

# S O M M A I R E

## Freinage assisté (première partie) page 2

• Freinage et hydraulique page 2

• Le doseur-compensateur page 4

• L'étrier de freinage avant page 6

• L'accumulateur de freinage page 9

## l'ABS (deuxième partie) page 11

• Le B.A.BA de l'ABS page 11

• Le bloc hydraulique Xantia page 12

• Le bloc hydraulique XM page 14

• Les électrovannes page 14

• Le calculateur électronique page 17

# S O M M A I R E

# FREINAGE ASSISTÉ ET ABS

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

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

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





Fabrication de pièces de freinage (Citroën Espagne).



## FREINAGE ASSISTÉ

### FREINAGE ET HYDRAULIQUE

#### L'hydraulique, pour un freinage sûr, un freinage simple.

Le freinage s'obtient par frottement entre une partie fixe du véhicule et un disque qui tourne avec la roue.

Autrefois, l'action du conducteur sur la pédale était transmise aux freins au moyen de câbles et de tringles. En plus de l'effort humain sollicité, il était difficile d'ajuster uniformément les forces de freinage sur les quatre roues.

Alors, quoi de plus judicieux que de seconder la mécanique par l'hydraulique !

Comme pour la direction assistée, l'énergie hydraulique est exploitée pour diminuer les efforts du conducteur.

Gain de confort... gain de sécurité !

Le déclenchement du freinage (la pression sur la pédale n'exige que peu d'effort) va ouvrir 2 robinets (un pour chaque essieu). Ils vont permettre à la force hydraulique, issue d'une réserve sous-pression, d'assister le freinage.

On parle de **freinage assisté hydrauliquement**.

#### Doseur-compensateur, étriers et accumulateurs, les trois organes clés du freinage assisté

Un bon freinage nécessite :

- la répartition des forces de freinage proportionnelle à la charge appliquée sur chaque essieu,
- l'impossibilité de blocage d'une ou des 2 roues arrière du véhicule, avant celui des roues avant, même en cas de freinage violent,
- l'adaptation de la puissance et de la répartition du freinage aux variations dynamiques de la charge sur les essieux.

Ces impératifs nous amènent à introduire un système de correction et donc, un nouvel organe : le doseur-compensateur.

Le **doseur-compensateur** contrôle l'alimentation en liquide sous-pression des étriers de freins.

Les **étriers de frein AV** utilisent la pression issue de la source de pression. A l'arrière, ils sont alimentés par la suspension hydropneumatique et sont ainsi directement asservis à la charge que supporte le véhicule.

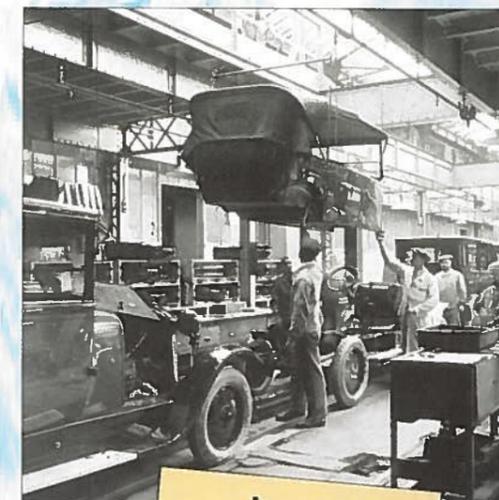
En cas de défaillance de la source principale, un **accumulateur de freinage** intervient afin de restituer le liquide sous-pression indispensable au freinage. (Cet élément initialement réservé

aux freins AV, n'était monté que sur les véhicules équipés d'une direction à assistance variable en fonction de la vitesse (DIRAVI).

#### Les cinq particularités d'un freinage assisté

- Les circuits de frein AV et AR sont séparés.
- Le circuit de frein AV est alimenté par la source de pression (réserve de pression comprise entre 145 et 170 bar).
- Le circuit de frein AR est alimenté par la suspension AR (pression de l'ordre de 70 bar).
- Le doseur-compensateur contrôle et régule l'alimentation en liquide sous-pression des 2 circuits de freinage.
- La réserve de pression en cas de défaillance de la source principale est :
  - à l'avant : soit l'accumulateur principal avec la vanne de priorité, soit l'accumulateur de freinage ;
  - à l'arrière : soit la pression de suspension, soit un accumulateur supplémentaire (anti-affaissement).

Nous allons découvrir, dans cette première partie, le fonctionnement d'un circuit hydraulique de freinage et des organes qui le constituent. La deuxième partie sera axée sur l'étude de l'ABS (ou système anti blocage).



#### Avec l'hydraulique, on freine, on gagne !

C'est un vélo qui, en 1873, connut le premier système de freins hydrauliques. Cette invention fut reprise la même année par Bayley et Rigg, pour équiper un véhicule à 4 roues. Ce type de freinage ressemblait à celui utilisé fréquemment pour les freins à main actuels. Il fallut cependant attendre la fin de la première guerre mondiale pour voir de tels systèmes produits en grande série.

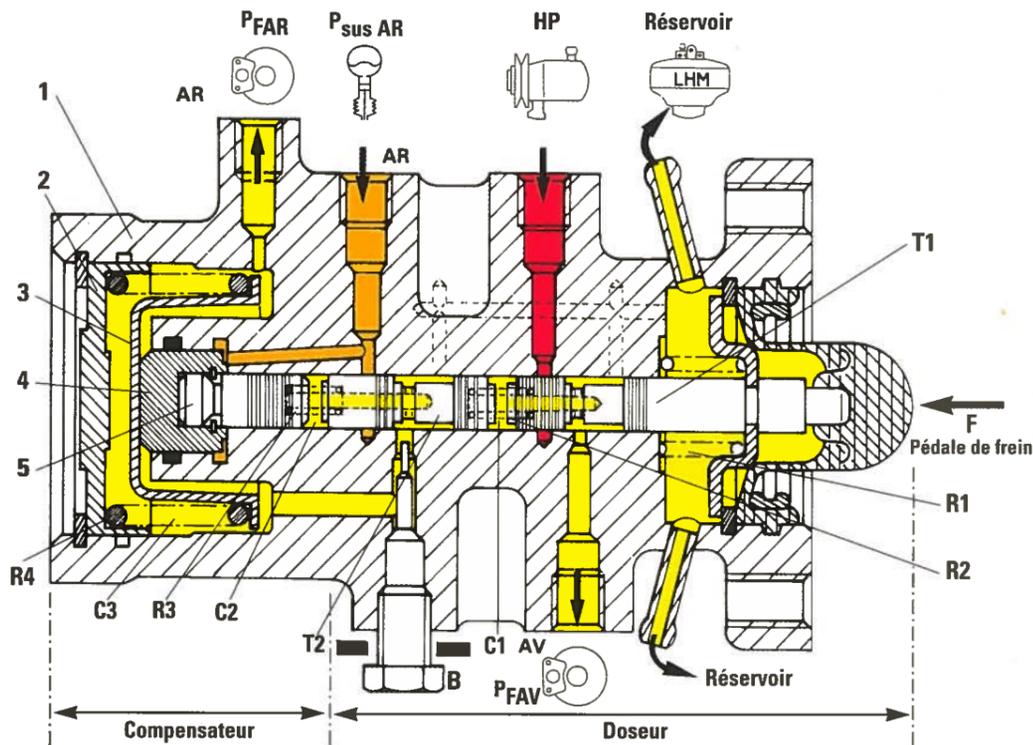
En 1921, un constructeur américain du nom de Duesenberg, adopta le freinage hydraulique sur des voitures de course. Celles-ci ne comportaient que 3 vitesses. C'était un désavantage face aux 4 vitesses de concurrents comme Ballot ou Talbot-Darracq !

Au grand prix de France, le pilote de Duesenberg, un certain Jimmy Murphy fit usage de ses freins tant et si bien que malgré les faiblesses du véhicule, il sortit vainqueur, avec une vitesse moyenne de 126 km / heure...

Les freins hydrauliques étaient les freins gagnants. Dès lors Chrysler, Moon, Triumph, Horstman en équipèrent leurs modèles. En 1930, Bendix posait les fondations de sa future renommée.

Système hybride, conjuguant l'hydraulique à l'avant et la mécanique à l'arrière, freins à tambour, freins à disques avec pression sur une face puis sur deux faces, et enfin, circuit indépendant de freinage pour les 4 roues, le système de freinage assisté n'a cessé d'évoluer vers le concept "freinage - sécurité".

Aujourd'hui, les freins hydrauliques équipent la quasi-totalité des voitures.



1/ corps du doseur-compensateur - 2/ bouchon - 3/ coupelle d'appui du ressort R4 - 4/ navette - 5/ tiroir de navette  
 T1 - Tiroir de commande des freins AV  
 T2 - Tiroir de commande des freins AR  
 R1 - R2 - R3 - Ressorts de rappel des tiroirs  
 R4 - Ressort du compensateur  
 B - Bague de repérage de couleur (différente suivant les véhicules)  
 HP - Haute-pression délivrée par la source de pression  
 C1 - Chambre soumise à P\_FAV (pression de freinage AV)  
 C2 - Chambre soumise à P\_FAR (pression de freinage AR)  
 C3 - Chambre soumise à P\_FAR (pression de freinage AR)

## LE DOSEUR-COMPENSATEUR A 3 TIROIRS



### Le doseur-compensateur : doser et compenser

Le doseur-compensateur remplace à la fois le maître-cylindre et son assistance, ainsi que le compensateur de freinage. Son rôle est de :

■ **dosar la puissance de freinage.** Ainsi cette puissance transmise hydrauliquement est proportionnellement répartie sur les trains avant et arrière (le conducteur contrôle avec facilité la force du freinage),

■ **compenser les variations de charge statique et dynamique** que subit le véhicule afin de conserver des caractéristiques optimales de freinage.

### Trois tiroirs et un rapport de forces

$$F = P \times S$$

Le doseur-compensateur fonctionne comme le régulateur de pression. Afin de bien com-

prendre les mouvements des 3 tiroirs, nous allons analyser les situations des forces et des pressions mises en jeu lors du freinage.

