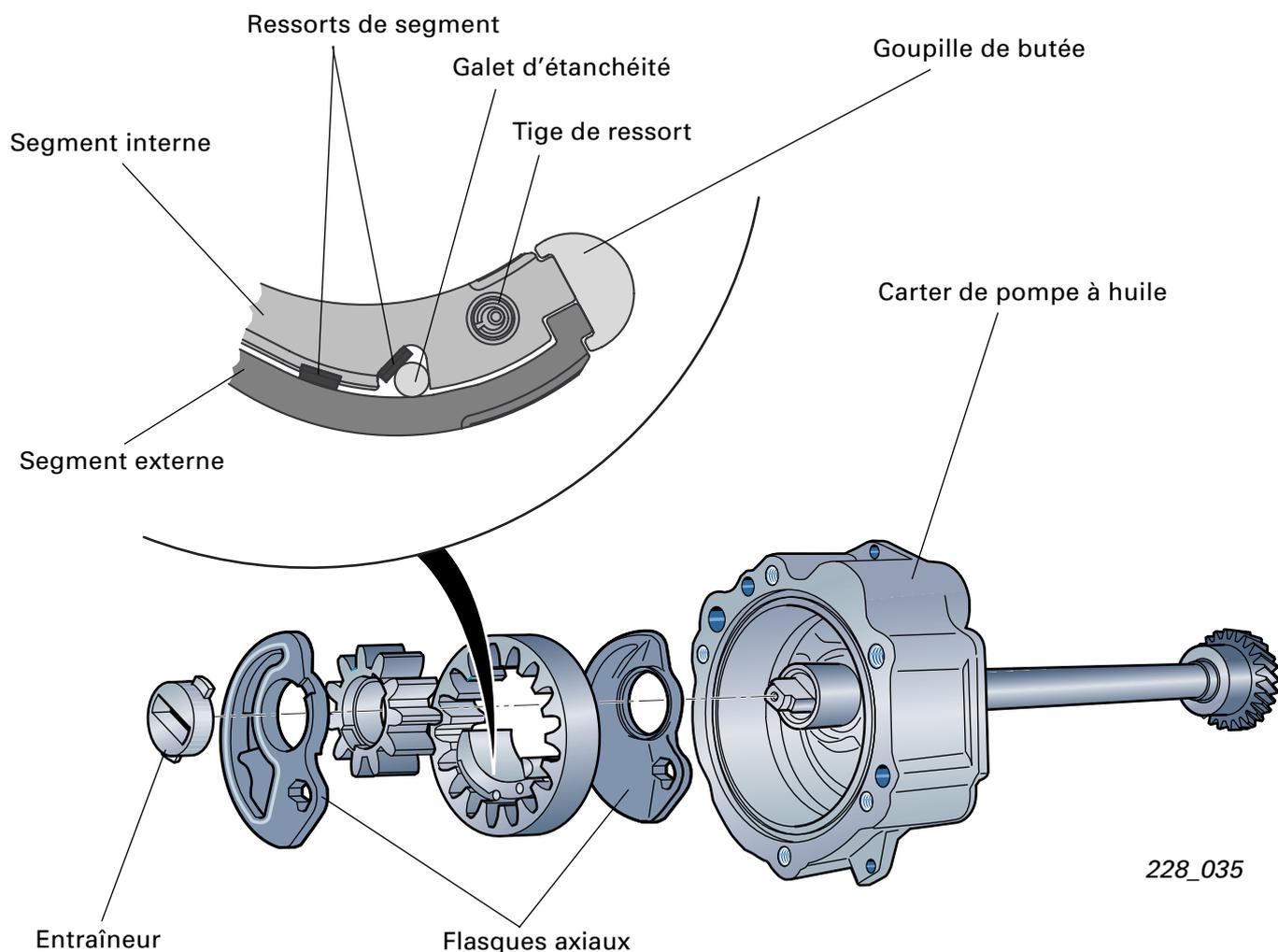


On entend par "étanchement interne" l'étanchéité interne de la pompe.

Suivant la tolérance des composants, les interstices (jeux) axiaux entre les pignons et le carter ainsi que les interstices (jeux) radiaux entre les pignons et le croissant sont plus ou moins importants.

L'échappement "interne" de la pression générée est donc plus ou moins important.

Il s'ensuit une perte de pression et une diminution du rendement.



