

## Leçon 19

### Les correcteurs de freinage

De quels facteurs l'effort à appliquer à chaque roue dépend-il ?

Nous avons étudié (leçon 16) que

- la force retardatrice applicable sans glissement à chaque pneumatique est fonction de sa force d'adhérence avec le sol ;
- la force d'adhérence d'un pneumatique sur le sol est proportionnelle :  $\vec{A} = \vec{P} \cdot c$ 
  - au poids ou à la force appliqués par cette roue sur le sol,
  - au coefficient d'adhérence des matériaux en contact (pneu/sol).

Pour un coefficient d'adhérence donné, la force d'adhérence est donc fonction du poids  $\vec{P}$  (statique) ou de la force  $\vec{F}$  (dynamique) appliqués à chaque roue.

Le poids appliqué sur chaque roue est-il uniformément réparti ?

Si le véhicule est à l'arrêt ou roule à basse vitesse, les deux essieux peuvent être différemment chargés.

Le centre de gravité du véhicule peut se trouver :

- vers l'avant ( $P' > P''$ ),
- à égale distance des deux essieux ( $P' = P''$ ),
- vers l'arrière ( $P' < P''$ ).

Dans les cas où le centre de gravité n'est pas à une distance égale des deux essieux, la force d'adhérence des pneus avant est différente de celle des pneus arrière (fig. 19.1).

L'effort de freinage ( $F_r$ ) à appliquer à chaque essieu ne peut donc pas être identique.

Quelles sont les dispositions technologiques qui permettent de réaliser un couple de freinage différent sur les deux essieux ?

Le couple de freinage sera différent s'il existe de l'avant par rapport à l'arrière, des différences de :

- diamètre de disques ou de tambours,
- section de cylindres récepteurs,
- coefficient d'adhérence des garnitures sur leurs pistes de frottement.

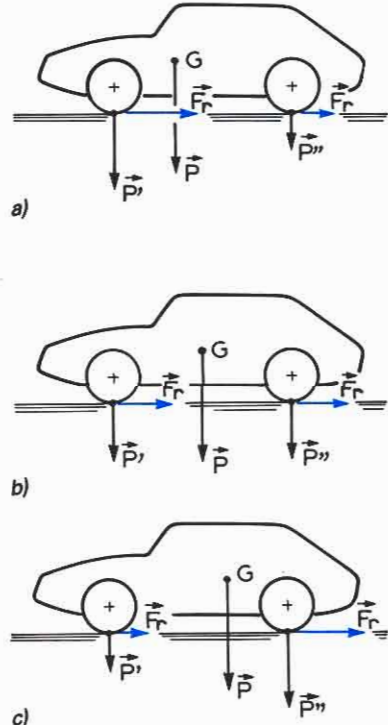


Fig. 19.1. Force d'adhérence par essieu  $A = Pc$ .

- a)  $\vec{P}' > \vec{P}'' \Rightarrow \vec{F}_r > \vec{F}_r$   
 b)  $\vec{P}' = \vec{P}'' \Rightarrow \vec{F}_r = \vec{F}_r$   
 c)  $\vec{P}' < \vec{P}'' \Rightarrow \vec{F}_r < \vec{F}_r$

*Ces dispositions sont-elles suffisantes dans toutes les conditions de conduite ?*

Lorsqu'un véhicule roule, il possède une **énergie cinétique** ( $E = 1/2 M \cdot V^2$ ) proportionnelle à sa masse et à sa vitesse.

Sachant que E est l'équivalent d'un travail ( $W = F \cdot L$ ), le véhicule possède une **force instantanée**

$$\left( F_m = \frac{W}{L} \right).$$

Lorsque le conducteur commence à freiner, l'effort retardateur au niveau du sol provoque un couple de basculement proportionnel à :

- la hauteur du sol au centre de gravité,
- la force appliquée en ce point, il se produit un phénomène de plongée qui provoque un **report de charge** dynamique de l'essieu arrière vers l'essieu avant (fig. 19.2) (plongée : phénomène inverse du cabrage, voir leçon 10).