Ces forces sont :

- $F_{R1}$  : Force du Ressort de rappel R1 du tiroir T1,
- $F_{R2}$  : Force du Ressort d'équilibre R2 du tiroir T2,
- $F_{R3}$  : Force du Ressort d'équilibre R3 du tiroir T3,
- $F_{R4}$  : Force du Ressort R4 du compensateur.

Les pressions sont :

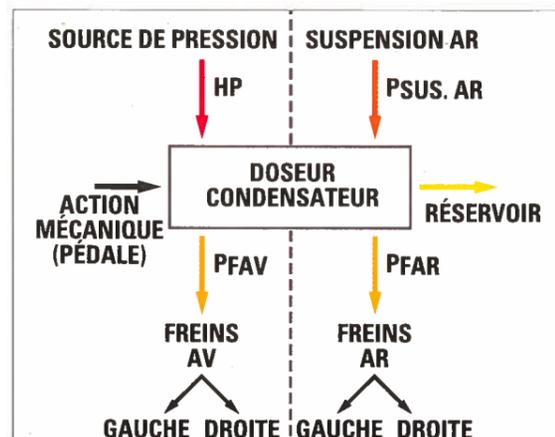
- $P_{FAV}$  = Pression de Freinage AV,
- $P_{FAR}$  = Pression de freinage AR,
- $P_{SUS AR}$  = Pression de la suspension AR.

N'oublions pas la formule où interviennent Force et Pression :  $F = P \times S$

S étant la section (ou surface) sur laquelle s'exerce la pression.

Les sections, qui nous intéressent sont :

- S : sections des tiroirs,
- SN : section annulaire de la navette.



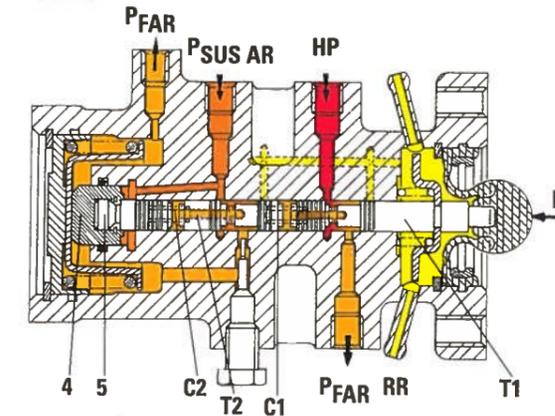
### Pas d'action sur la pédale.

Les tiroirs, maintenus par leurs ressorts de rappel et d'équilibre, sont en position neutre. La pression de suspension agit sur la navette et la plaque au fond. La navette n'effectue aucune action. Les canaux d'alimentation des freins avant et arrière sont en liaison avec le retour réservoir.

Ainsi, il n'y a pas de pression dans les circuits.



### Freinage léger : la fonction régulation de pression.



L'action sur la pédale de frein déplace le tiroir T1. Le retour réservoir est isolé. La haute-pression est alors en liaison avec les freins AV.

- La pression gagne ensuite la chambre C1 : le tiroir T2 se déplace : la pression monte dans les freins AR.

- La pression atteint ensuite la chambre C2. T1 et T2 sont repoussés vers la position neutre quand force et pression s'équilibrent.

On a alors :

- équilibre du tiroir T1

$$P_{FAV} \times S = F$$

- équilibre du tiroir T2

$$P_{FAR} \times S = P_{FAV} \times S$$

Si la force augmente, le tiroir se déplace vers la gauche et fait augmenter la pression en proportion.

Si la force F diminue, le tiroir se déplace vers la droite et fait diminuer la pression en proportion.

Equilibre de la navette (4) et de son tiroir (5) :

$$F_{R4} + (P_{FAR} \times (S + S_N)) < (P_{SUS AR} \times S_N) + (P_{FAR} \times S)$$

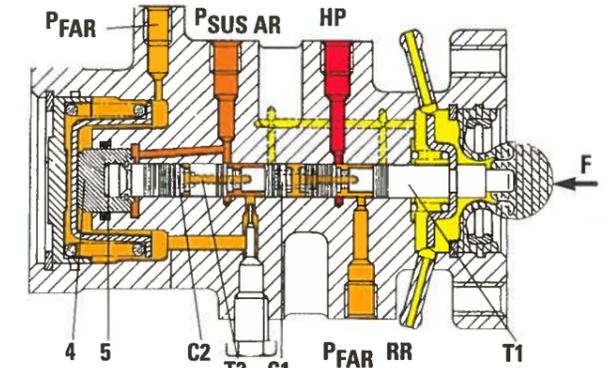
$$F_{R4} + (P_{FAR} \times S_N) < P_{SUS AR} \times S_N$$

L'ensemble navette (4) et tiroir (5) reste plaqué au fond. Il n'intervient pas sur le fonctionnement du régulateur de pression, et ce, jusqu'à ce que  $F_{R4} + (P_{FAR} \times S_N) = P_{SUS AR} \times S_N$ .



### Freinage appuyé : la fonction "compensateur".

La navette (4) et son tiroir (5) se déplacent vers la droite et viennent au contact du tiroir (T2). Ils forment un ensemble complet. Le tiroir (T2) est alors entraîné vers la droite et obture le canal d'admission qui délivrait  $P_{SUS AR}$ .



Une nouvelle position d'équilibre est atteinte.

Equilibre de la navette (4) et du tiroir (5) :

$$F_{R4} + (P_{FAR} \times S_N) = P_{SUS AR} \times S_N$$

Dès que la pression de freinage AR devient suffisante, l'ensemble navette et tiroir se déplace et vient en butée contre le tiroir T2.

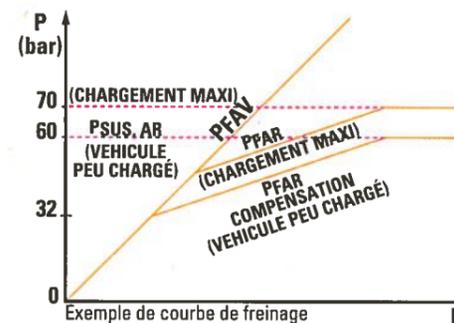
Equilibre de l'ensemble navette (4) - tiroir (5) et tiroir T2 :

$$F_{R4} + (P_{FAR} \times (S + S_N)) = (P_{SUS AR} \times S_N) + (P_{FAR} \times S)$$

$F_{R4}$  et  $P_{SUS}$  sont des valeurs fixes. On constate que ce n'est plus seulement  $P_{FAR} \times S$  mais  $P_{FAR} \times (S + S_N)$  qui résiste à la force sur la pédale. Le tiroir T2 se referme donc plus vite et la pression de freinage des roues AR évoluera moins rapidement.

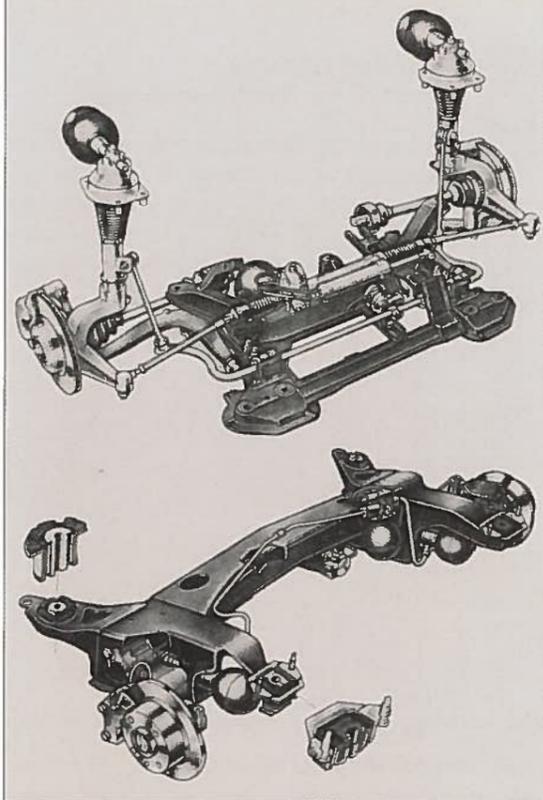
L'équilibre du tiroir T1 ne change pas : la pression de freinage des roues AV évolue toujours de la même façon. Quand la pression de freinage des roues AR atteint la pression de la suspension arrière, elle n'augmente plus. Il y a limitation.

La pression de suspension arrière augmente avec la charge du véhicule (voir cahier 3). La limitation est par conséquent automatiquement variable en fonction de la charge.



### REMARQUES PRATIQUES

Le tarage de R4 et le diamètre de la navette sont définis par construction ainsi, le passage en compensation se produit toujours à 28 bar avant la pression de suspension AR.



## L'ÉTRIER DE FREINAGE AVANT

### De la vitesse à la chaleur.

Le rôle d'un étrier de frein est de transmettre la puissance de freinage au disque, solidaire de la roue. L'étrier porte des plaquettes et leurs garnitures. Lors du freinage, ces garnitures frottent sur le disque qui tourne avec la roue. Ce frottement transforme l'énergie cinétique (due à la vitesse) en énergie calorifique (création de chaleur) qui va alors se dissiper dans l'air en circulation et par conduction.

Les étriers de freins AV flottants BENDIX sont équipés d'un seul piston et d'un mécanisme de rattrapage automatique de la course du frein à main.

Afin d'aborder l'étude précise d'un étrier de frein AV, nous allons d'abord analyser le fonctionnement de l'étrier AV modèle Bendix série 4, puis de l'étrier modèle Bendix série 5G.