228\_035

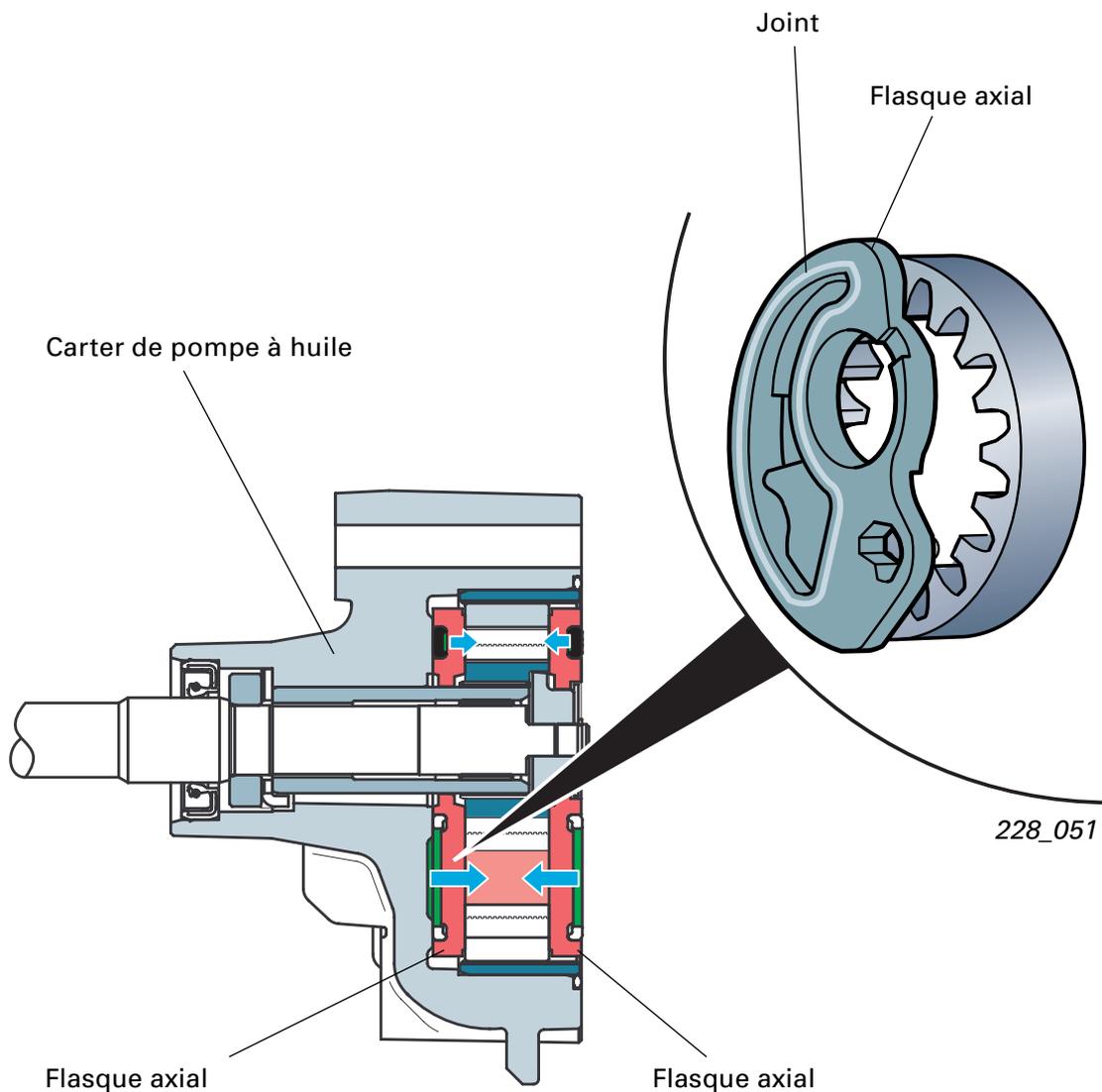
## La compensation de l'interstice axial

Deux flasques axiaux recouvrent la zone de pression de la pompe et forment un carter de pression distinct dans la pompe. Ils assurent l'étanchéité latérale (axiale) de la chambre de pression de la pompe. Dotés d'un joint spécial, ils viennent en appui sur le carter de pompe et le plateau de pompe de l'appareil de commande hydraulique.

Les flasques axiaux sont exécutés de sorte que la pression de la pompe puisse agir entre les flasques axiaux et le carter. Le joint se charge d'éviter la déperdition de pression. Lorsque la pression de la pompe augmente, les flasques axiaux sont repoussés plus fortement contre le croissant et les pignons de pompe, ce qui permet de compenser le jeu axial.



La compensation des interstices axial et radial permet d'obtenir les pressions élevées requises tout en gardant l'encombrement réduit.



# Organes de la BV



## La compensation de l'interstice radial

La compensation de l'interstice radial compense l'interstice radial entre le croissant et les engrenages (pignon et couronne à denture intérieure).

Dans ce but, le croissant est divisé en deux segments, le **segment intérieur** et le **segment extérieur**.