La force appliquée aux pneus avant

$$\vec{F}' = \vec{P}' \text{ (poids statique des roues avant)} \\ + \vec{F} \text{ (report de charge).}$$

La force appliquée aux pneus arrière

$$\vec{F}'' = \vec{P}'' \text{ (poids statique des roues arrières)} \\ - \vec{F} \text{ (report de charge).}$$

Dans les cas de freinage d'urgence, le **couple de freinage** à appliquer à l'essieu **avant** devra donc être **supérieur** à celui de l'essieu **arrière**.

*Comment la répartition des efforts est-elle modifiée en cas de freinage d'urgence ?*

En cas de freinage d'urgence, la répartition nécessaire, du fait du report de charge, est réalisée par la **modification des pressions hydrauliques** entre le circuit avant et le circuit arrière.

Cette modification est obtenue grâce à l'interposition dans le circuit arrière d'un **correcteur de freinage** (fig. 19.3).

*Quels sont les différents types de correcteurs de freinage ?*

Il en existe deux familles :

- les **limiteurs**,
- les **compensateurs**.

*Quelles sont les fonctions des limiteurs ?*

Les limiteurs ont pour fonction de limiter la pression hydraulique admise dans les récepteurs des roues délestées (en général roues arrière).

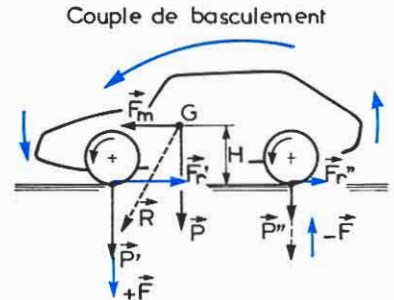


Fig. 19.2. Report de charge au freinage.

Force appliquée aux pneus avant :

$$\vec{F}' = \vec{P}' + \vec{F}.$$

Force appliquée aux pneus arrière :

$$\vec{F}'' = \vec{P}'' - \vec{F}.$$

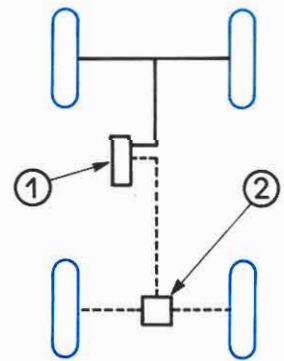


Fig. 19.3. Circuit de freinage.

① Maître-cylindre ; ② Correcteur de freinage.

La limitation peut être :

- fixée à une valeur prédéterminée : limiteur non asservi (fig. 19.4.a),
- variable selon la charge supportée par l'essieu arrière : limiteur asservi (fig. 19.4.b).

Quel est le principe de fonctionnement d'un limiteur non asservi ?

Le limiteur se trouve situé en série, sur la canalisation des freins.

Il reçoit à l'orifice ① la pression  $P_1$  qui règne dans le maître cylindre et dans les cylindres avant, et restitue aux cylindres arrière une pression  $P_2$  limitée ou non selon le cas.

*Freinage modéré.*

Le conducteur appuie sur la pédale de freins, le liquide déplacé applique les garnitures des quatre freins contre leurs pistes de frottement.

La pression hydraulique croît, puis se stabilise à une pression inférieure à la pression de limitation prédéterminée.

Le produit ( $P_1 \cdot S_1$ ), pression par section du piston, communique à ce dernier une force ( $F_2$ ) inférieure à la force (tarage) du ressort ( $F_1$ ) (fig. 19.5.a).

Le piston reste en position de repos. La pression est identique dans tout le circuit.



a)



b)

Fig. 19.4. Correcteur de freinage. (Photo Jeanbor © Photob.)

a) Limiteur non asservi.  
b) Limiteur asservi.