### Etrier AV Modèle BENDIX Série 4

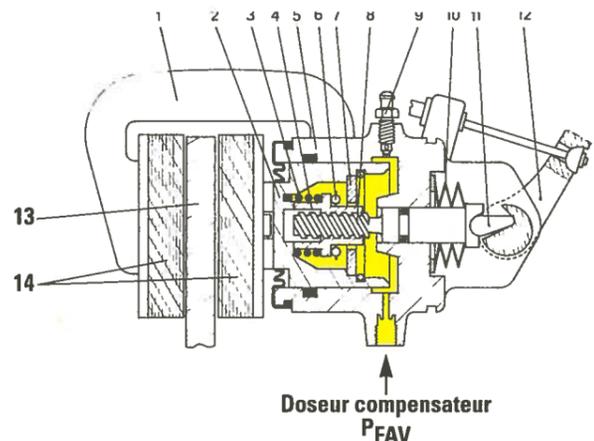
#### Regardons l'étrier.

L'étrier de frein est réalisé en 2 parties :

- un support de cylindre en fonte,
- un cylindre hydraulique en alliage léger.

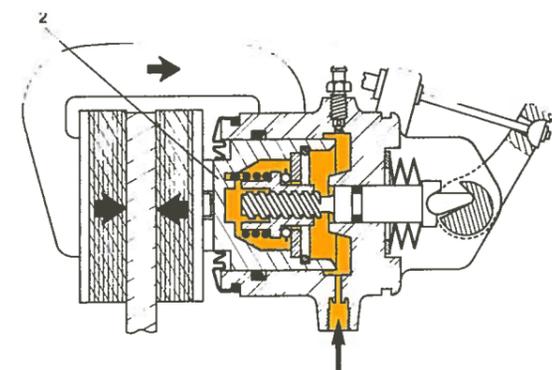
Deux colonnettes chromées fixées sur le pivot assurent le coulissement de l'étrier.

La commande de frein à main (encore appelé frein de sécurité) comporte un rattrapage de jeu automatique incorporé dans le piston.



1/ support de cylindre en fonte - 2/ piston - 3/ ressort - 4/ douille-écrou - 5/ cylindre hydraulique - 6/ butée à bille - 7/ rondelle de butée - 8/ axe fileté - 9/ vis de purge - 10/ rondelles élastiques - 11/ poussoir - 12/ levier - 13/ disque - 14/ garnitures

### L'étrier, le freinage et l'hydraulique.



#### Frein principal, on freine !

La pression  $P_{FAV}$  délivrée par le doseur-compensateur s'établit à deux niveaux :

- sur le **piston** (2) ; il se déplace et entraîne la plaquette de frein au contact du disque ;
- sur le fond de l'alésage du **cylindre** (5) ; l'étrier se déplace dans le sens inverse du piston. La deuxième plaquette vient alors s'appliquer sur le disque.

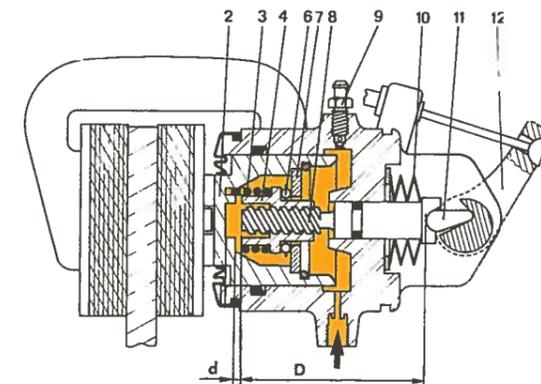


#### Frein principal, on arrête de freiner !

Lorsque cesse l'action sur la pédale de frein, les effets conjugués de l'élasticité du joint d'étanchéité et le voile du disque assurent le retrait du piston (2) et le dégagement des garnitures.

### Rattrapage automatique du jeu.

On souhaite conserver une course constante de levier de frein à main. On obtient cela par **ajustement** automatique du jeu (d) lors du freinage hydraulique. Cet ajustement est réalisé, en fonction de l'usure des plaquettes de frein, en augmentant la distance (D).



**On freine !** La pression  $P_{FAV}$  délivrée par le doseur-compensateur s'établit sur le piston (2). Il se déplace jusqu'à ce que la rondelle de butée (7) soit en contact avec la butée à bille (6).

Si les plaquettes ne sont pas en contact avec le disque (usure), le piston continue à se déplacer. La douille-écrou (4) est alors **entraînée**. Elle tourne autour de l'axe (8) grâce au sens d'enroulement des spires du ressort 3. L'axe est **immobilisé** en rotation par l'ensemble poussoir (11) et levier (12) du frein à main. Cette rotation de la douille-écrou permet d'augmenter la distance D.

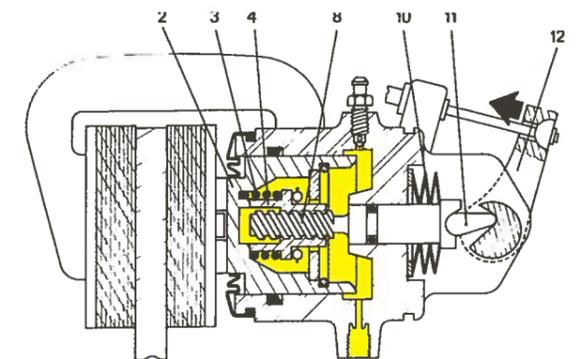


**On arrête de freiner !** La pression baisse. Le ressort, qui avait subi la rotation de la douille-écrou autour de l'axe, tend à revenir à sa position initiale : il est sollicité dans le sens d'enroulement de ses spires. Il immobilise en rotation la douille-écrou.

### Mécanique et frein à main.



**On sert le frein à main !** Le déplacement du levier (12), du poussoir (11) et de l'axe (8) entraînent la douille-écrou (4) au contact du piston (2). Celui-ci amène les garnitures en appui sur le disque. Durant cette phase, la douille-écrou (4) a tendance à se visser sur l'axe fileté (8). Cette rotation est **empêchée** par le ressort (3).



**On dessère le frein à main.** Dès que l'action sur le levier (12) cesse, les rondelles élastiques (10) ramènent l'ensemble vis (8) et douille-écrou (4) à leur position initiale.

**REMARQUE :** le bon fonctionnement du système nécessite une course morte importante du levier de frein à main.

### Etrier modèle BENDIX Série 5G

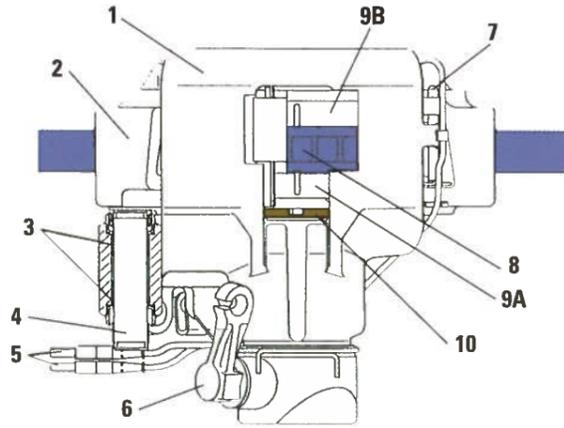
Les étriers modèle Bendix série 5G sont de type flottant et ne sont équipés que d'un piston. Ils équipent les freins AV de XANTIA et de la XM. Les étriers AR, fixes, sont de fabrication CITROËN et sont équipés de 2 pistons.

#### La chape, l'étrier et le piston.

L'étrier de ce frein se compose de trois parties principales : la chape, l'étrier, le piston.

Une colonnette assure le coulissement de l'étrier par rapport à la chape, celle-ci étant fixée sur le pivot. Un axe fixe sert à verrouiller ou déverrouiller l'étrier. Cet axe permet ainsi l'accès aux plaquettes, support des garnitures.





1/ étrier - 2/ chape - 3/ bague en téflon - 4/ colonnette  
5/ fils de témoins d'usure - 6/ levier de frein à main  
7/ axe de verrouillage - 8/ disque - 9A/ garniture  
9B/ garniture - 10/ piston (diamètre : 54 mm)

La commande de frein à main comporte également un rattrapage de jeu automatique incorporé dans le piston.

### Le rattrapage de jeu automatique et l'arrêt du freinage.

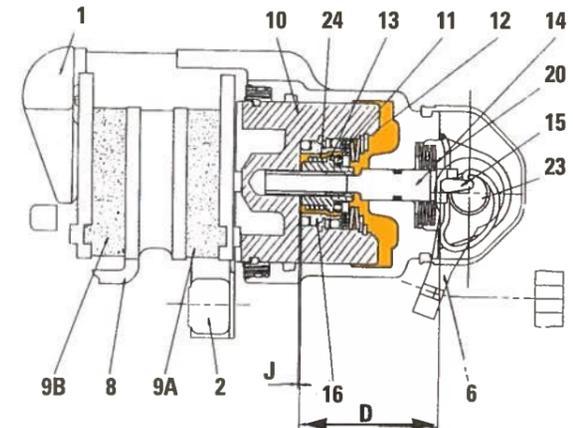
Une course de levier de frein à main constante est réalisée en augmentant la distance  $D$  en fonction de l'usure des garnitures.

Le jeu fonctionnel ( $J$ ) dépend de la pression maximum qui règne dans le circuit de freinage. De la valeur de ( $J$ ) dépend un bon

"défreinage". En effet, si le piston avance et dépasse cette valeur (du fait, entre autres, d'une déformation de l'étrier ou de la compressibilité des garnitures), il peut, lorsque la pression diminue de nouveau, venir en contact avec l'écrou de réglage. Le desserrage du frein n'est alors pas assuré.

Ainsi, pour être sûr de "défreiner", le jeu ( $J$ ) doit être important. Par conséquent, la course de commande le sera aussi.

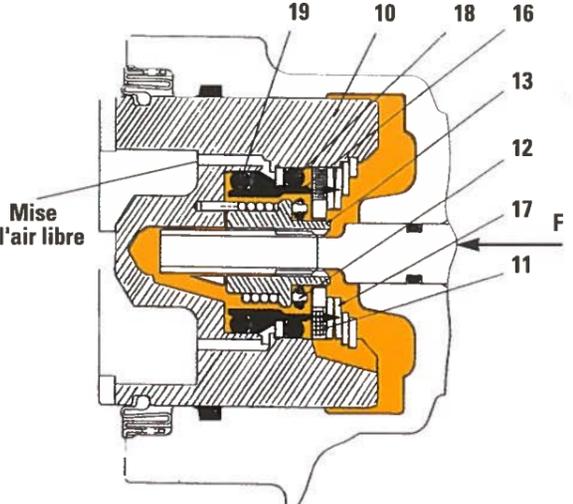
Alors, afin de diminuer la valeur de ce jeu ( $J$ ), et donc la course de la commande, un système de limitation par la pression a été incorporé dans le système de rattrapage classique.



