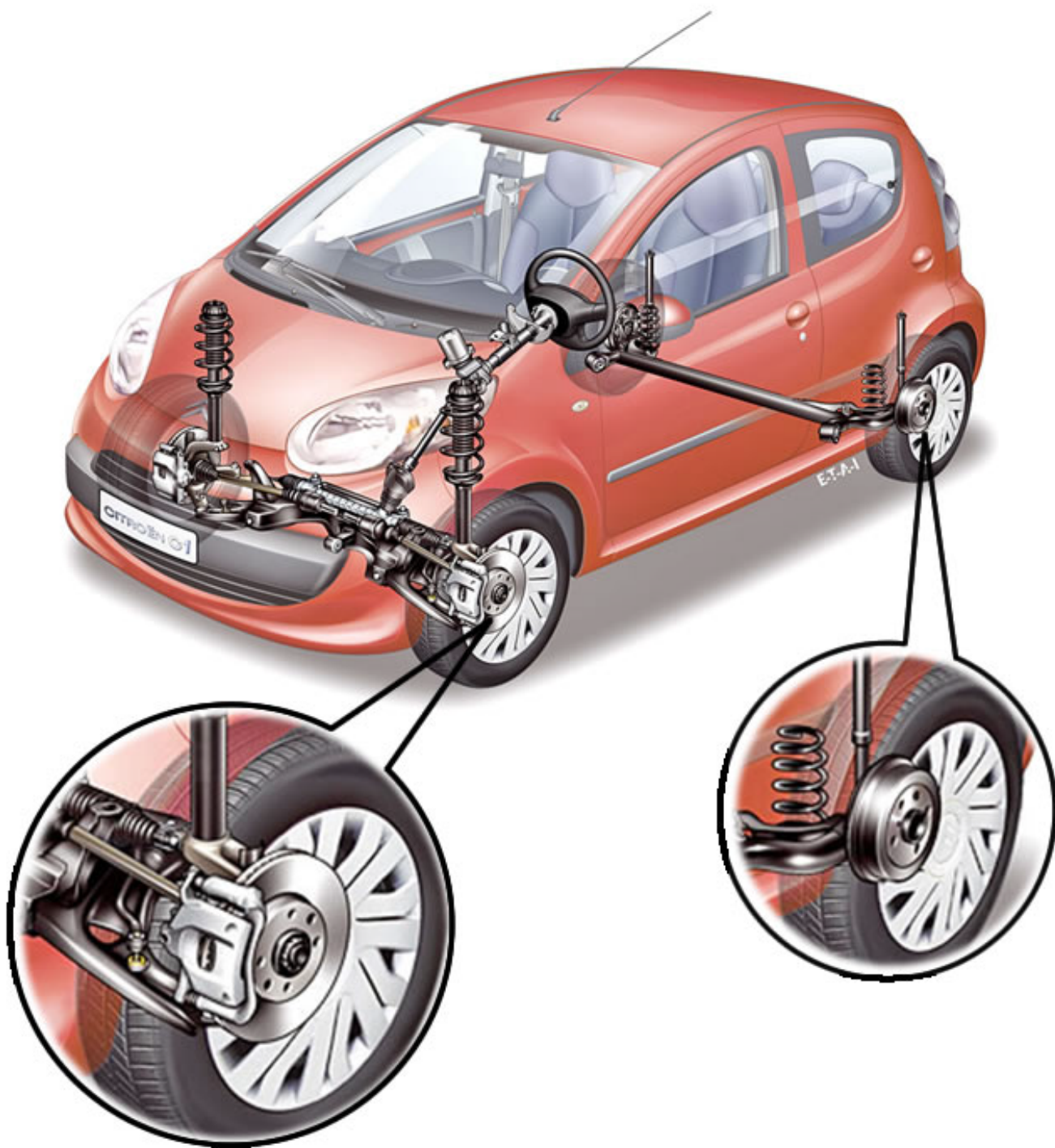


Le Freinage



Préambule

L'étude suivante portera sur les systèmes de freinage classiques sans "ABS" (système anti-blocage des roues).

1/ Nécessité du système

L'utilisation d'un véhicule oblige le conducteur à réguler sa vitesse en fonction de la circulation (trafic, feux tricolores, stop, céder le passage...) et des différents obstacles rencontrés. Les résistances à l'avancement (résistance au roulement, à l'air ou à la pente) n'étant pas suffisantes pour ralentir ou arrêter rapidement le véhicule, il sera nécessaire d'avoir recourt à un système de freinage.

Conclusion :

Le système de freinage permet de réduire, de manière contrôlée par le conducteur, la vitesse du véhicule et de l'immobiliser lorsqu'il est à l'arrêt.

2/ Principe de fonctionnement

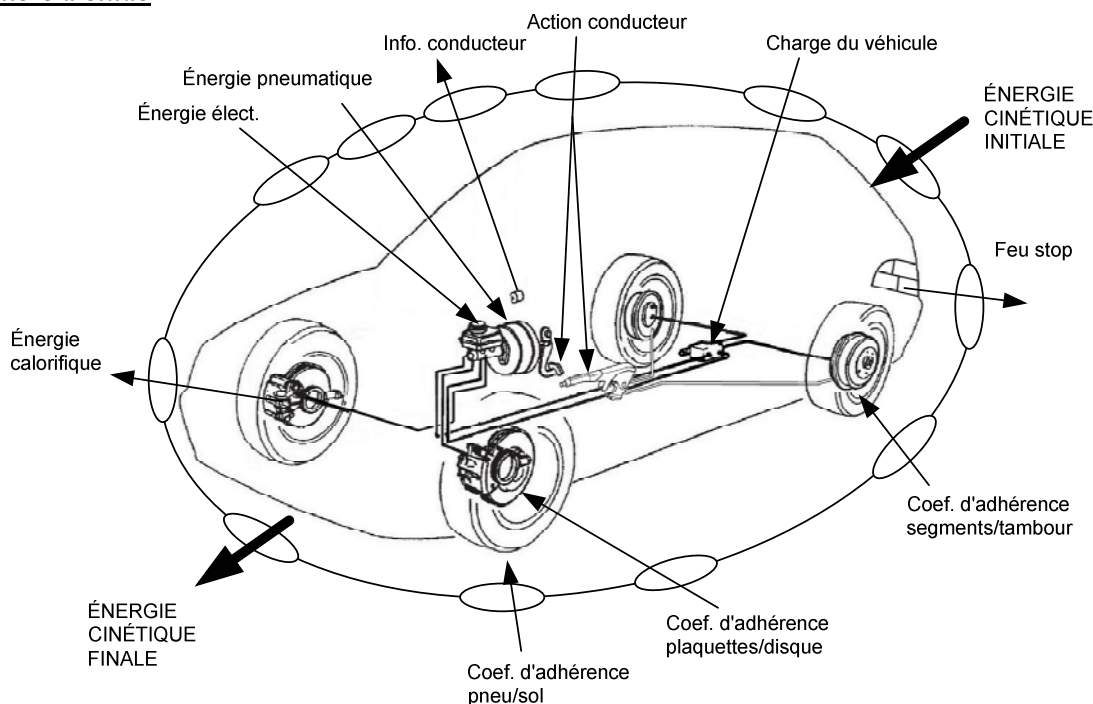
La décélération du véhicule est obtenue mécaniquement par le ralentissement des roues. Ce ralentissement s'accomplit par transformation de l'énergie cinétique initiale en énergie calorifique, au moyen d'un frottement entre deux éléments : l'un lié au châssis du véhicule, l'autre lié à la roue.