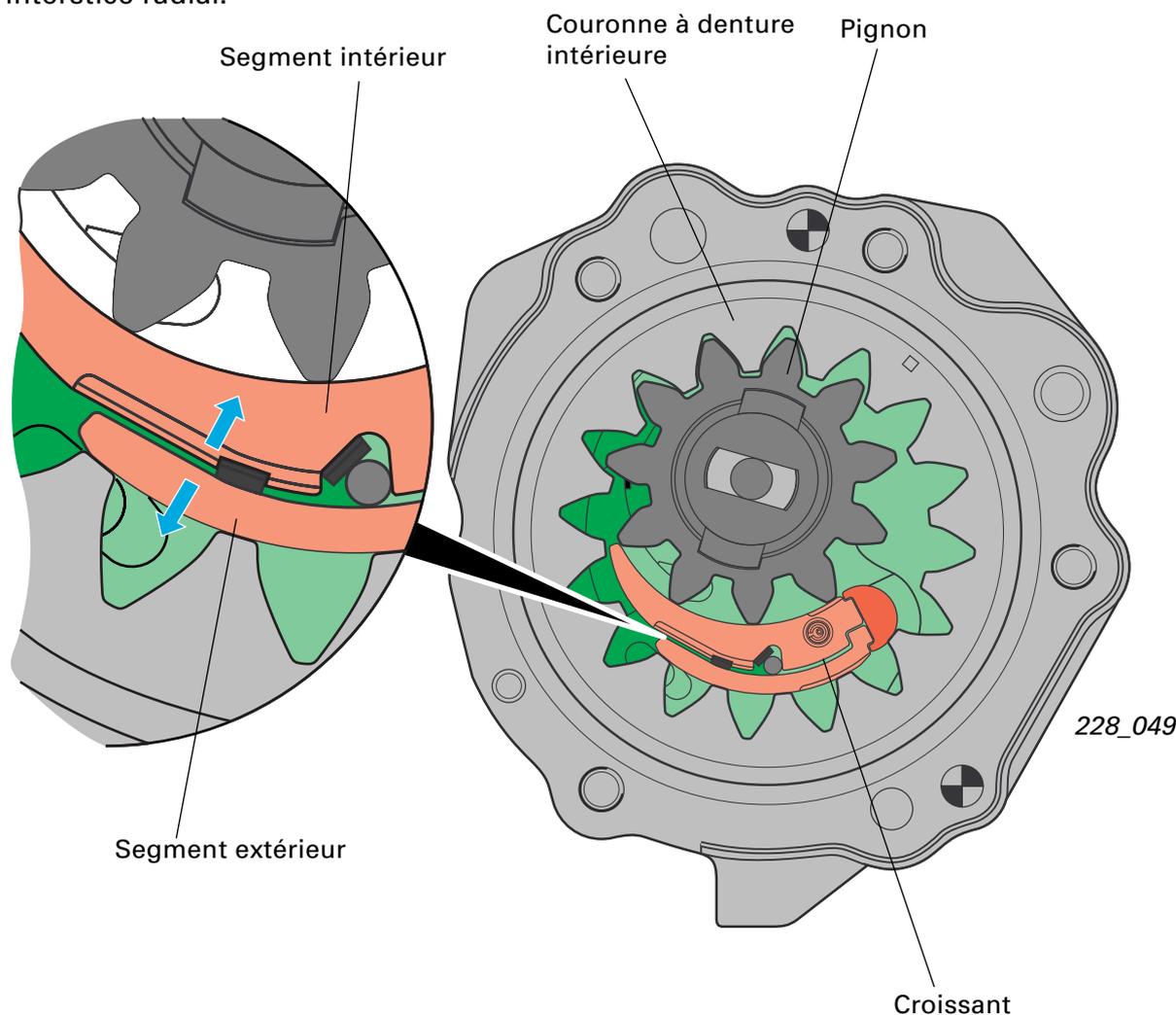
Le segment intérieur étanche la chambre de pression par rapport au pignon. Il maintient par ailleurs le segment extérieur dans la direction radiale.

Le segment extérieur assure l'étanchéité de la chambre de pression par rapport à la couronne à denture intérieure.

La pression de la pompe arrive entre les deux segments et, lorsque la pression de la pompe augmente, ces derniers sont repoussés plus fortement contre le pignon et la couronne à denture intérieure, assurant la compensation de l'interstice radial.

En l'absence de pression, les ressorts des segments assurent une pression d'application de base des segments et du galet d'étanchéité et améliorent le comportement de la pompe à huile lors de l'aspiration.

Ils garantissent par ailleurs l'effet de la pression de la pompe entre les segments et sur le galet d'étanchéité.



## La pompe aspirante

Le refroidissement suffisant des deux embrayages exige, au démarrage notamment (dégagement de chaleur important dû au patinage), des capacités d'huiles plus importantes que celle que peut fournir la pompe à denture intérieure.

Afin de fournir la capacité d'huile nécessaire au refroidissement de l'embrayage, une pompe aspirante est intégrée dans le système de refroidissement de l'embrayage.

La pompe aspirante est exécutée en matière plastique et pénètre profondément dans le carter d'huile.

### Le fonctionnement est le suivant :

La pompe aspirante fonctionne suivant le principe Venturi.