1/ étrier - 2/ chape - 6/ levier de frein à main - 8/ disque  
9A/ garnitures - 9B/ garnitures - 10/ piston - 11/ rondelle de butée  
12/ butée à bille - 13/ écrou - 14/ axe - 15/ poussoir - 16/ piston limiteur  
20/ rondelles Belleville - 23/ axe du levier de frein à main  
24/ ressort de verrouillage.

### Le freinage hydraulique jusqu'à 40 bar.

Jusqu'à 40 bar environ, sous l'action de la pression hydraulique, le piston (10) se déplace suivant  $F$  jusqu'à ce que la rondelle de butée (11) vienne en appui sur la butée à billes (12).



10/ piston - 11/ rondelle de butée - 12/ butée à bille - 13/ écrou  
16/ piston limiteur - 17/ rondelles - 18-19/ joints toriques.

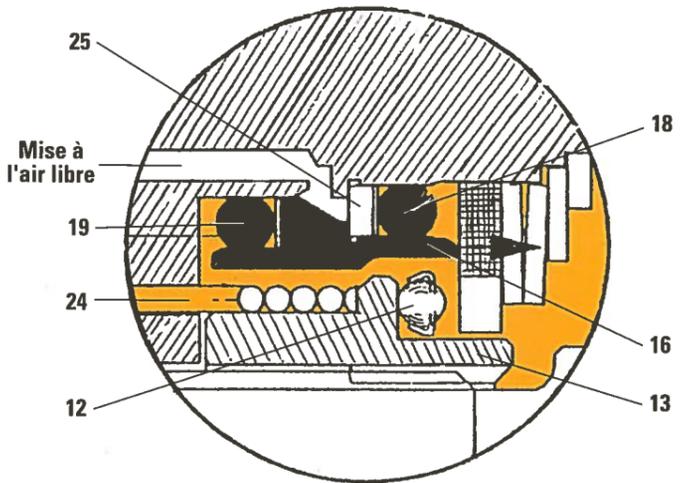
### Le freinage hydraulique après 40 bar.

Si cette première course ne provoque pas un freinage suffisant, le piston continue à se déplacer, entraînant l'écrou (13) (par l'intermédiaire de la rondelle de butée et de la butée à bille).

Pour se déplacer axialement, l'écrou doit tourner autour de l'axe (14). L'axe est immobilisé en rotation par le poussoir (15) du levier (6) du frein à main. La rotation de l'écrou n'est donc possible que si le ressort (24) le lui permet.

Or, dans ce cas, le ressort entraîné par le piston est sollicité dans le sens du déroulement de ses spires. Le ressort est solidaire du piston à une extrémité et enserme l'écrou à son autre extrémité avec ses spires. Il libère l'écrou qui peut alors tourner. Le ressort se comporte comme un cliquet sur une roue dentée, ne laissant l'écrou tourner que dans un sens. Le rattrapage automatique s'est effectué.

A partir de 40 bar, le piston différentiel (16) (ou piston limiteur) pousse la rondelle de butée (11), maintenue par des rondelles ressort (17). La rondelle se dirige vers la droite, à l'inverse du déplacement du piston. A partir de cet instant, l'écrou (13) n'est plus entraîné par le déplacement du piston.



12/ butée à bille - 13/ écrou - 16/ piston limiteur ou piston différentiel  
18, 19/ joints toriques - 24/ ressort de verrouillage - 25/ butée.

### Frein à main : le freinage mécanique.

Lors du freinage mécanique, le levier (6) pivote autour de son axe (23) et appuie sur le poussoir (15). Sous l'action de celui-ci, l'axe (14) se déplace entraînant l'écrou (13), qui pousse la garniture (9A) contre le disque par l'intermédiaire du piston (10). Par réaction, l'étrier (1) se déplace latéralement jusqu'au placage de la garniture (9B) contre le disque : le freinage est réalisé.

A l'arrêt du freinage, la tension du câble de frein à main est relâchée. Le levier (6) reprend sa position initiale grâce à l'action de rappel exercée par les rondelles élastiques (20).

### L'ACCUMULATEUR DE FREINAGE



L'accumulateur de freinage intervient lors de défaillance de la source principale. Il restitue du liquide sous-pression pour permettre l'alimentation des étriers de frein avant.

Sa conception et son fonctionnement sont identiques à ceux de l'accumulateur principal de la source de pression décrit dans le cahier n°2.

Il est monté en série entre le joncteur-dijoncteur et la vanne de sécurité.

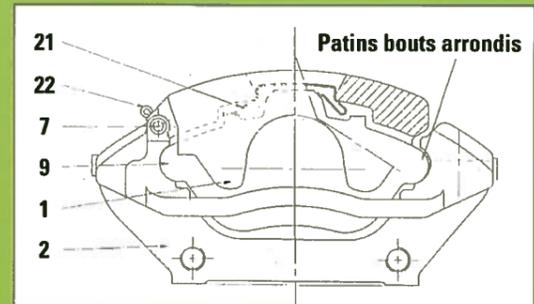
Si le moteur s'arrête ou si la source de pression tombe en panne, cet accumulateur contient un volume de liquide sous-pression suffisant pour permettre l'arrêt d'urgence du véhicule.

Cet accumulateur de freinage se contrôle comme un accumulateur principal. Il équipe les XM avec DIRAVI (voir cahier 5).

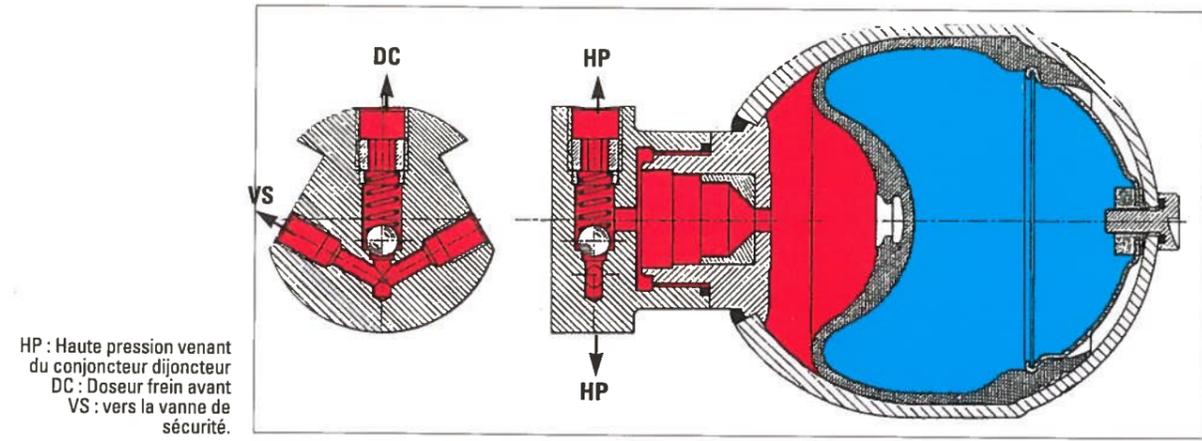
REMARQUE PRATIQUE

### Les avantages techniques du frein BENDIX :

- coulissement de l'étrier sur une colonnette par l'intermédiaire de 2 bagues en Téflon,
- colonnette fixée sur la chape pour permettre un diamètre du disque maximum,
- patins à bouts arrondis sur des appuis également arrondis permettant :
  - le mouvement du patin à chaque freinage, ce qui évite la soudure par corrosion,
  - la réduction des crissements,
  - l'élimination des claquements dans les 2 sens,
  - le remplacement aisé des patins par déverrouillage de l'axe et basculement de l'étrier autour de la colonnette.



1/ étrier - 2/ chape - 7/ axe de verrouillage - 9/ garniture  
21/ ressort - 22/ épingle.



HP : Haute pression venant du joncteur dijoncteur  
DC : Doseur frein avant  
VS : vers la vanne de sécurité.

**Croisière noire, croisière jaune, les freins en voient de toutes les couleurs.**

Quoi de mieux pour roder son matériel aux plus dures conditions, et pour faire la "une" des médias, que d'organiser des croisières de plusieurs mois en Afrique ou en Chine ? André Citroën a réfléchi. Industriel de talent et pionnier de la communication, ce grand homme décide d'organiser la traversée du continent africain avec les fameuses autochenilles Citroën K. C'est la croisière noire. Elle va s'étendre d'octobre 1924 à juin 1925. Chaque minute sera retransmise par radio, et par journaux pour une France curieuse et attentive. L'exploration Citroën fascine. Alors André Citroën songe à faire encore plus fort : la traversée du continent asiatique. Le 17 mars 1931, le groupe Pamir embarque à Marseille pour Berouth, avec 6 autochenilles C4 et une six cylindres P 14, la voiture radio. Commence alors une véritable épopée mécanique dans un paysage grandiose ou nulle route n'est encore tracée. Mais les populations chinoises, qui considèrent cette expédition comme une mission militaire s'avèrent hostiles. De plus, aux difficultés naturelles viennent se greffer des problèmes techniques. Les voitures sont trop lourdes, les chenilles cassent. Au cours de la tra-

versée du désert de Gobi, nos explorateurs se trouvent confrontés à la bataille entre Musulmans et Chinois. Ils sont faits prisonniers, les véhicules pillés et récupérés par la suite grâce aux tractations entre le gouvernement Français et le gouvernement Chinois. Le danger menace de tous côtés, encore amplifié par l'hiver qui arrive. Cet hiver se passera sous -30°, avec des moteurs usés, des mécaniciens qui ne dorment plus et cinq mois de retard sur les prévisions établies. La croisière Jaune prendra fin le 12 février 1932 à Pékin. Les répercussions médiatiques en France seront gigantesques. Citroën a créé la légende.