3/ Conditions à remplir

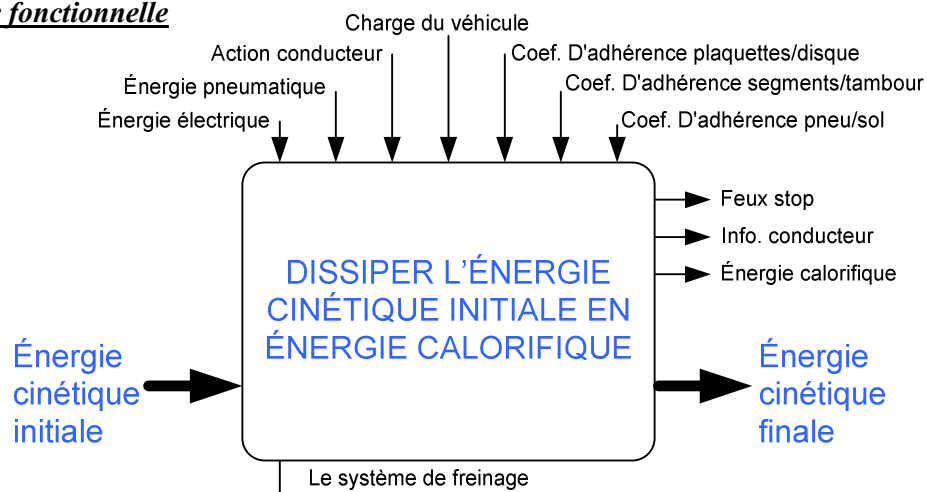
Pour que le système réponde aux exigences du conducteur en toute sécurité et aux normes en vigueur, celui-ci devra être :

- Efficace : durée et distance de freinage réduite,
- Stable : conservation de la trajectoire du véhicule,
- Progressif : freinage proportionnel à l'effort du conducteur,
- Confortable : effort réduit pour le conducteur.

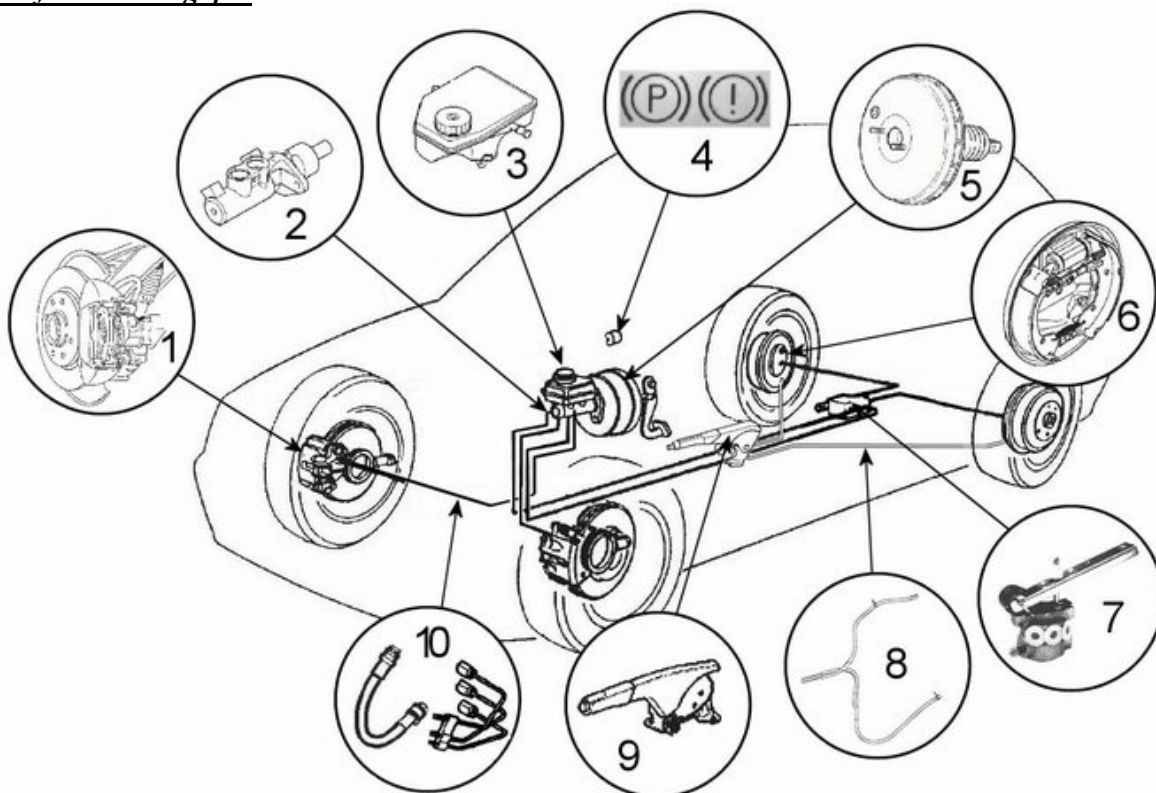
4/ Frontière d'étude



5/ Analyse fonctionnelle



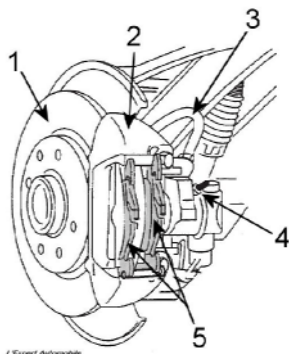
6/ Analyse technologique



1	Freins à disque	6	Freins à tambour
2	maître cylindre	7	Correcteur de freinage
3	Réservoir de liquide	8	Câbles de frein à main
4	Voyants d'alerte et d'état	9	Levier de frein à main
5	Assistance (servofrein)	10	Canalisations et flexibles

6.1/ Les freins à disque**a/ Fonction :**

Transformer l'énergie cinétique en énergie calorifique par frottement.

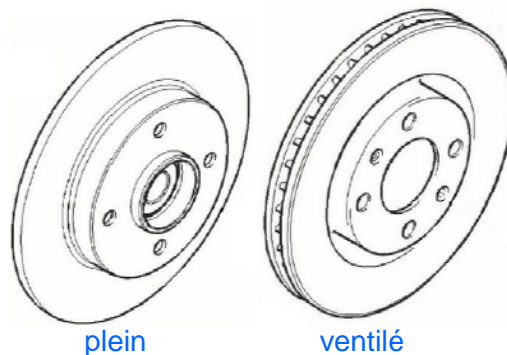
b/ Constitution :

1	Disque
2	Étrier
3	Flexible de frein
4	Vis de purge
5	Plaquettes

c/ Les disques :

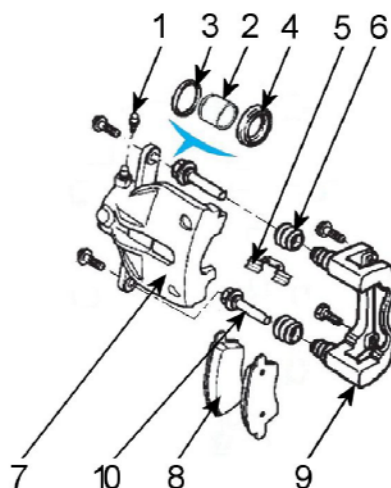
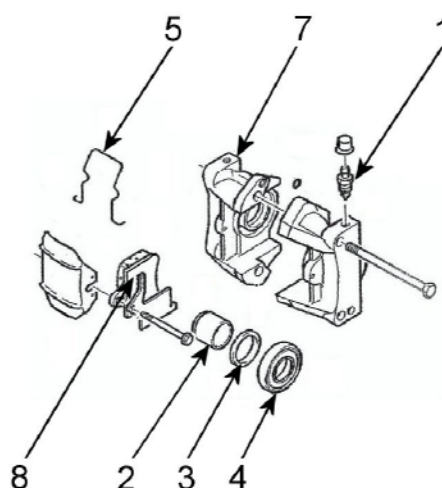
Il existe deux types de disques :

- Les disques pleins,
- Les disques ventilés pour un meilleur refroidissement.