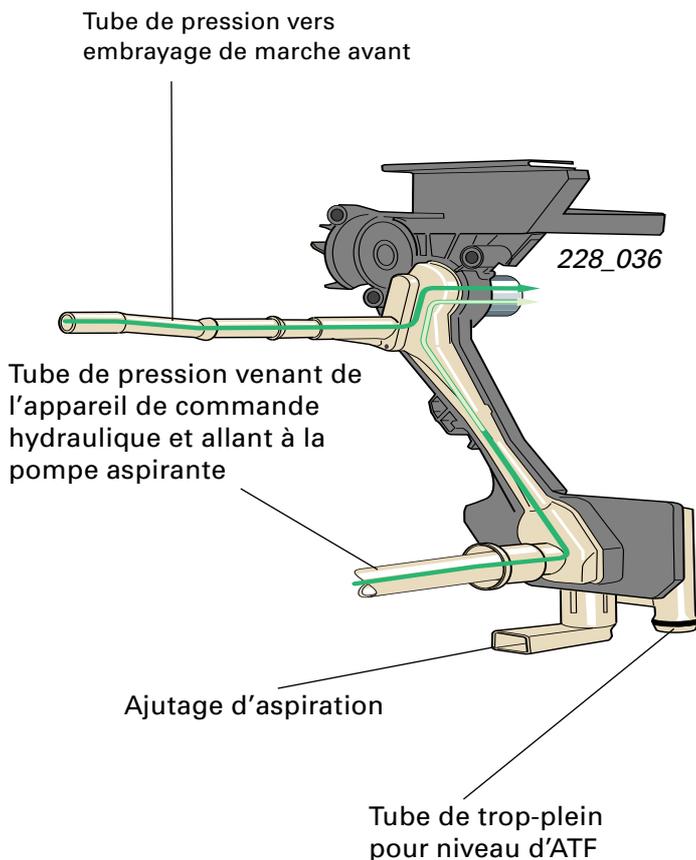
En cas de besoin de refroidissement, l'huile de refroidissement fournie par la pompe à huile (huile sous pression) traverse la pompe aspirante sous forme de "jet". Lors du passage, il y a génération d'une dépression, qui aspire de l'huile dans le carter d'huile et constitue, avec le jet, une quantité d'huile importante pratiquement exempte de pression.

Ainsi, on double presque la quantité d'huile de refroidissement en cas de besoin, sans puissance de pompe supplémentaire.

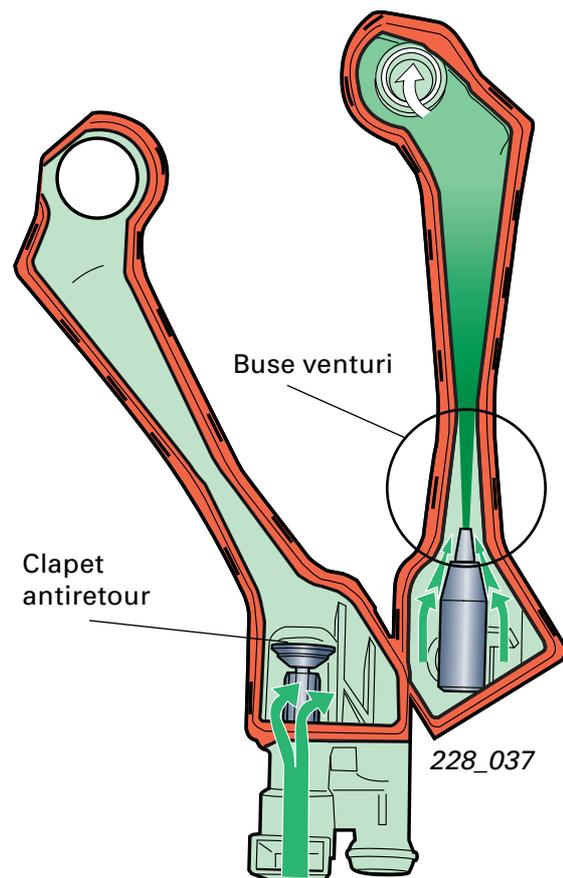
Un clapet antiretour évite une marche à vide de la pompe aspirante et permet une réponse rapide du refoulement de l'huile de refroidissement.