**AIDE - MÉMOIRE**

- 1/ Le réglage optimal du système de freinage est obtenu lorsque le ..... des 4 roues intervient de façon simultanée.
- 2/ Le mécanisme de correction qui permet de s'adapter aux variations de charge du véhicule s'appelle un ..... Il est directement ..... à la charge.
- 3/ Les étriers de freins AV sont alimentés par la ....., dont l'accumulateur principal couplé au conjoncteur-disjoncteur délivre une pression comprise entre 145 et 170 bar.
- 4/ Les étriers de frein AR sont alimentés par le circuit de ..... Avec la charge, la pression du liquide dans les ..... de suspension augmente ainsi que la pression délivrée au circuit de freinage AR. La puissance de freinage à l'arrière est donc directement asservie à la .....
- 5/ Les 2 circuits de freinage, ....., sont commandés par le ....., actionné directement par la pédale de frein.
- 6/ Une panne de la ..... n'affecte pas le circuit de freinage, grâce à 2 ..... de pression qui permettent un freinage d'urgence.
- 7/ A l'avant, la réserve de pression est constituée par l'accumulateur principal de la source de pression ou par un ..... monté en série avant la vanne de priorité.
- 8/ A l'arrière, la réserve de pression est constituée par le circuit hydraulique de ..... qui contient une quantité suffisante de liquide sous-pression.
- 9/ En cas de défaillance de la source de pression, la ..... n'alimente plus que le circuit de freinage AV et la direction assistée (si elle existe). Les 2 circuits de ..... sont alors isolés.
- 10/ Lors d'un freinage, la fonction ..... intervient avant la fonction .....
- 11/ Les étriers de freins AV BENDIX SERIES 4 et 5G sont ..... et équipés d'un piston. Le piston et le cylindre sont ..... par rapport au disque de frein à la différence des étriers AR qui, sur la XANTIA et la XM, sont fixes et équipés de 2 pistons.
- 12/ Le rattrapage de jeu sert à compenser ..... des garnitures.

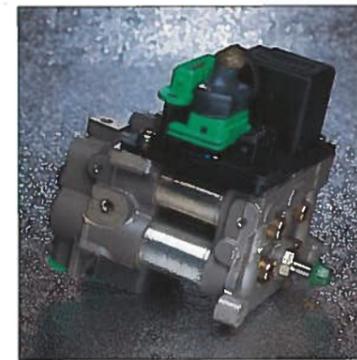
1/ blocage - 2/ compensateur - asservi - 3/ source de pression - 4/ suspension - cylindres - charge - 5/ indépendants - doseur-compensateur - 6/ source de pression - réserves - 7/ accumulateur de freinage - 8/ suspension - 9/ vanne de priorité - suspension - 10/ doseur - compensateur - 11/ flottants - mobiles - 12/ l'usure

**L'ABS : SYSTEME D'ANTIBLOCCAGE**

**LE B.A. BA DE L'ABS**

Les véhicules disposent aujourd'hui de systèmes de freinage fiables et performants. Néanmoins, dans des cas limites ou sous l'effet de la surprise, le réflexe du conducteur est d'appuyer fortement sur la pédale de frein, sans doser son effort. L'ABS va effectuer ce dosage.

**Sans ABS : freinage violent ? Les roues se bloquent**



Lors d'un freinage trop violent, le blocage des roues peut avoir des conséquences dramatiques :

- la distance de freinage augmente,
- le guidage latéral du véhicule est annulé,
- la stabilité du véhicule n'est plus assurée,
- des roues avant bloquées perdent leur pouvoir directeur et le véhicule fait un "tout droit".

Même un conducteur entraîné ne peut, dans une situation limite, exercer de contrôle sur la nature et l'intensité de son action de freinage.

Seul un système de régulation automatique peut éviter le blocage des roues :

**l'ABS,**

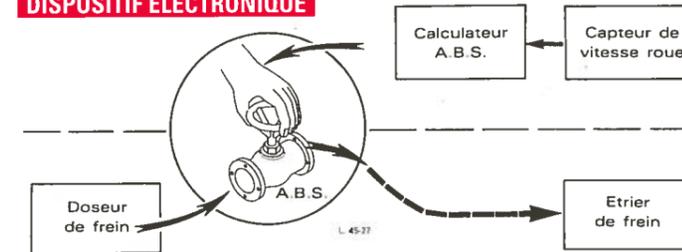
**Système d'AntiBlocage (de l'allemand AntiBlockierSystem).**

**ABS : l'intelligence de l'électronique et la force de l'hydraulique**

Il existe une solution pour éviter le blocage d'une roue, lorsque la pression de freinage est importante : disposer d'un organe de modulation dans le circuit de freinage traditionnel.

Cet élément modulateur de pression peut être une vanne hydraulique commandée électriquement par un **calculateur électronique**. Un capteur associé à la roue délivre en permanence les "informations freinage" au calculateur. Véritable "cerveau" du dispositif, le calculateur contrôle ainsi en permanence le bon déroulement du freinage.

**DISPOSITIF ELECTRONIQUE**



**DISPOSITIF HYDRAULIQUE**

L'ABS "pense" le freinage en associant l'intelligence de l'électronique avec la force de l'hydraulique.

Un système d'antiblocage des roues doit répondre à certains principes :

- deux roues au minimum d'un véhicule doivent être contrôlées séparément,
- l'ABS ne doit pas influencer ni sur le maintien de la manoeuvrabilité, ni sur la tenue de route lors du freinage,
- sur une courte distance d'arrêt, on doit pouvoir disposer d'un temps de réponse immédiat et d'une utilisation optimale de l'adhérence,
- en cas de défaillance du système d'antiblocage et, quelqu'en soit la cause, le freinage traditionnel doit être conservé ; ainsi la sécurité reste parfaite.

De plus, une lampe témoin sur la planche de bord doit avertir le conducteur de l'existence d'un incident.

**ABS : Electronique et électrovannes**

L'ABS permet de moduler la pression de freinage en fonction de l'adhérence des roues, sans intervention du conducteur. A cet effet, plusieurs organes composent le système hydraulique :

- **4 roues dentées** appelées "roues phoniques" :
  - à l'avant, les roues dentées sont montées serrées ou usinées sur le bol des joints homocinétiques de transmission,
  - à l'arrière, les roues dentées sont montées serrées sur les moyeux arrière,
- **4 capteurs** de vitesse des roues (les éléments de surveillance) qui "lisent" la vitesse des roues phoniques,
- **un calculateur** électronique à microprocesseurs (le cerveau),
- **un bloc hydraulique** (le régulateur de la pression de freinage) composé de :
  - 6 électrovannes (XANTIA système ATE MK4)
  - 3 électrovannes d'admission,
  - 3 électrovannes d'échappement. ...**OU**

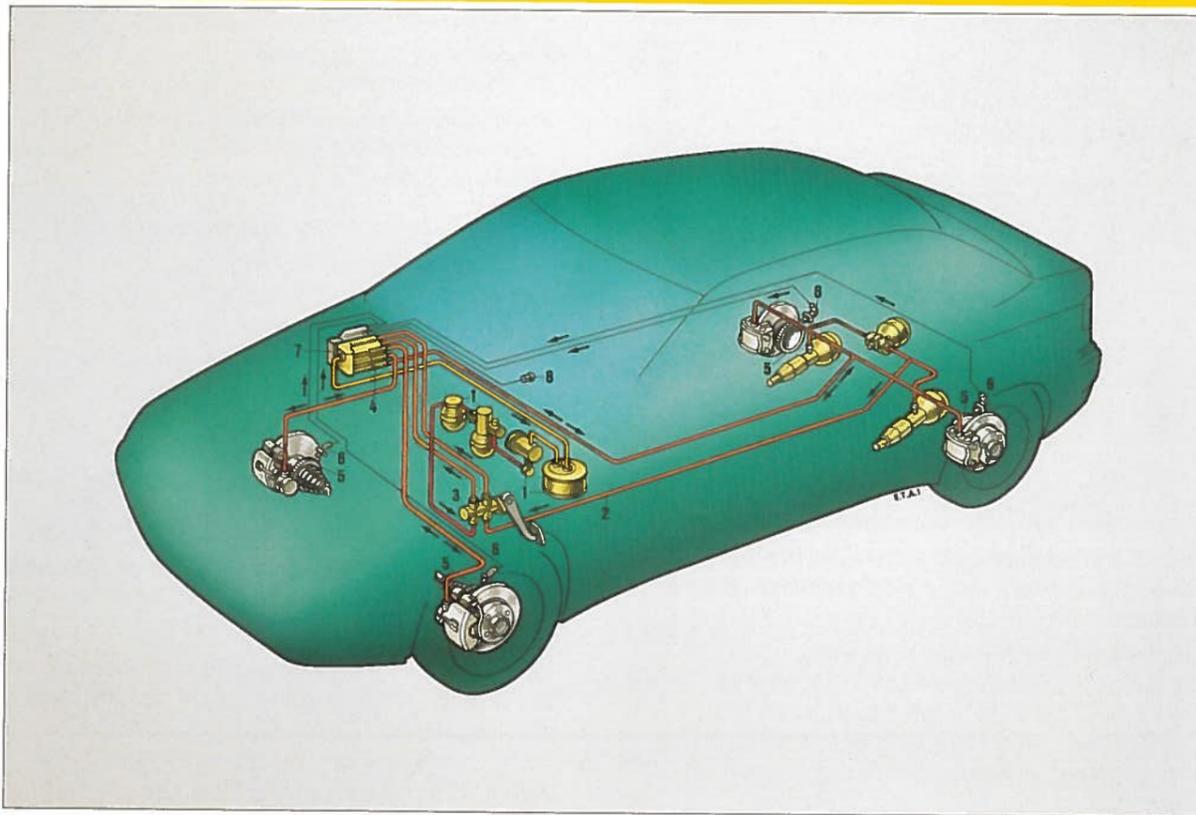
... 5 électrovannes (XM système Bendix) :

- AV : 2 électrovannes d'admission-échappement couplées à 2 électrovannes de restriction
- AR : 1 électrovanne admission-échappement
- un relais de sécurité,
- un voyant de contrôle,

- une prise d'autodiagnostic (pour la maintenance du système).