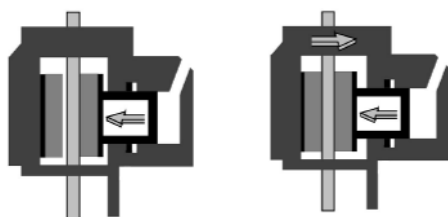
plein

ventilé

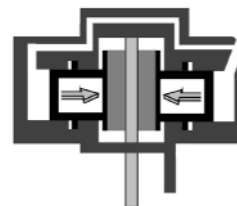
d/ Les étriers :Les étriers flottantsLes étriers fixes

1	Vis de purge	6	Soufflet de colonnette
2	Piston	7	Étrier
3	Joint d'étanchéité	8	Plaquettes
4	Capuchon de protection	9	Support d'étrier
5	Agrafe ou ressort anti-bruit	10	Colonnette

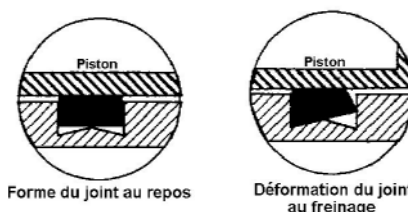
e/ Fonctionnement :

Les étriers flottants

Lorsque le conducteur sollicite la commande de freinage, le liquide se déplace dans les canalisations jusqu'aux pistons. Le flux d'huile pousse le piston qui, à son tour, pousse la plaquette contre le disque. L'étrier se déplace alors sous la pression du liquide et ramène l'autre plaquette contre le disque en le pinçant.

Les étriers fixes

Lorsque le conducteur appuie sur la pédale de frein, le liquide se déplace dans les canalisations jusqu'aux pistons. Ceux-ci se déplacent et poussent les plaquettes contre le disque en le pinçant.



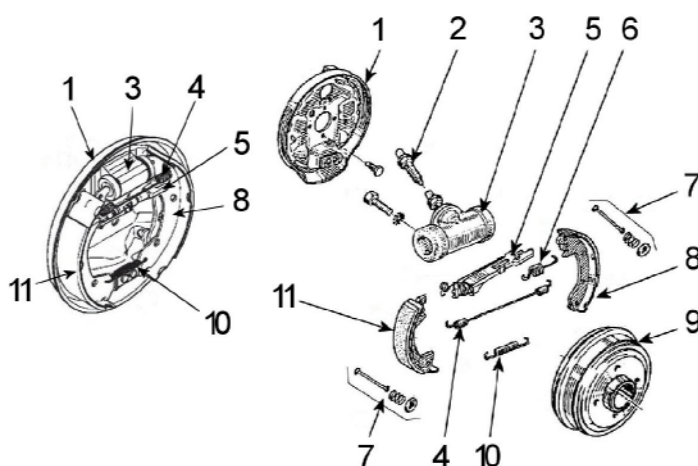
Au freinage, l'avancée des pistons entraîne la déformation des joints. Lorsque le freinage cesse, les joints reprennent leur forme initiale. Les pistons sont ramenés en position repos et le voile du disque participe au retour des plaquettes au repos.

6.2/ Les freins à tambour

a/ Fonction :

Transformer l'énergie cinétique en énergie calorifique par frottement.

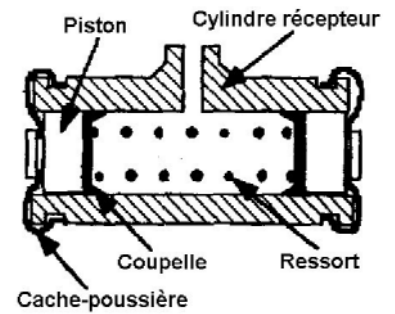
b/ Constitution :



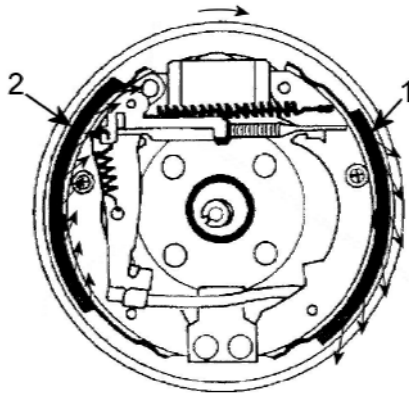
1	Flasque
2	Vis de purge
3	Cylindre récepteur
4	Ressort de rappel
5	Mécanisme de rattrapage de jeu
6	Ressort de bielle
7	Maintien latéral des segments
8	Segment secondaire (tendu)
9	Tambour
10	Ressort de maintien
11	Segment primaire (comprimé)

c/ Les cylindres de roue :

C'est un récepteur hydraulique qui permet de transformer la poussée du liquide en déplacement mécanique des segments. Il comporte la vis de purge.



d/ Les segments ou mâchoires de frein :



En tournant, le tambour a tendance à entraîner les segments. De ce fait, le segment primaire (1) (ou comprimé) va s'arc-bouter sur son appui, ce qui augmente le frottement et donc le freinage. C'est le phénomène d'enroulement.

Nota : sa garniture est décalée vers le bas.

Au contraire, le segment secondaire (2) (ou tendu) a tendance à être repoussé et donc à prendre moins d'appui sur le tambour.

Le frottement et le freinage sont plus faibles.

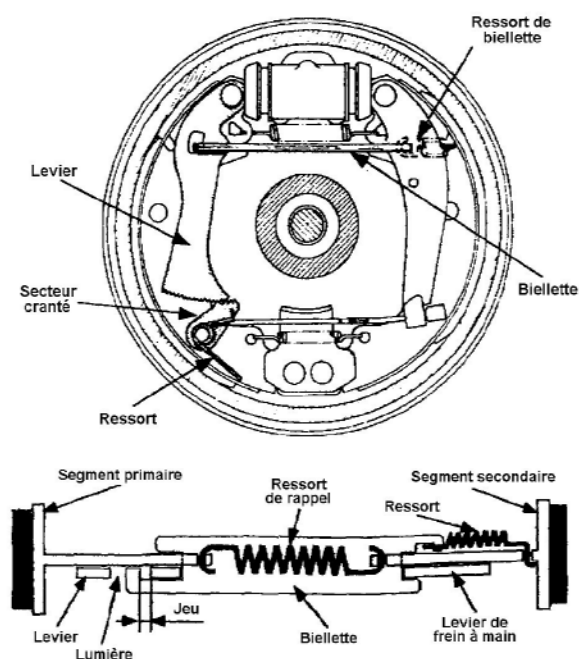
Nota : sa garniture est décalée vers le haut.