### Vue de la pompe aspirante :



### Pompe aspirante vue en coupe et ouverte :



# Organes de la BV

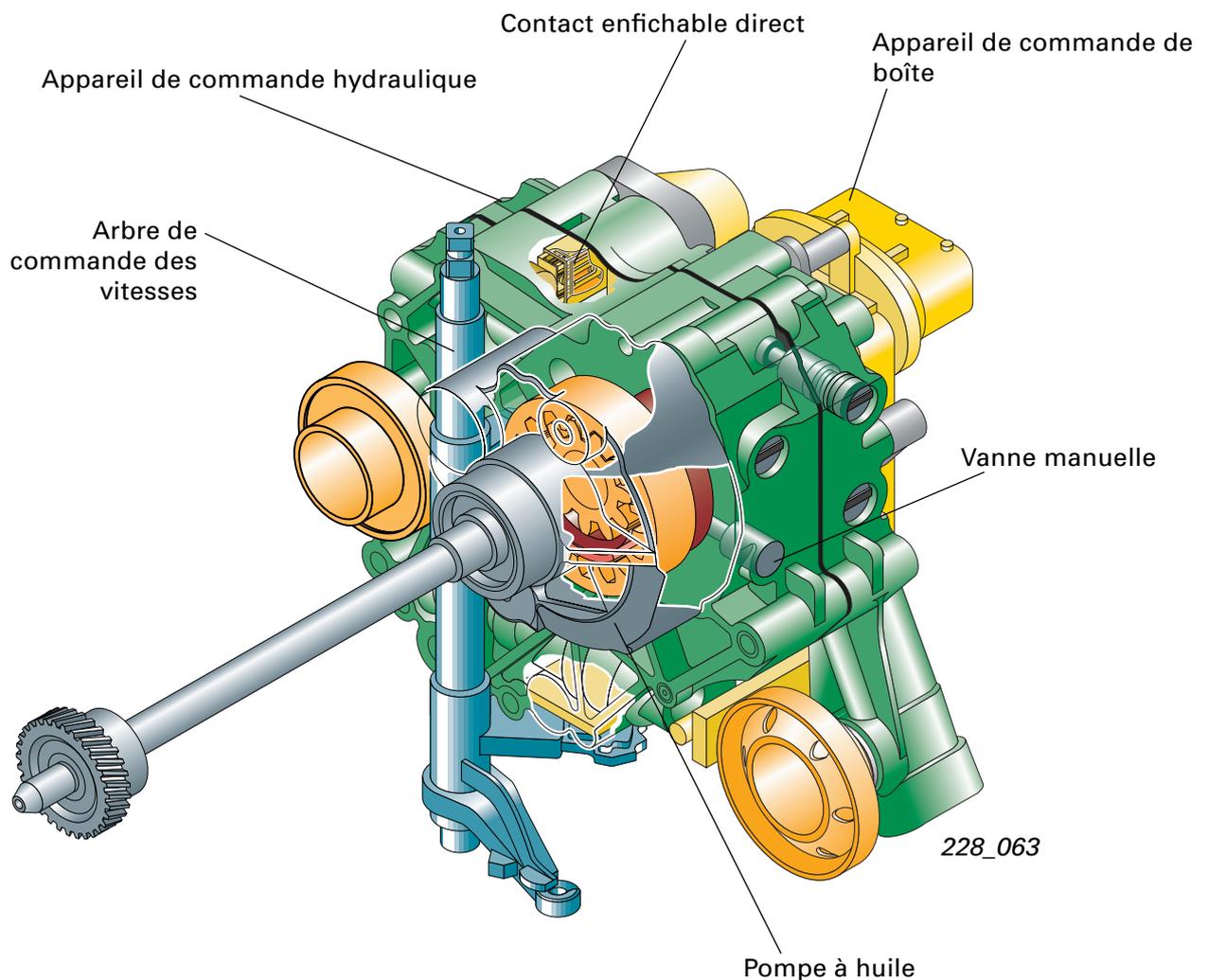
## Commande électronique/ hydraulique



Citons comme nouveauté le regroupement de pompe à huile, appareil de commande hydraulique (distributeur hydraulique) et appareil de commande de boîte en une unité compacte et complète.

L'appareil de commande hydraulique se compose de la vanne manuelle, de neuf vannes hydrauliques et de trois vannes de commande de pression électromagnétiques.

L'appareil de commande hydraulique et l'appareil de commande de boîte sont reliés électriquement par des contacts enfichables directs.