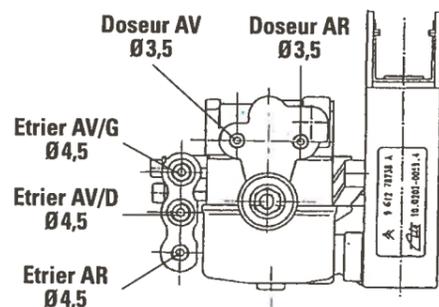
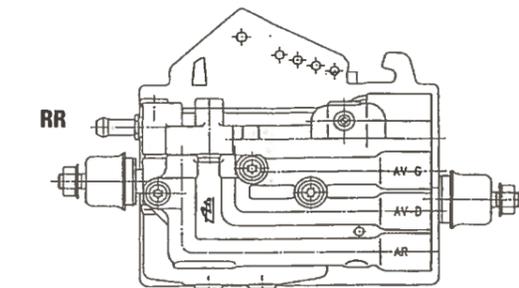
Nous allons maintenant analyser l'organisation du bloc hydraulique, d'une part sur XANTIA, d'autre part sur XM, avant d'aborder l'étude des organes propres à l'ABS : les électrovannes et le calculateur électronique.

**LE BLOC HYDRAULIQUE DE XANTIA**



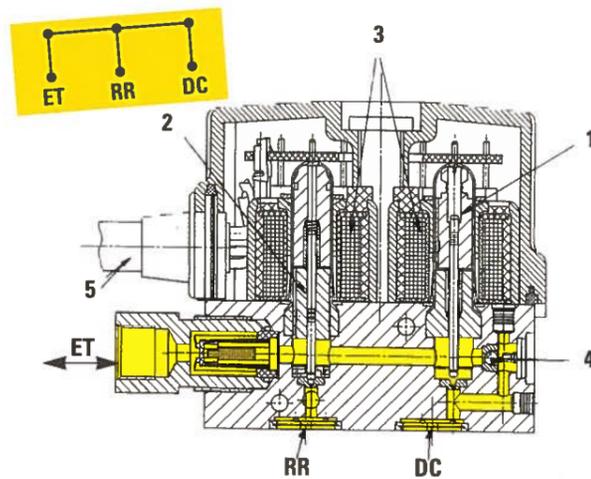
1/ réserve de pression vers les freins av - 2/ circuit de suspension ar. vers les freins ar. - 3/ doseur-compensateur - 4/ bloc hydraulique  
5/ roue dentée - 6/ capteur - 7/ calculateur électronique - 8/ témoin lumineux

**Raccordements sur le bloc hydraulique**



**Les électrovannes**

2 électrovannes, 3 liaisons hydrauliques.

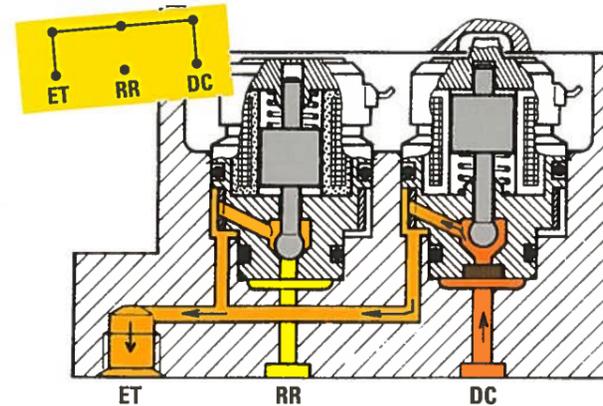


1/ électrovanne d'admission - 2/ électrovanne d'échappement - 3/ bobinages - 4/ clapet de défreinage - 5/ connecteur électrique  
Liaisons hydrauliques : DC/ Arrivée du doseur-compensateur, RR/ Retour au réservoir, ET/ Alimentation de l'étrier

**Electrovanne d'admission et électrovanne d'échappement, en 3 phases.**



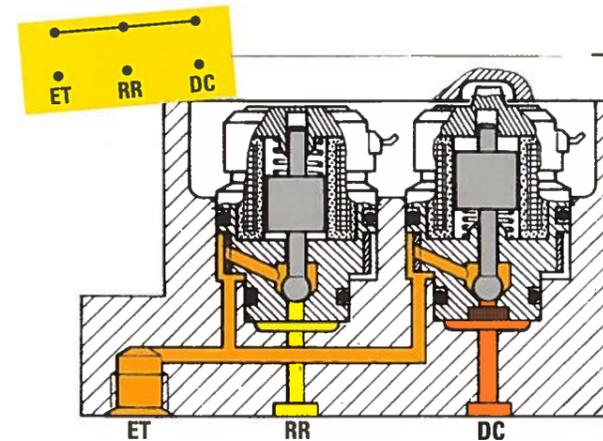
**Stop, on freine !** L'électrovanne d'échappement est fermée : le circuit de retour au réservoir se trouve obturé. Les freins sont alimentés normalement par la soupape d'admission : celle-ci est ouverte. C'est un freinage conventionnel.



Electrovanne d'admission : Ouverte  
Electrovanne d'échappement : Fermée

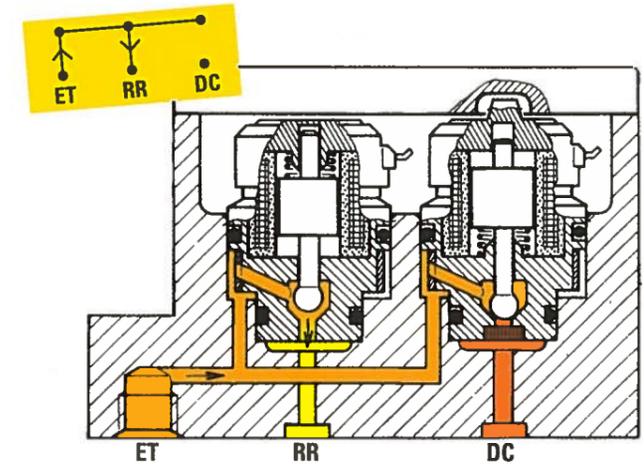
Lors d'une défaillance du système d'ABS, le circuit de freinage se retrouvera toujours dans cette position.

**Maintien de la pression.** Afin de maintenir un freinage constant (sans augmentation de pression), les 2 électrovannes sont en position fermée. Le circuit d'alimentation n'est pas lié au circuit d'admission. La pression d'alimentation des freins est constante.



Electrovanne d'admission : Fermée  
Electrovanne d'échappement : Fermée

**Diminution de la pression et retour au réservoir.** Dans cette phase, on diminue la pression de freinage au niveau des étriers en ouvrant le retour au réservoir : la soupape d'admission reste fermée.



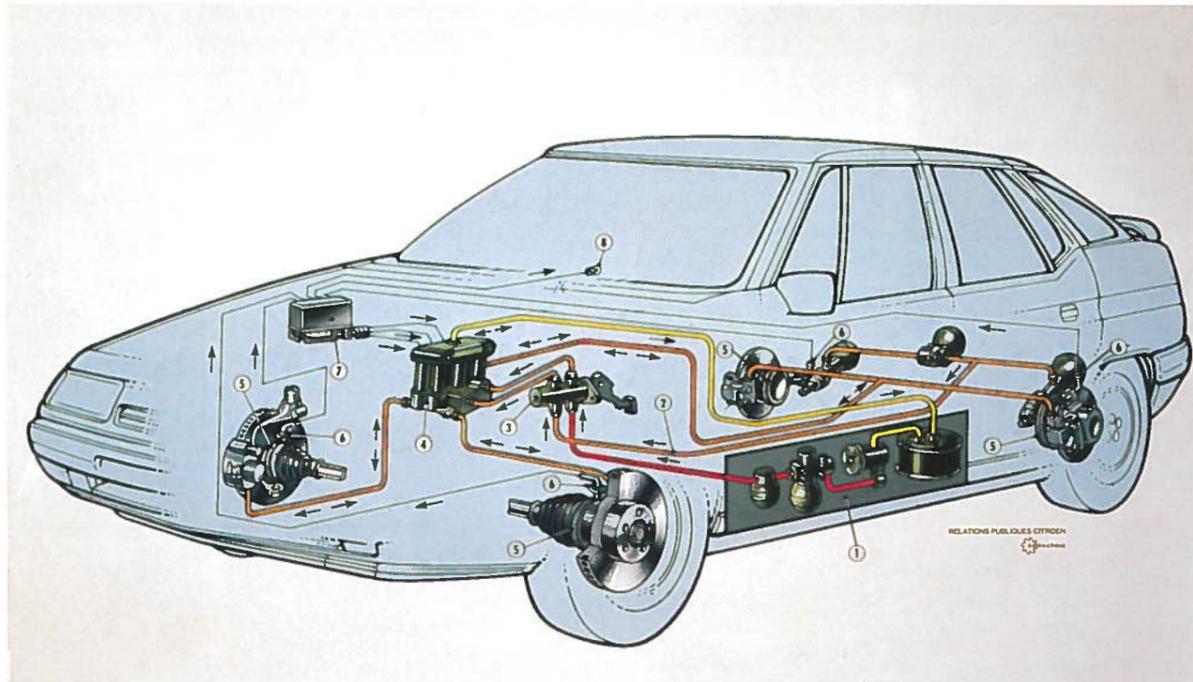
Electrovanne d'admission : fermée  
Electrovanne d'échappement : Ouverte



COIN EXPERT

**ABS : confort mais pas sport ?**

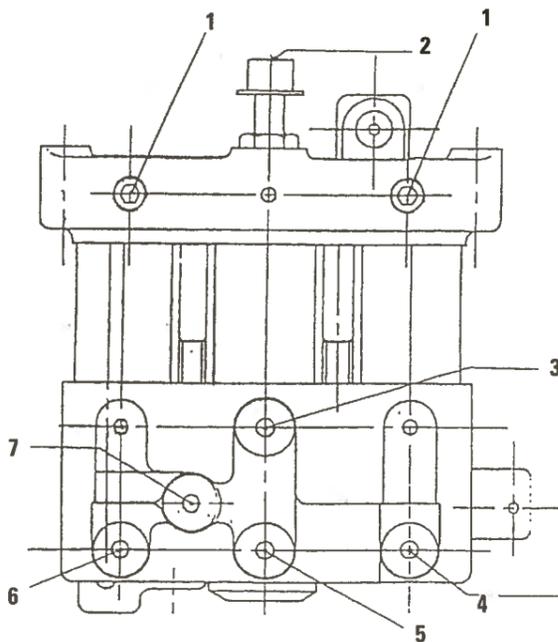
L'ABS, c'est pour les routières, pas pour les sportives ! Voyez son utilisation peu agréable et son efficacité douteuse... A ses débuts, l'ABS attire les critiques. Et puis, lorsque les mises au point en sont au stade du perfectionnement, l'ABS commence à retenir l'attention : l'ABS apporte un gain important au freinage. Progressivement, les championnats de tourisme l'adoptent, et la Formule 1 se laisse séduire. Alors pas sportif, l'ABS !