e/ Les mécanismes de rattrapage de jeu :

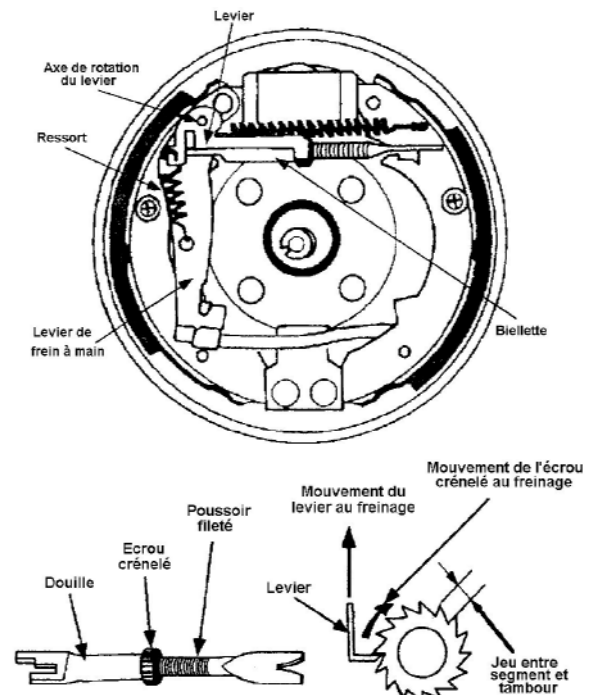
Ce système est nécessaire afin de maintenir constant l'écartement entre les garnitures et le tambour et de ce fait, maintenir une course constante à la pédale malgré l'usure des garnitures.

Les freins à tambour se caractérisent principalement par leur système de rattrapage de jeu.

Le système "Bendix"



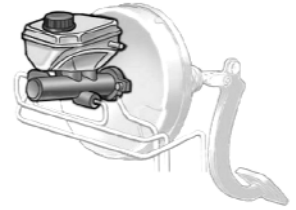
Le système "Lucas" ("Girling")



6.3/ La commande hydraulique : le maître cylindre tandem

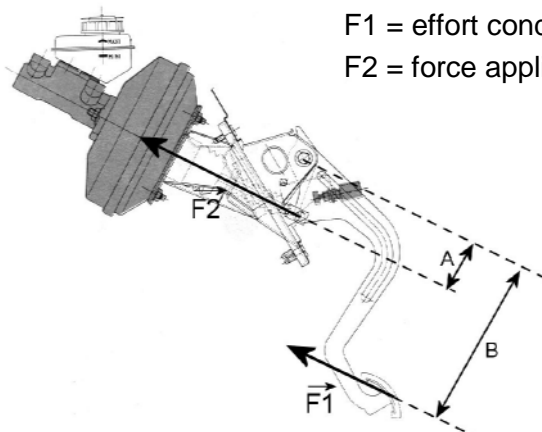
a/ Fonction :

Transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Doser et distribuer cette énergie.



b/ Principe de l'amplification :

La première amplification est réalisée par la pédale. L'effort du conducteur sera multiplié en fonction de la longueur des bras de levier.



$F1$ = effort conducteur

$F2$ = force appliquée au maître cylindre

$$F2 \times A = F1 \times B$$

$$F2 = F1 \times \frac{B}{A} = \frac{F1 \cdot B}{A}$$

Ex : $F1 = 10 \text{ daN}$; $A = 20 \text{ mm}$; $B = 160 \text{ mm}$

$$F2 = \frac{10 \cdot 160}{20} = 80$$

$$F2 = 80 \text{ daN}$$

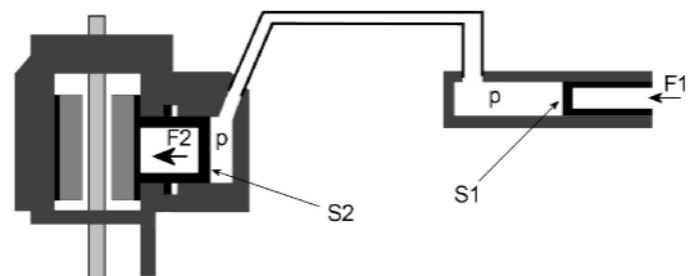
La seconde amplification est réalisée par la différence de surface entre les pistons émetteurs et les pistons récepteurs : c'est l'amplification hydraulique.

Selon le théorème de Pascal : "la pression sur la surface d'un liquide est identique en tous points" (les liquides sont incompressibles).

On utilise alors la relation existante entre la pression, la force et la surface :

$$p = \frac{F}{S}$$

$$p = \frac{F1}{S1} = \frac{F2}{S2} \Rightarrow F2 = F1 \cdot \frac{S2}{S1}$$



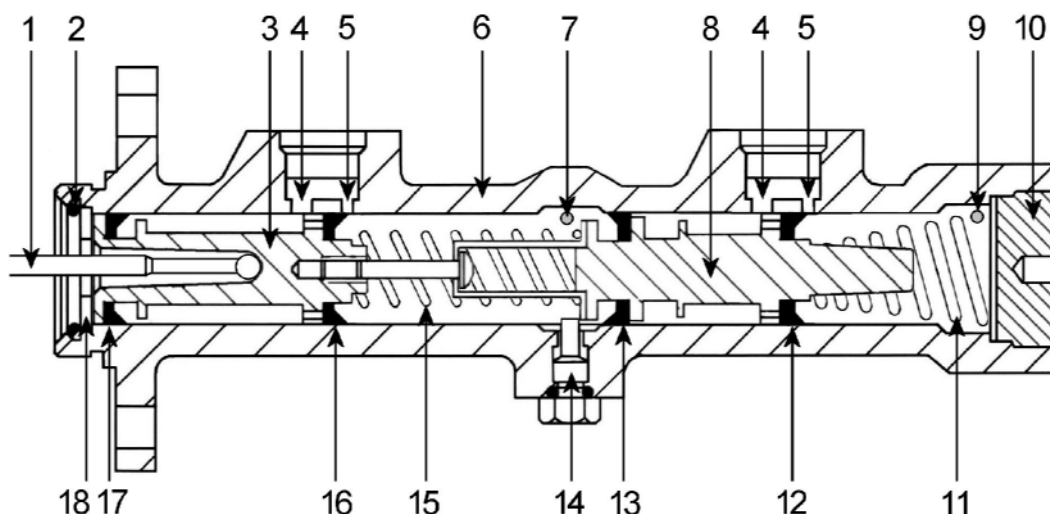
Ex : $S1 = 1 \text{ cm}^2$; $S2 = 5 \text{ cm}^2$; $F1 = 80 \text{ daN}$

$$F2 = F1 \cdot \frac{S2}{S1} = 80 \cdot \frac{5}{1} = 400$$

$$F2 = 400 \text{ daN}$$

c/ Constitution :

Le maître cylindre tandem est composé de deux ensembles : l'ensemble primaire et l'ensemble secondaire. Il permet d'alimenter distinctement mais simultanément deux circuits de freinage.