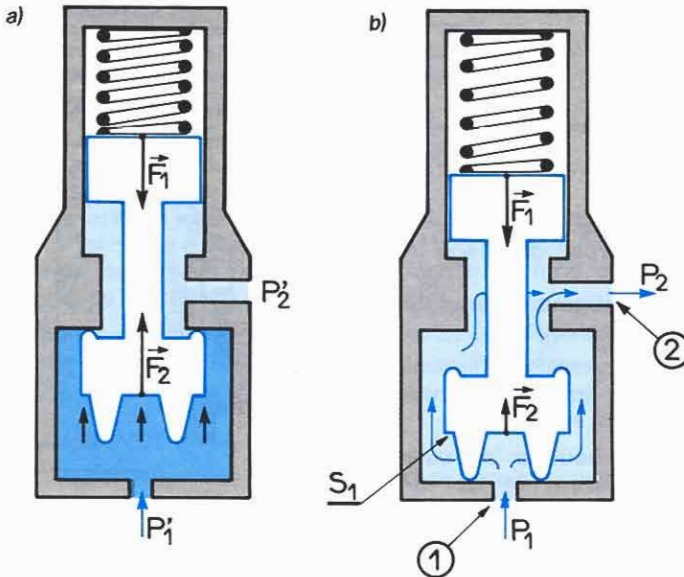


Fig. 19.5. Limiteur non asservi.  
a) Positions repos et freinage.  
b) Position freinage d'urgence.

*Freinage d'urgence.*

Le conducteur **appuie fortement** sur la pédale de freins.

La pression croît. Lorsque le **produit  $P_1 \cdot S_1$  devient supérieur au tarage du ressort**, le piston se soulève, son **clapet obture** l'orifice de communication avec les freins arrière (fig. 19.5.b).

La **pression de sortie  $P'_2$  est stabilisée à la valeur prédéterminée  $P_k$**  par le tarage du ressort du limiteur (fig. 19.6).

Le **blocage des roues arrière** étant limité, le conducteur continue son effort sur la pédale de freins.

La **pression continue d'augmenter dans le maître cylindre** et dans le circuit avant.

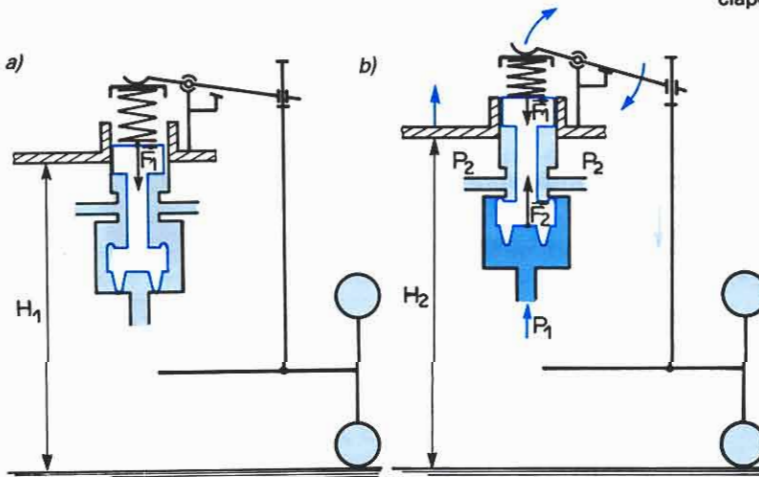
*Quel est le principe de fonctionnement du limiteur asservi ?*

Fig. 19.7. Principe de fonctionnement du limiteur asservi :

a) position : non freinage, véhicule à vide ;  
b) position : freinage modéré, essieu arrière délesté :

$H_2 > H_1$ ,  $\vec{F}_2 > \vec{F}_1$   
 $P_1 > P_2$ . Fermeture du clapet à pression moyenne.  
c) position : freinage modéré, essieu arrière chargé :  
 $H_3 < H_1$ ,  $\vec{F}_2 < \vec{F}_1$ ,  $P_1 = P_2$

On peut observer que lorsqu'un essieu est :

- **surchargé**, la hauteur caisse/sol dans son axe vertical diminue,
- **délesté**, la hauteur caisse/sol augmente (sauf dans le cas de la suspension hydropneumatique).