1/ source de pression - 2/ pression de suspension arrière - 3/ doseur-compensateur - 4/ bloc hydraulique - 5/ roue dentée - 6/ capteur de vitesse de la roue  
7/ calculateur - 8/ voyant de contrôle.

## LE BLOC HYDRAULIQUE DE LA XM

### Raccordements sur le bloc hydraulique



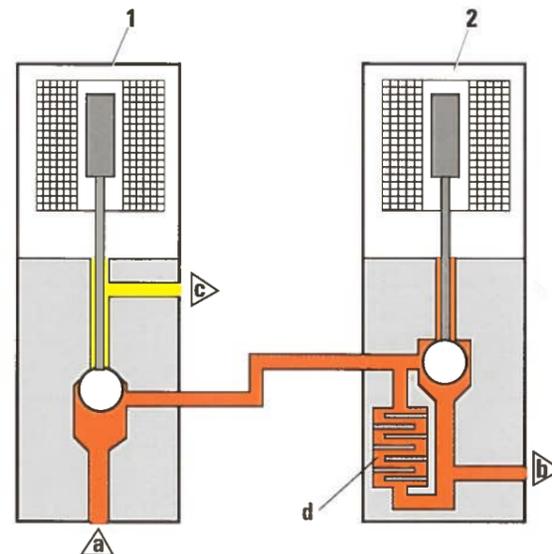
1/ vis de purge - 2/ retour - 3/ frein AR (diamètre : 4,5 mm) - 4/ frein AV gauche (diamètre : 4,5 mm) - 5/ doseur frein AR (diamètre : 3,5 mm)  
6/ frein AV droit (diamètre : 4,5 mm) - 7/ doseur frein AV (diamètre : 3,5 mm).

## LES ÉLECTROVANNES

### Deux électrovannes à l'avant.

L'électrovanne 1 (3 voies) ouvre ou ferme le passage de la pression vers le frein.

L'électrovanne 2 (2 voies) module la vitesse de variation de la pression.



ABS - XM Electrovanes AV

1/électrovanne Admission-échappement (3 voies) - 2/électrovanne Restrictive (2 voies) - a/admission - b/utilisation - c /échappement - d/restricteur

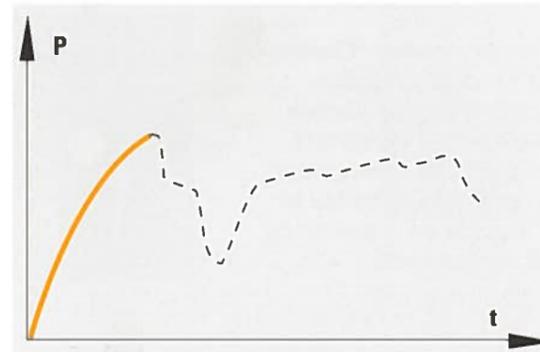
## Freins avant en action !



Stop, on freine !

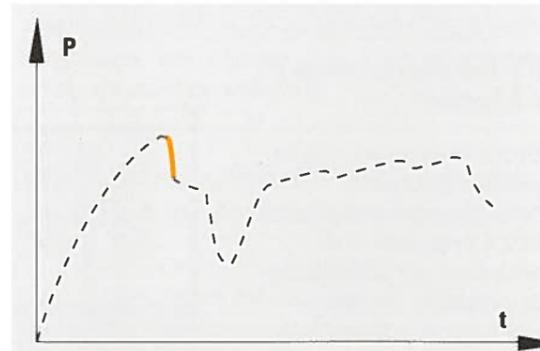
L'ABS n'intervient pas. On est en phase d'admission rapide.

Les électrovannes ne sont pas excitées : le freinage est conventionnel.



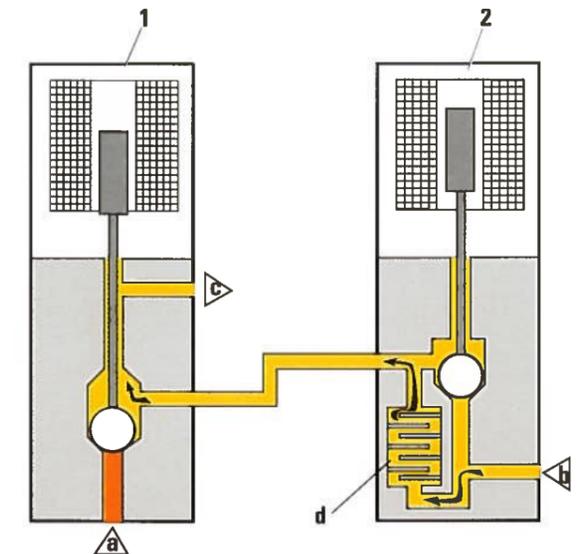
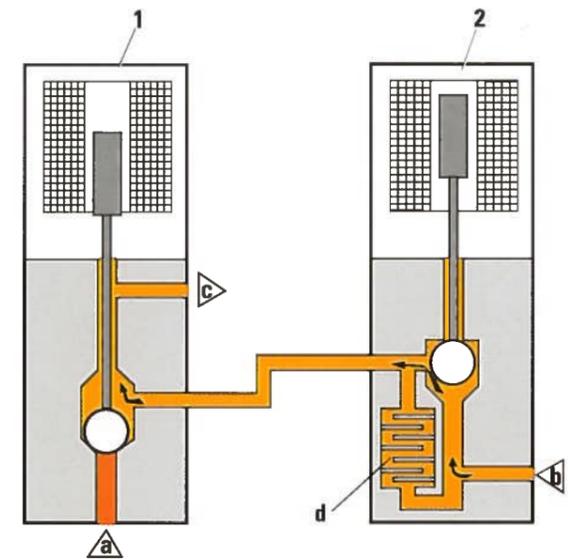
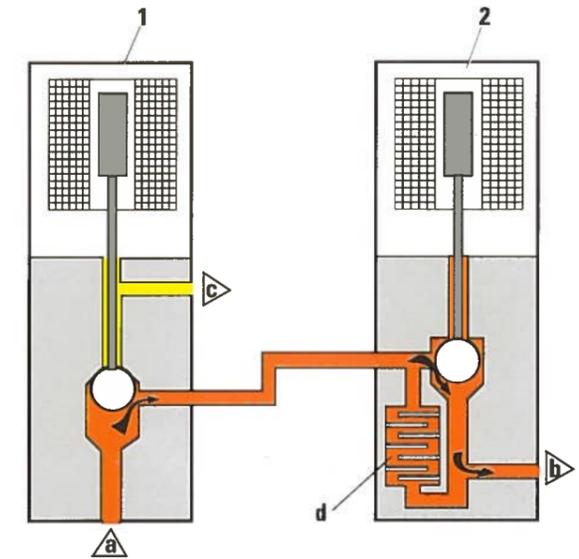
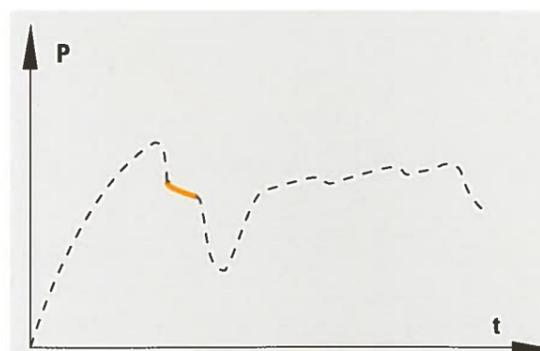
## La roue tend au blocage...

C'est la phase de **détente rapide**. L'électrovanne (1) est excitée, l'admission (a) est obtenue, la pression ne passe pas. Le circuit de frein (b) est en communication avec le circuit de retour (c) au réservoir : la pression chute rapidement.



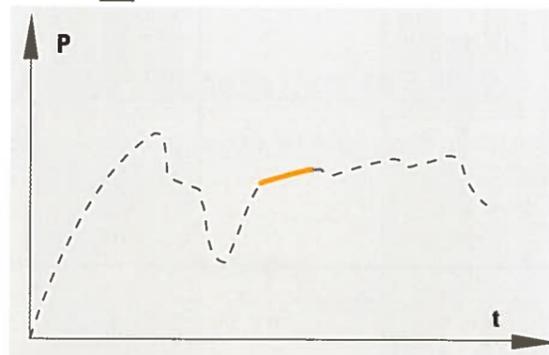
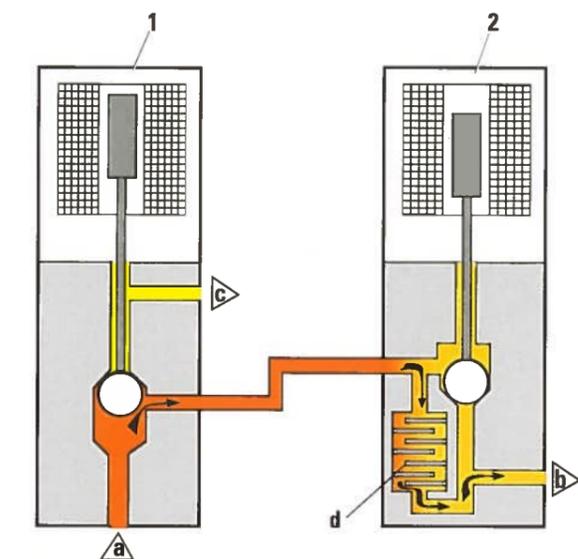
## Progressivement, la roue est relancée...