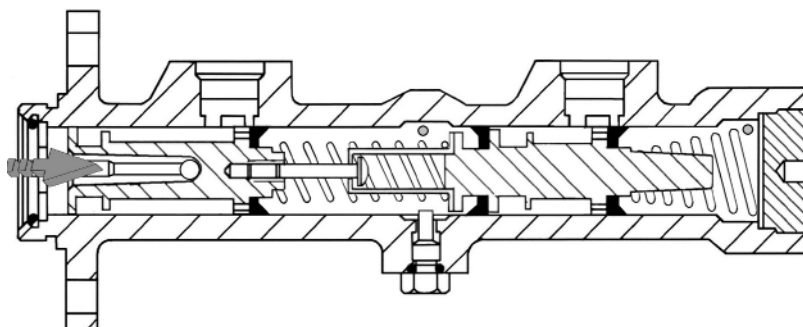
1	Tige de poussée	7	Sortie circuit primaire	13	Coupelle d'étanchéité entre cir-
2	Jonc d'arrêt	8	Ensemble piston se-	14	Butée de repos du piston se-
3	Ensemble piston pri-	9	Sortie circuit secondaire	15	Ressort du piston primaire
4	Trous d'alimentation	10	Bouchon	16	Coupelle primaire du piston pri-
5	Trous de dilatation	11	Ressort piston se-	17	Coupelle secondaire du piston
6	Corps du MC	12	Coupelle primaire du pis-	18	Rondelle butée

d/ Principe de fonctionnement :

Freinage :

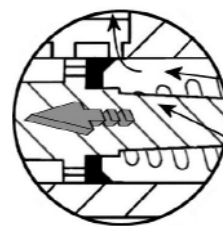
L'action de conducteur sur la pédale entraîne le déplacement de la tige de poussée et des pistons. Les coupelles primaires viennent obturer les trous de dilatation.

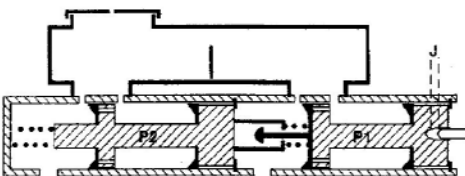
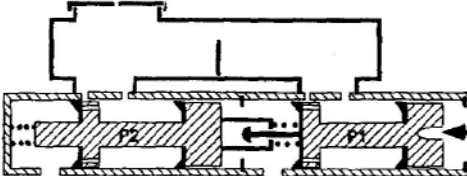
Lorsque les garnitures de frein sont en contact avec les tambours et les disques, la pression monte dans les deux circuits.

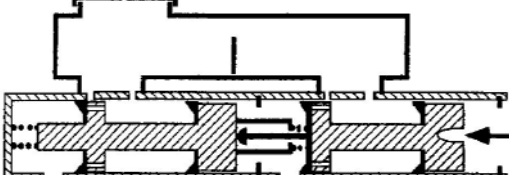
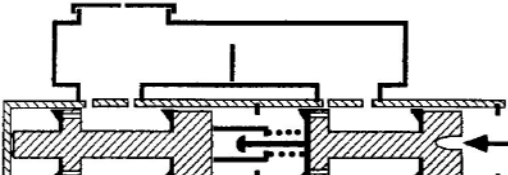


Dé freinage :

Dès que le conducteur lâche la pédale de frein, les pistons, sous la poussée de leur ressort, reviennent plus vite que la colonne de liquide. Il se crée une légère dépression dans les circuits et le liquide de frein est alors "aspiré" et passe par les trous de compensation des pistons jusqu'à ce que les trous de dilatation du maître cylindre soient découverts. Le liquide de frein retourne dans le réservoir.

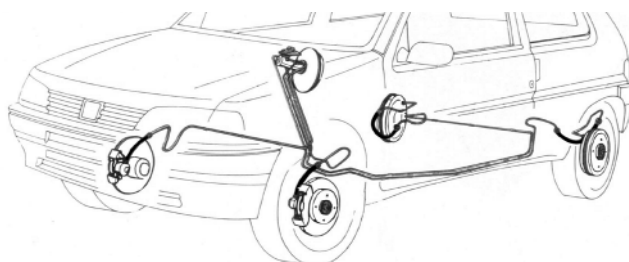
**e/ Tableau de fonctionnement :**

Repos			Freinage		
					
Position	Piston 1	Piston 2	Pression circuit 1	Pression circuit 2	Course pédale
Repos	Au repos grâce à son ressort	Au repos grâce à son ressort	P_a	P_a	
Freinage	Avance, commandé mécaniquement par la tige de poussée	Avance, commandé hydrauliquement par la pression qui s'établit dans le	Normale selon l'action du conducteur	Normale selon l'action du conducteur	Courte

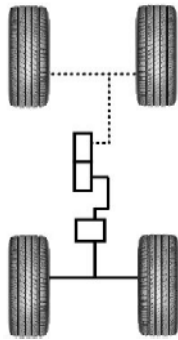
Circuit primaire défaillant			Circuit secondaire défaillant		
					
Position	Piston 1	Piston 2	Pression circuit 1	Pression circuit 2	Course pédale
Freinage circuit 1 défaillant	Avance, commandé mécaniquement par la tige de poussée	Avance, commandé mécaniquement par la butée du piston primaire	Faible ou P_a	Normale	Longue
Freinage circuit 2 défaillant	Avance, commandé mécaniquement par la tige de poussée	Avance, commandé hydrauliquement par la pression qui s'établit dans le	Normale dès que le piston 2 a pris appui sur le fond de la chambre	Faible ou P_a	Longue

6.4/ Le circuit hydraulique**a/ Fonction :**

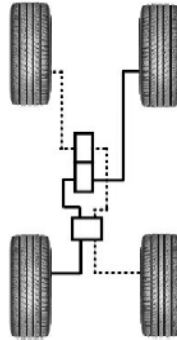
Transmettre l'énergie de freinage vers les organes de freins.



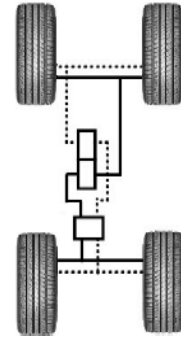
b/ Les réalisations les plus courantes :



Circuit en I



Circuit en X



Circuit en H ou double I

c/ Le liquide de frein :

Ils sont d'origine :

- Minérale (LHM) : Ils sont très peu utilisés (Citroën, Rolls-Royce) et sont de couleur rouge ou vert.
- Synthétique : Ce sont les plus utilisés et sont classés par normes en fonction de leur point d'ébullition : DOT3, DOT4 et DOT5.1. Ils sont de couleur ambre.
- Silicones : DOT 5. Ils sont très peu utilisés et sont de couleur violette.

Important : Les liquides d'origine différente ne sont pas miscibles entre eux.

	T° ébullition sec	T° ébullition humide
DOT 3	205 °C	140 °C
DOT 4	230 °C	155 °C
DOT 5 (liquide silicone)	260 °C	180 °C
DOT 5.1	260 °C	180 °C

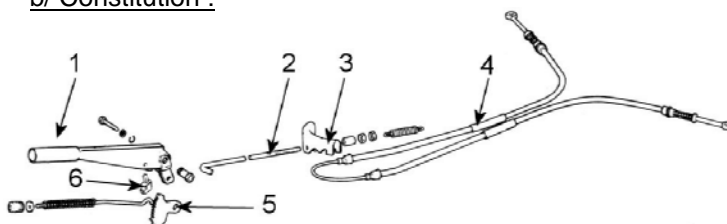
- Les liquides de freins sont avides d'eau : ils absorbent l'humidité de l'air.
- Si leur teneur en eau atteint 3 % (après environ deux ans d'utilisation) leur température d'ébullition chute de 80 à 90 °C.