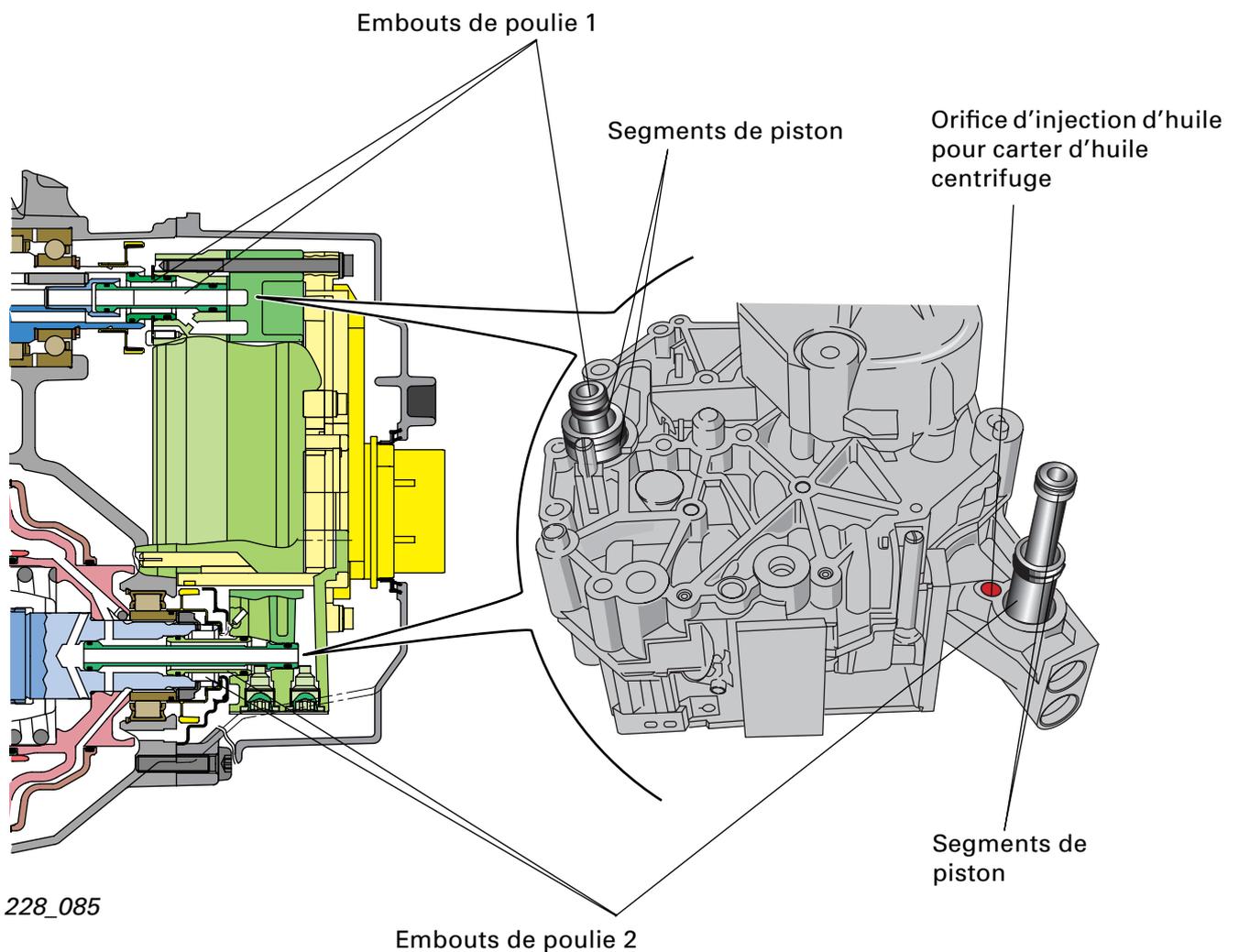


Les fonctions suivantes sont assurées par l'unité de commande hydraulique :

- ▶ commande des embrayages de marche AV/AR
- ▶ régulation de la pression de l'embrayage
- ▶ refroidissement de l'embrayage
- ▶ alimentation en huile sous pression de la régulation du serrage
- ▶ régulation de la démultiplication
- ▶ alimentation du carter d'huile centrifuge

L'appareil de commande hydraulique est directement relié au variateur, en faisant appel à des "embouts".

Les embouts sont étanchés par des segments de piston.



# Organes de la BV



Nous allons aborder ci-dessous la description des vannes, dans la mesure où elles n'ont pas encore été traitées dans les fonctions des organes :

En vue de la protection des composants, le **limiteur de pression (LP1)** limite la pression de la pompe à 82 bar max.