Il est donc possible de modifier la pression de limitation en rendant le **tarage du ressort du limiteur dépendant de la hauteur de caisse** (asservi à la suspension).

Ainsi, à **chaque position de la hauteur de caisse** correspond un **tarage de ressort différent** (fig. 19.7 et 8).

La **fermeture du clapet du limiteur** sera réalisée à des **pressions variables en fonction de la charge supportée** par l'essieu (fig. 19.9).

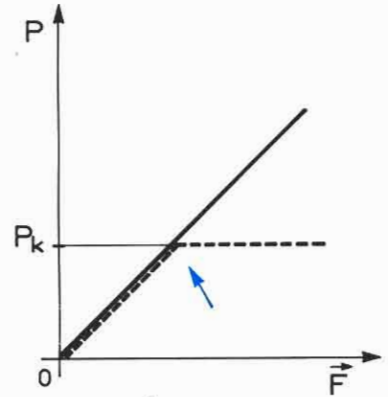
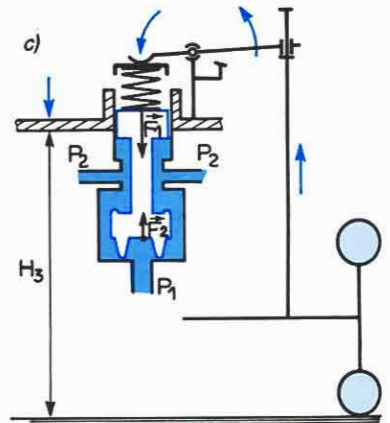
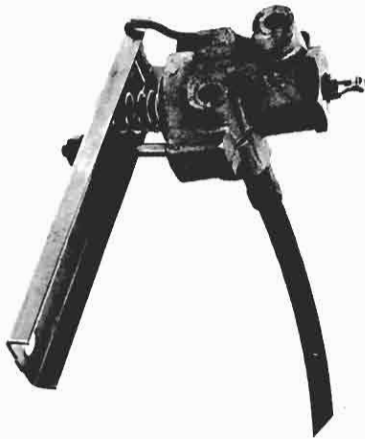


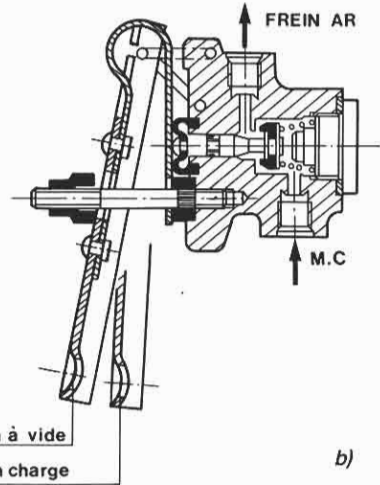
Fig. 19.6. Évolution des pressions (P) en fonction de l'effort sur la pédale  $\vec{F}$  :

— dans le circuit avant ;  
--- dans le circuit arrière ;  
 $P_k$  → pression de fermeture du clapet.





a)



b)

Fig. 19.8. Limiteur asservi :  
a) vue extérieure ;  
(Photo Jeanbor © Photob.)  
b) vue en coupe.  
(Document DBA Bendix.)

Quel est le principe de fonctionnement des compensateurs ?

Les compensateurs ne limitent pas la pression à une valeur définie mais assurent, à partir d'une certaine valeur, pour chaque pression du circuit avant, une pression arrière plus faible, mais proportionnelle dans un rapport déterminé.

Cette proportionnalité est assurée par un piston étagé.

Comme les limiteurs, les compensateurs peuvent être :  
- non asservis,  
- asservis (fig. 19.10).

Le compensateur asservi est lié à la suspension par un ressort. Il contrôle ainsi une pression variable en fonction de la charge.