6.5/ La commande mécanique :

a/ Fonction :

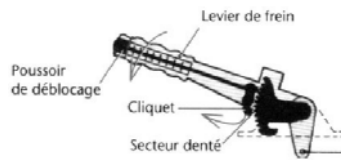
Maintenir à l'arrêt le véhicule.

b/ Constitution :



1	Levier de frein à main
2	Tige de réglage
3	Palonnier
4	Câble de frein
5	Secteur denté
6	Contacteur de frein à main

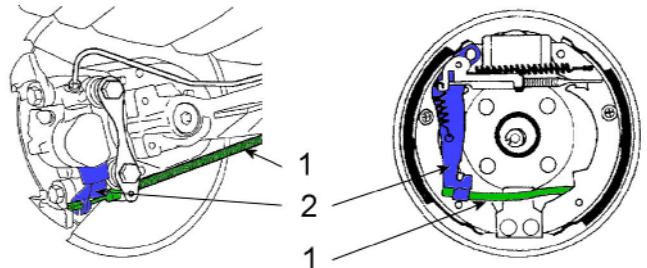
c/ Fonctionnement :



Le conducteur actionne le levier en le faisant pivoter sur son axe. Celui-ci reste en position après enclenchement des crans de verrouillage. Par l'intermédiaire du palonnier, les câbles (1) se tendent et entraînent les leviers (2) situés dans les organes de frein (à l'arrière dans la majorité des cas).

Ces leviers agissent soit :

- En écartant les segments de frein afin de les mettre en contact avec le tambour (frein à tambour),
- En poussant les pistons qui appliquent les plaquettes contre les disques (frein à disque).



6.6/ Les témoins de dysfonctionnement

a/ Les voyants au tableau de bord :



Ce voyant est de couleur **rouge** ce qui implique l'**arrêt immédiat** du véhicule suivant les conditions de circulation.

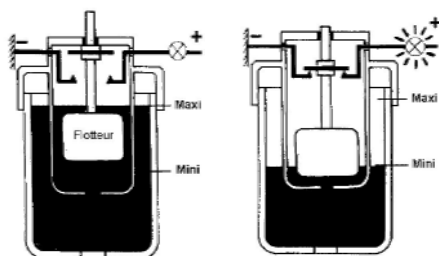
Il indique une anomalie de fonctionnement sur le circuit de freinage (baisse du niveau de liquide de frein ou frein à main mal desserré).



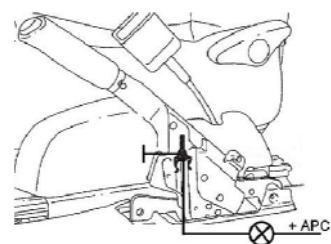
Ce voyant est de couleur **rouge** ce qui implique l'**arrêt immédiat** du véhicule suivant les conditions de circulation.

Il indique une usure trop importante des plaquettes de frein (si le système en est équipé).

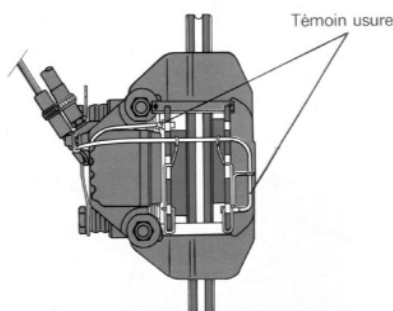
b/ Le niveau de liquide de frein :



c/ La position du levier de frein à main :



d/ L'usure des plaquettes :



6.7/ Les correcteurs de freinage

a/ Nécessité :

Lors d'un freinage, il y a un transfert de charge dynamique de l'arrière vers l'avant. L'essieu avant se trouve surchargé alors que l'essieu arrière se trouve délesté. De ce fait, l'adhérence des roues avant augmente alors que celle des roues arrières diminue.

Il faut donc diminuer la force de freinage sur les roues arrières pour éviter leur blocage (risque de "tête à queue"). La force de freinage des roues avant peut être augmentée, le risque de blocage étant moins important.

b/ Fonction :

Limiter la pression de freinage des roues arrière pour éviter leur blocage.

c/ Les différents correcteurs de freinage :

Les limiteurs :

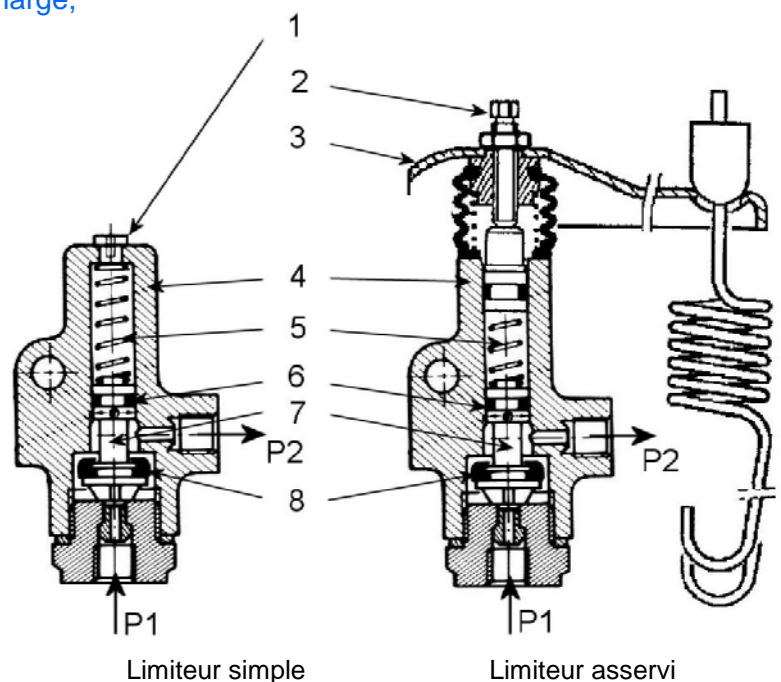
- Limiteur simple,
- Limiteur asservi à la charge.

Les compensateurs :

- Compensateur simple,
- Compensateur asservi à la charge,
- Compensateur intégré.

d/ Les limiteurs :

1	Bouchon
2	Réglage
3	Levier
4	Corps
5	Ressort
6	Joint
7	Piston
8	Clapet
P1	Pression du MC
P2	Pression vers freins AR



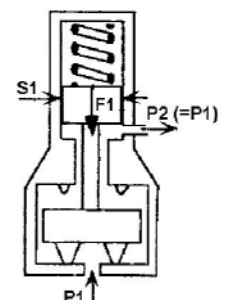
Au repos :

La communication entre le maître cylindre (MC) et les récepteurs arrière est permise.

Freinage sans limitation :

Lors du freinage, la pression provenant du MC agit sur le clapet (S1).

Tant qu'elle est inférieure au tarage du ressort, la pression vers les récepteurs arrière n'est pas limitée.