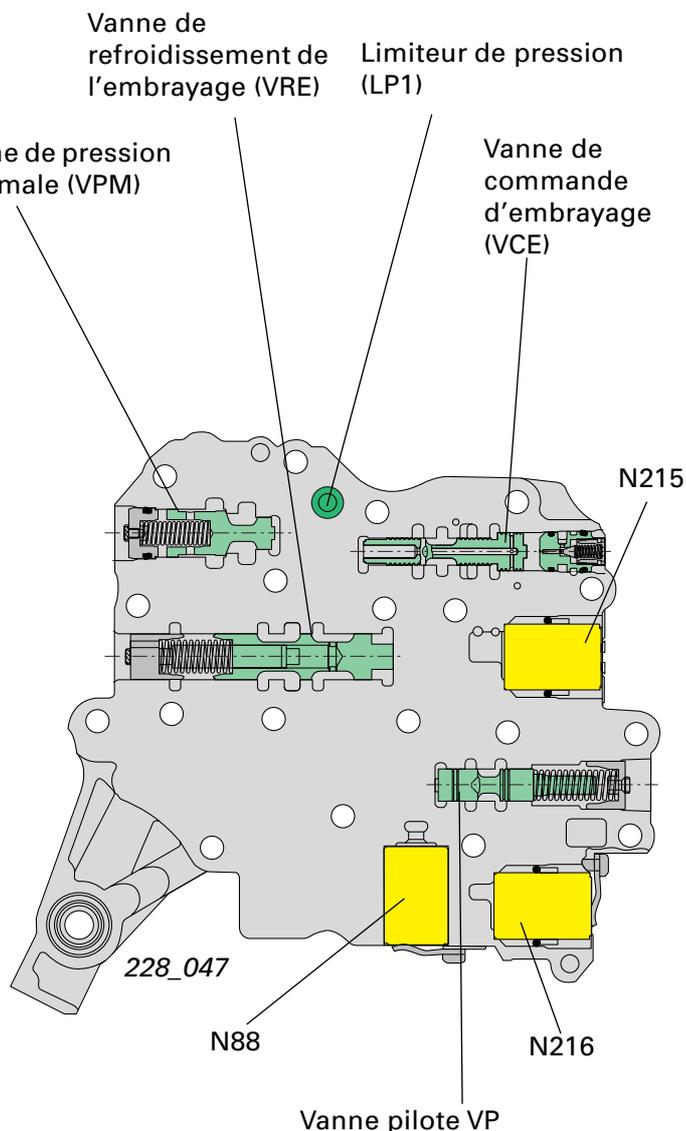
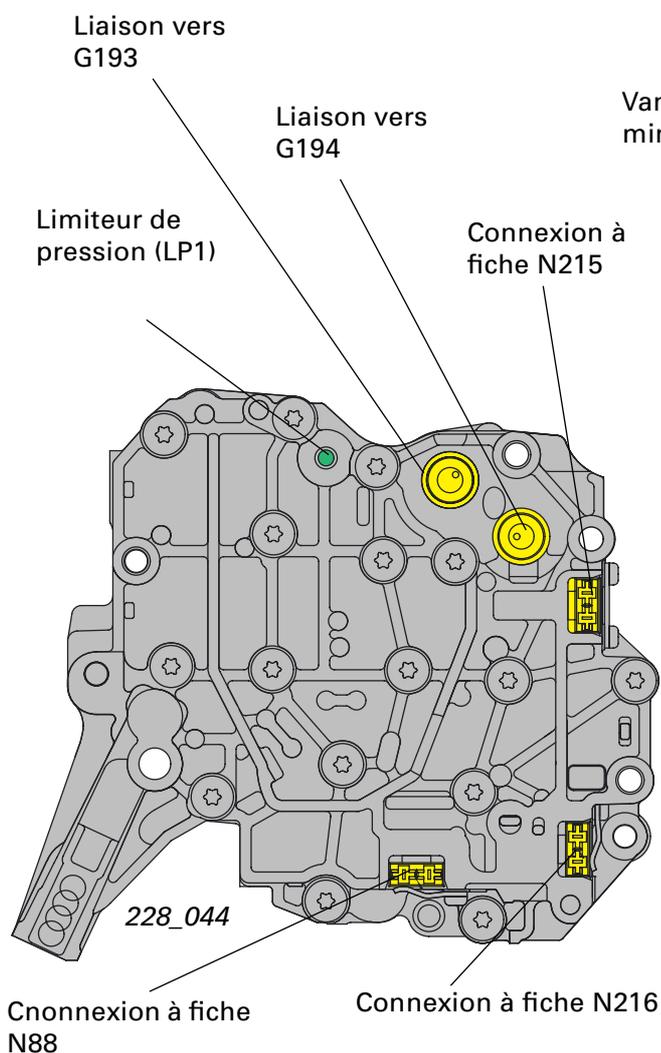
La **vanne pilote (VP)** permet d'alimenter les vannes de commande de pression selon une pression pilote constante de 5 bar.

La **vanne de pression minimale (VPM)** empêche l'aspiration d'air par la pompe durant le lancement du moteur.

En cas de puissance de pompage élevée, la vanne de pression minimale (VPM) s'ouvre et dirige l'huile venant du retour d'huile vers le côté aspiration de la pompe à huile, ce qui provoque une amélioration du rendement.

## Unité de commande hydraulique (appareil de commande de boîte déposé)

## Coupe du bloc de vannes



La **vanne de précharge (VPr.)** pilote la pression du système de façon à ce que l'on dispose toujours d'une pression d'huile suffisante pour la fonction considérée (serrage ou réglage).

Les vannes **N88**, **N215**, et **N216** sont ce que l'on appelle des vannes de commande de pression. Elles convertissent un courant de commande électrique en une pression de commande hydraulique proportionnelle.