*Position repos.*

Le ressort agit sur le piston par l'intermédiaire du levier d'asservissement. Il crée une force ( $\vec{F}_1$ ) proportionnelle à la charge de l'essieu et maintient le piston au fond de l'alésage. Le clapet (4) est alors ouvert.

La communication hydraulique maître cylindre/cylindre de roues arrière est assurée  $P_1 = P_2$  (fig. 19.11.a).

*Freinage.*

La pression augmente dans l'ensemble du circuit hydraulique ( $P_1 = P_2$ ).

La pression  $P_1$  agit à la fois sur la section  $S_2$  et la section  $S_3$  (vers le bas).

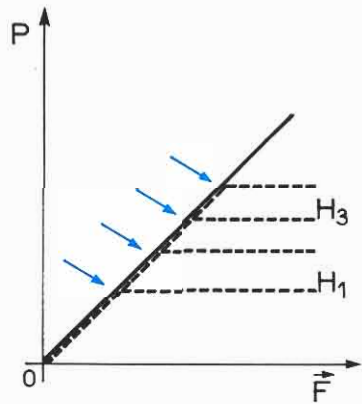


Fig. 19.9. Limiteur asservi. La fermeture du circuit s'effectue à des pressions variables selon H.  
→ point de fermeture du clapet.

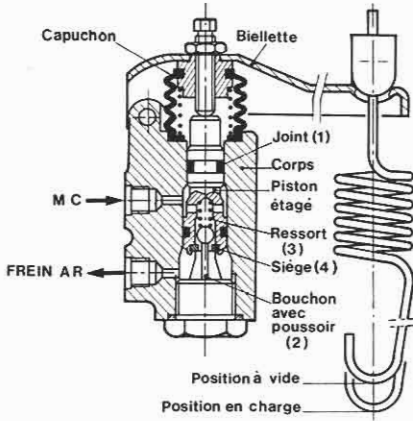


Fig. 19.10. Compensateur asservi à la suspension.  
vue en coupe.  
(Document DBA Bendix.)

La pression  $P_2 = P_1$  agit sur  $S_3$  (vers le haut).

Ces deux actions sur  $S_3$  s'annulent.

$$(P_1 \cdot S_3) + (P_2 \cdot S_3) = 0.$$

Lorsque  $P_1$  sur  $S_2$  est suffisante ( $F_2$ ) pour vaincre l'action du ressort d'asservissement ( $F_1$ ), le piston monte, le clapet se ferme (fig. 18.11.b).

*Augmentation de la pression.*

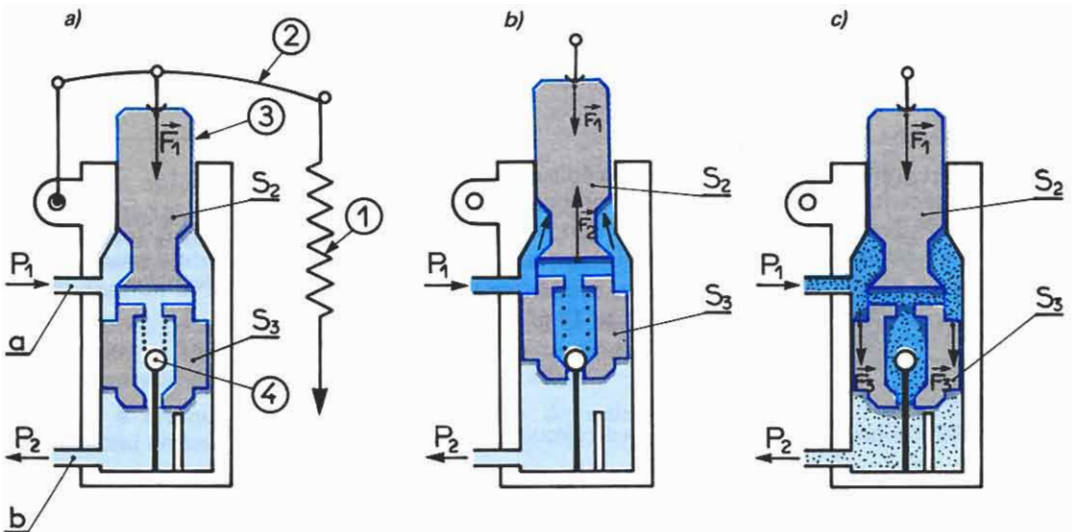
Le conducteur augmente son effort sur la pédale de freins,  $P_1$  augmente, agit à la fois sur  $S_2$  et  $S_3$ .