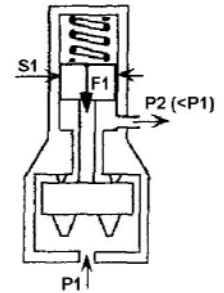


Freinage avec limitation :

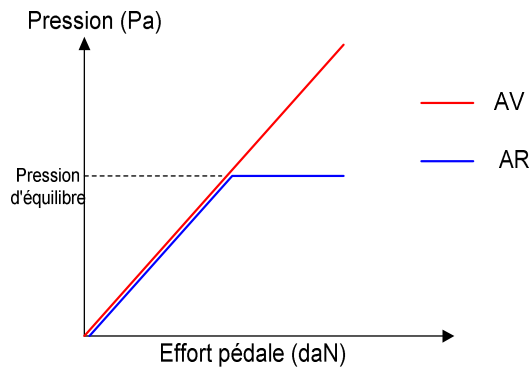
La pression provenant du MC est supérieure au tarage du ressort. Le clapet se ferme, la pression dans le circuit arrière ne peut plus s'élever : **c'est la limitation.**

Défreinage :

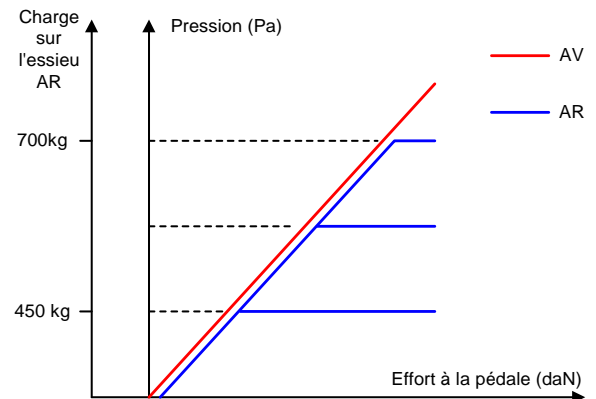
La pression provenant du MC chute, le ressort repousse le clapet vers le bas, le circuit entre l'avant et l'arrière est rétabli.



Courbe caractéristique d'un limiteur simple

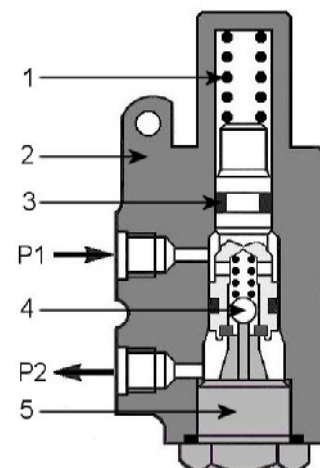


Courbe caractéristique d'un limiteur asservi



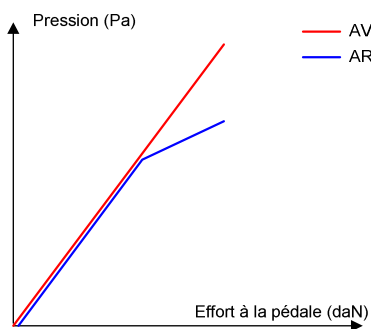
e/ Les compensateurs :

1	Ressort
2	Corps
3	Piston étagé
4	Clapet
5	Bouchon avec poussoir
P1	Pression MC
P2	Pression freins AR

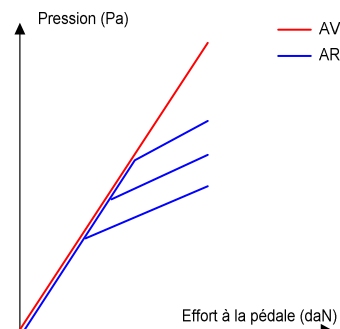


Compensateur simple

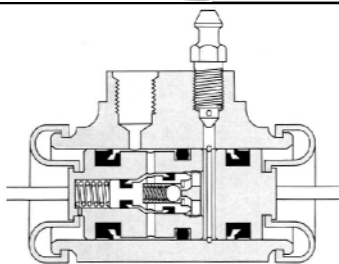
À la différence des limiteurs, les compensateurs ne limitent pas la pression des freins arrière à une valeur définie mais autorisent, à partir d'une certaine valeur, une pression arrière moins élevée mais proportionnelle à la pression du circuit avant.



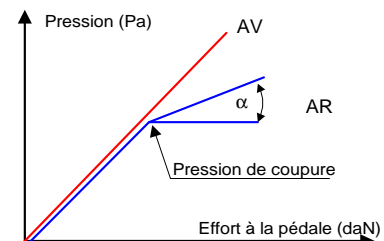
Compensateur simple



Compensateur asservi



Les véhicules équipés de double circuit de freinage en X et de freins à tambour à l'arrière peuvent recevoir des compensateurs intégrés dans les cylindres récepteurs.

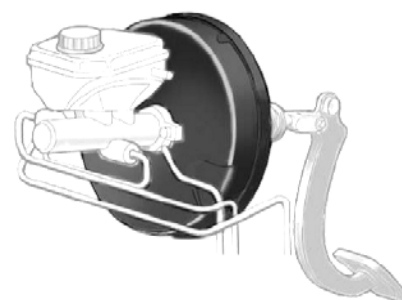


Remarque :

Les correcteurs hydromécaniques tendent à disparaître au profit des régulations électroniques de freinage (monté sur les systèmes "ABS" récents).

6.8/ L'assistance à dépression

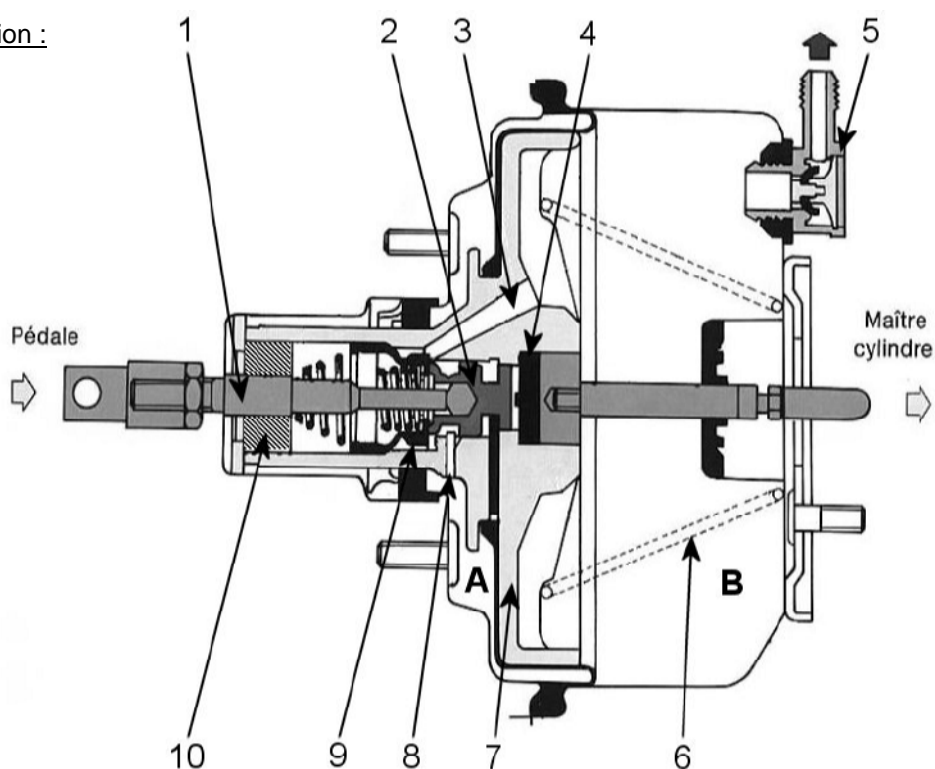
L'assistance à dépression, aussi appelée servofrein ou master vac, est intercalée entre le pédalier et le maître cylindre.