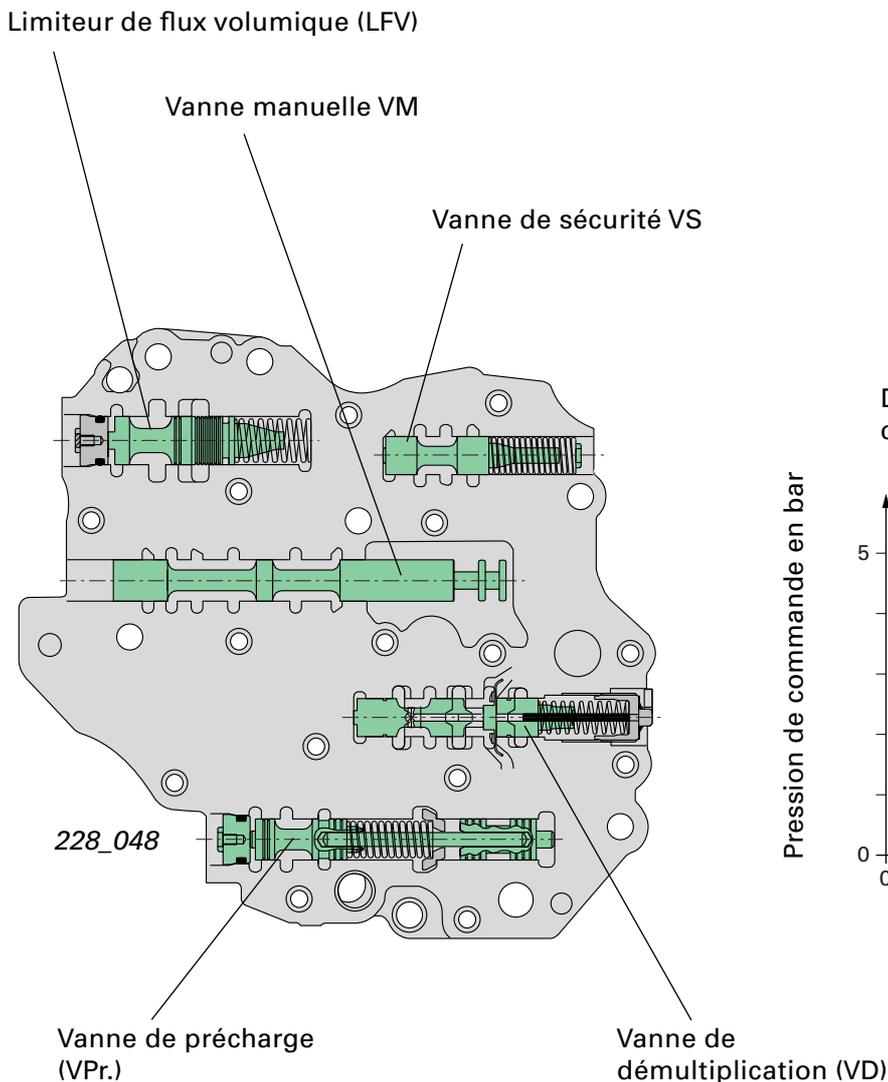
L'électrovanne **N88** (électrovanne 1) remplit deux fonctions. Elle pilote la vanne de refroidissement de l'embrayage (VRE) et la vanne de sécurité (VS).

La vanne **N215** (vanne de régulation de pression 1 pour BV automatique) commande la vanne de commande d'embrayage (VCE).

La vanne **N216** (vanne de régulation de pression 2 pour BV automatique) commande la vanne de démultiplication (VD).



### Coupe du bloc de pompe



Vanne de commande de pression (distributeur proportionnel)

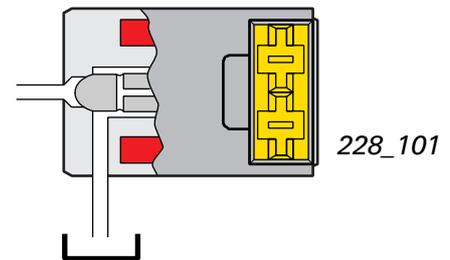
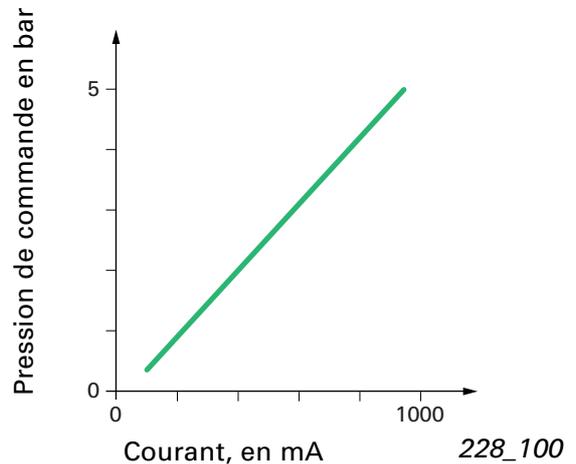


Diagramme de la vanne de commande de pression



# Organes de la BV



## Arbre de commande des vitesses et verrouillage de parking

Il existe toujours une liaison mécanique (câble) entre le levier sélecteur et la boîte pour la transmission des positions du levier sélecteur P, R, N, et D.

L'arbre de commande des vitesses permet de réaliser les fonctions suivantes :

- ▶ Actionnement de la vanne manuelle de l'unité de commande hydraulique et donc détermination mécanique/hydraulique de l'état de marche (marche AV/ AR / point mort).

- ▶ Actionnement du verrouillage de parking
- ▶ Actionnement du contacteur multifonction pour détection électrique de la position du levier sélecteur.

En position du levier sélecteur P, la tringlerie d'arrêt est repoussée axialement ; le cliquet du blocage de parking est alors repoussé contre le pignon du blocage de parking et le blocage de parking est engagé. Le pignon de blocage de parking est relié solidairement à l'arbre secondaire.

Articulation du mécanisme de commande externe