L'équilibre des forces sur  $S_3$  est rompu :  $| P_1 \cdot S_3 | > | P_2 \cdot S_3 |$ .

Fig. 19.11. a) Compensateur asservi à la suspension.

- ① ressort lié à la suspension ;
- ② levier d'asservissement ; ③ piston étagé ; ④ clapet.

b) Position freinage :  $\vec{F}_2 > \vec{F}_1$ ,  $P_2 < P_1$ .  
c) Augmentation de la pression au maître-cylindre (en  $P_1$ ),  $P_2$  augmente proportionnellement avec un certain rapport.



Le piston redescend, le clapet s'ouvre,  $P_2$  augmente ( $P_2 = P_1$ ), un nouvel équilibre s'établit sur le piston (fig. 18.11.c) :  $|P_1 \cdot S_3| = |P_2 \cdot S_3|$ .

L'action de  $P_1$  sur  $S_2$  fait remonter le piston, le clapet se ferme.

Pendant la phase de montée en pression le piston oscille donc autour d'une position d'équilibre. Par une succession d'ouvertures et de fermetures la pression arrière augmente moins que la pression avant.

#### Les correcteurs permettent-ils de réaliser le freinage idéal ?

Les correcteurs de freinage réalisent une solution plus ou moins approchée du problème de la répartition du freinage, car ils ne peuvent tenir compte :

- du report de charge sur un même essieu dans les virages,
- de l'adhérence réelle de chaque pneu sur le sol.

Certains véhicules de haut de gamme comportent un dispositif qui permet le contrôle individuel du blocage des roues.

#### Principe du système anti-blocage.

Dans ce dispositif, chaque roue comporte un détecteur électronique de rotation qui permet la modification de la pression de freinage de la roue.

Lorsqu'une roue se bloque, donc s'arrête de tourner, le détecteur électronique de blocage commande l'action d'un régulateur qui diminue la pression dans le cylindre récepteur correspondant, quelle que soit la force avec laquelle le conducteur appuie sur la pédale de freins.

La roue se remet donc à tourner et retrouve sa force d'adhérence optimale.

L'effort retardateur est toujours maximal puisque à la limite du blocage des roues, la distance d'arrêt est la plus réduite possible pour une force d'adhérence donnée.

La maîtrise de la direction du véhicule est conservée pendant le freinage.

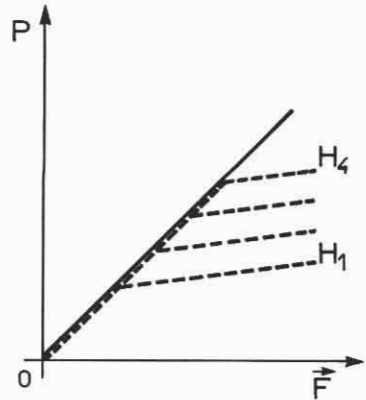


Fig. 19.12. Compensateur asservi. La compensation commence à des pressions variables selon la charge. La pression dans le circuit arrière augmente moins que dans le circuit avant.

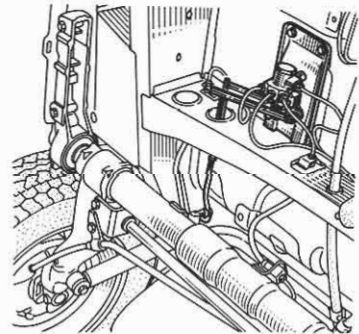


Fig. 19.13. Compensateur asservi. Positionnement sur le véhicule. (Document Renault.)