a/ Fonction :

Amplifier l'effort du conducteur.

b/ Constitution :



1	Tige de poussée	7	Piston moteur
2	Piston plongeur	8	Canal de communication
3	Canal de communication	9	Clapet de communication
4	Rondelle de réaction	10	Filtre
5	Clapet anti-retour	A	Chambre arrière
6	Ressort de rappel	B	Chambre avant

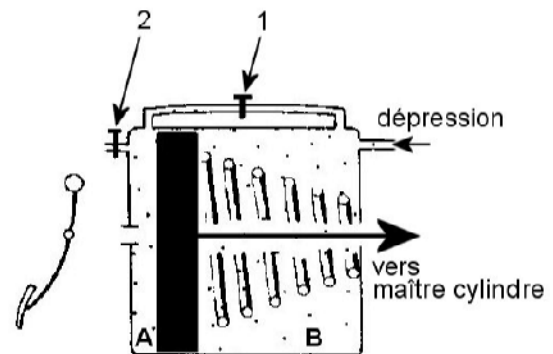
c/ Principe de fonctionnement :

Phase repos

Le clapet de communication (1) est ouvert, le clapet de pression atmosphérique (2) est fermé.
Les chambres avant (B) et arrière (A) sont soumises à la pression moteur et le ressort repousse le piston vers l'arrière.

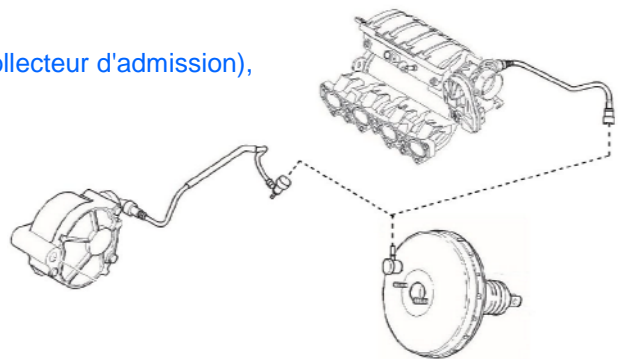
Phase d'action

Le clapet (1) est fermé, le clapet (2) est ouvert.
La chambre A est soumise à la pression atmosphérique, la chambre B à une "dépression" d'où le déséquilibre du piston et "l'assistance" de l'effort à la pédale.



Origine de la dépression :

- Pour un moteur essence : [pression moteur \(collecteur d'admission\)](#),
- Pour un moteur diesel : [pompe à vide](#).

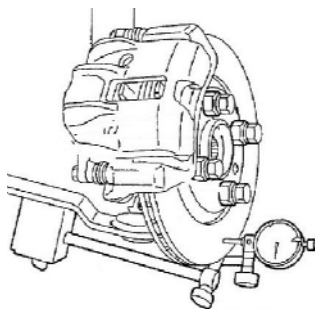


7/ Maintenance

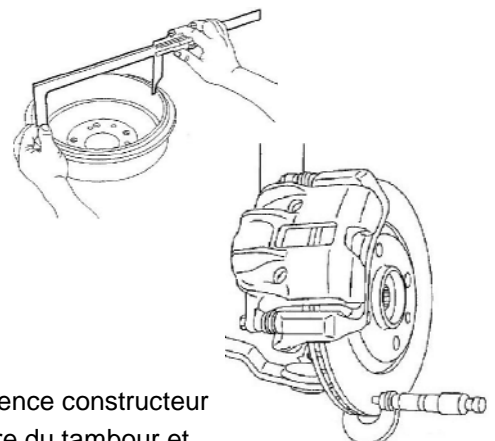
7.1/ Contrôle du circuit de freinage

Les canalisations de freins doivent être inspectées à chaque montée du véhicule sur un pont élévateur. Les flexibles doivent retenir une attention plus particulière. Les contrôles visuels porteront sur l'absence de fuite, de fissures, d'hernies et de chocs.

7.2/ Contrôles des pièces d'usure



L'épaisseur des plaquettes et des segments ainsi que le diamètre intérieur du tambour sont mesurés avec un pied à coulisse. L'épaisseur du disque est mesurée avec un micromètre. Le voile du disque est mesuré avec un comparateur.



Chaque mesure effectuée est comparée à une valeur de référence constructeur (valeur mini pour les épaisseurs et valeur maxi pour le diamètre du tambour et le voile du disque) pour déterminer les éléments à remplacer.

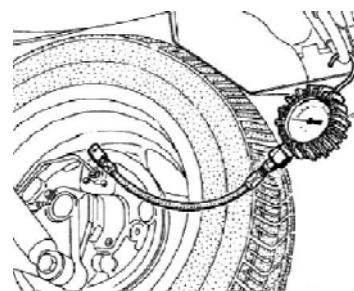
Nota : [Tous les éléments d'usure se changent par paire](#).

Nota : [Le remplacement des disques impose le montage d'un jeu de plaquettes neuves](#).

7.3/ Contrôle de la pression de freinage

Pour contrôler la pression sur chaque récepteur, il faut brancher sur les vis de purge des manomètres.

Nota : Cette intervention permet de vérifier la bonne répartition de la pression et le réglage du correcteur de freinage (si réglable).



7.4/ Purge du circuit de freinage

À chaque ouverture du circuit (ouverture d'un raccord), il est impératif de chasser l'air du circuit en le purgeant.

Cette intervention doit se faire seul à l'aide d'un appareil de purge ou éventuellement à deux (méthode dite "à la pédale").

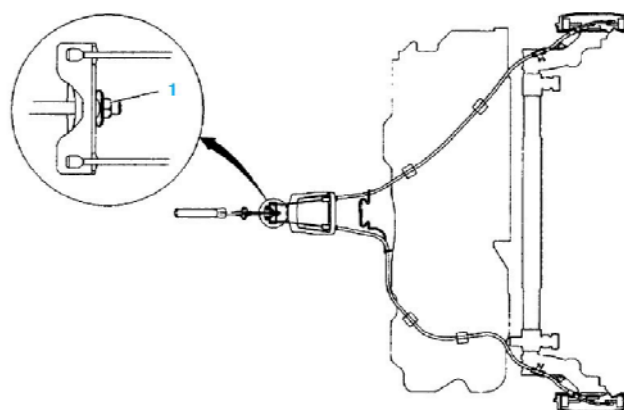
Nota : Respecter l'ordre de purge préconisé par le constructeur.

Nota : Le liquide de frein doit être remplacé environ tous les ans (DOT 5.1) ou tous les deux ans (DOT 4).

7.5/ Réglage du frein à main

Après chaque dépose des garnitures, des câbles ou du levier (le frein à main étant le plus souvent sur les freins arrière), il sera nécessaire de régler la tension des câbles du frein à main.

Nota : Le réglage s'effectue le plus souvent au niveau du palonnier soit dans l'habitacle soit sous le véhicule.



8/ Autres solutions technologiques

Actuellement, tous les systèmes tendent à être gérés par un calculateur. Les systèmes de freinage récents sont tous des systèmes antiblocage de roues de type "ABS".

De même, certains véhicules sont équipés de frein de stationnement électrique et automatique (ex : Espace IV, Scenic II).