On arrive en phase de **détente lente**. Les 2 électrovannes sont excitées. Les circuits (b) et (c) sont en communication par l'intermédiaire du restricteur (d). Celui-ci freine le passage du liquide et ralentit le retour au réservoir.



## Le freinage reprend par palier

C'est la dernière étape : l'**admission lente**. Seule l'électrovanne restrictive (2) est excitée. L'arrivée de la pression se fait donc par l'intermédiaire du restricteur qui freine le passage du liquide et ralentit la montée en pression.

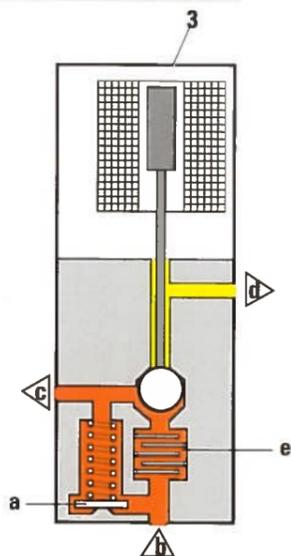


## Une électrovanne à l'arrière

Les freins arrière sont pilotés par une électrovanne 3 voies avec restricteur.

### ABS - XM

3/ électrovanne Admission - échappement - Restrictive  
a/ clapet  
b/ admission  
c/ utilisation  
d/ retour échappement  
e/ restricteur

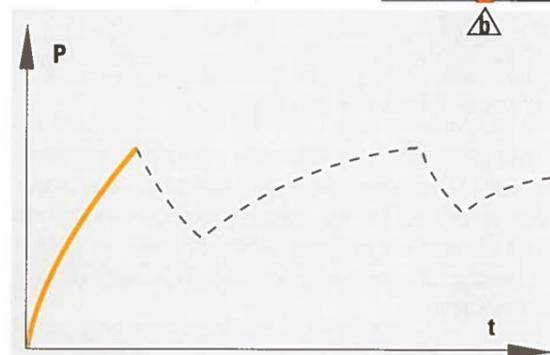


## Freinage, arrière toute !



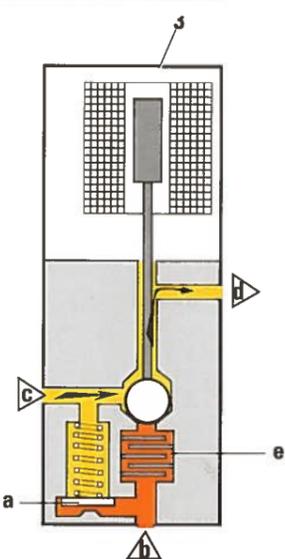
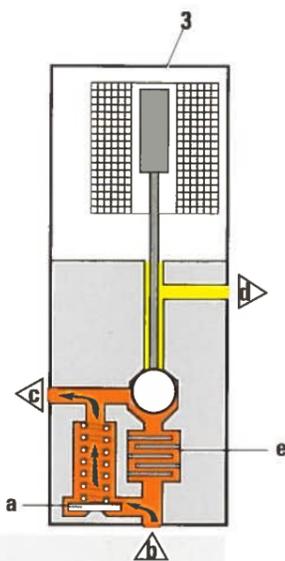
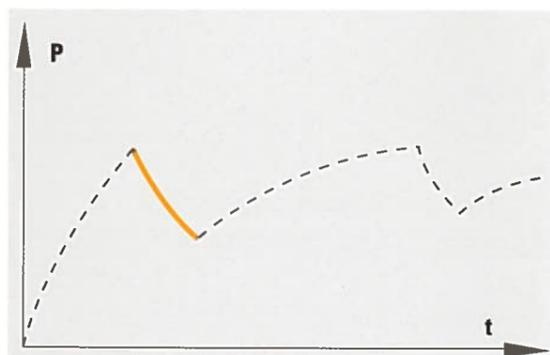
### Freinage sans intervention de l'ABS.

**Première phase : l'admission rapide.** L'électrovanne n'est pas excitée. Le clapet (a) est ouvert. Le circuit de freinage est directement alimenté et la montée en pression se fait rapidement.



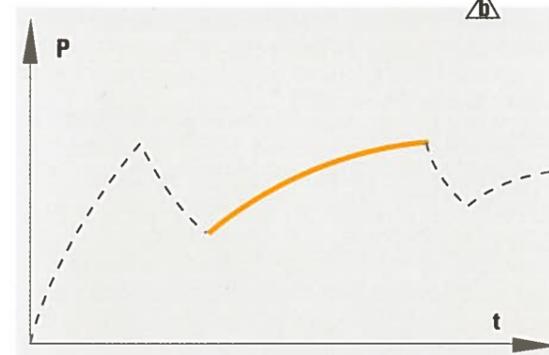
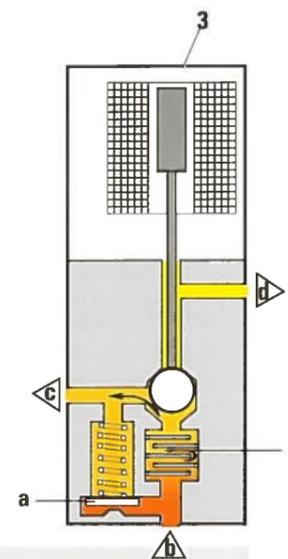
### La roue commence à se bloquer.

Nous sommes en phase de **détente rapide**. L'électrovanne est excitée. La pression d'alimentation est supérieure à la pression de retour au réservoir et à la force du ressort : le clapet remonte et se ferme. Les circuits de freins (c) et de retour au réservoir (d) sont donc en communication : la pression chute rapidement.



## Le freinage reprend lentement.

Dernière phase **admission lente** : l'électrovanne n'est plus excitée. La pression d'alimentation est toujours supérieure à la pression d'utilisation et le clapet reste fermé. L'arrivée de liquide sous-pression se fait donc par l'intermédiaire du restricteur.



■ Ensuite, les phases 2 et 3 se poursuivent jusqu'à l'arrêt du véhicule.

## Tableaux récapitulatifs du fonctionnement du bloc hydraulique de la XM :

Une électrovanne (ou le clapet) en position **repos** est repérée : 0  
Une électrovanne (ou le clapet) **excitée** est repérée : 1

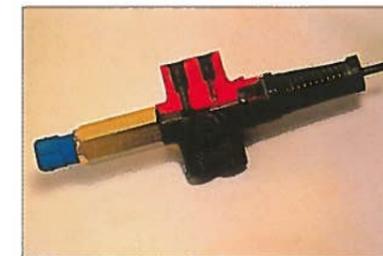
### Circuit de freinage AV :

Pression de freinage Phase	Electrovanne 1	Electrovanne 2	Parcours du liquide
1 - montée rapide	0	0	a → b
2 - chute rapide	1	0	b → c
3 - chute lente	1	1	b → d → c
4 - montée lente	0	1	a → d → b

### Circuit de freinage AR :

Pression de freinage Phase	Electrovanne 3	Clapet a	Parcours du liquide
1 - montée rapide	0	0	b → a → c
2 - détente rapide	1	1	c → d
3 - admission lente	0	1	b → e → c

## LE CALCULATEUR ÉLECTRONIQUE



### Deux microprocesseurs pour bien analyser

Les signaux émis par les capteurs de vitesse sont réceptionnés par le calculateur. Le calculateur connaît ainsi à tout moment la **vitesse instantanée** de chaque roue.

Avec ces renseignements, le calculateur établit une **vitesse de référence** du véhicule.

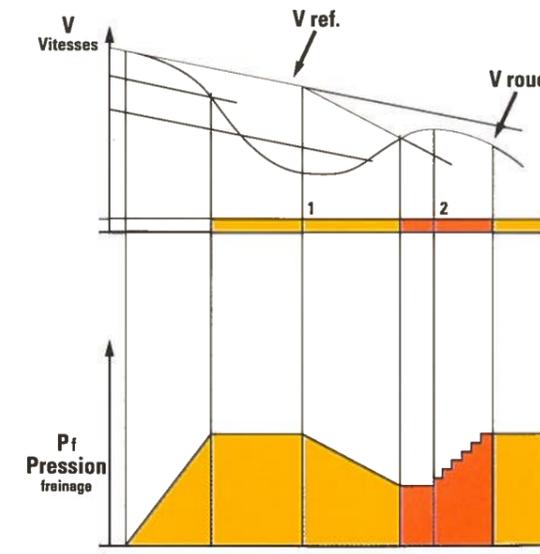
Il compare ensuite les vitesses de chaque roue avec cette vitesse de référence : il détermine alors si les roues sont en **accélération** (patinage) ou en **décélération** (freinage).

Ce calculateur comprend deux **microprocesseurs** : le microprocesseur principal assure les calculs et le contrôle de l'installation. Le second possède une logique indépendante. Il vérifie la **cohérence** des signaux reçus et émis par le microprocesseur principal.

Le calculateur est programmé pour **moduler la pression hydraulique** dans les étriers de frein.

Il **régule** donc la vitesse de la roue selon le principe général que nous allons voir maintenant.

### Le calculateur module pour Xantia





**Le freinage jusqu'à un certain seuil.** Sous l'action du conducteur, la pression dans le circuit de freinage s'élève jusqu'au moment où la vitesse de la roue passe sous le seuil défini par la vitesse de référence déterminée par le calculateur.

**Le calculateur relance la roue.**

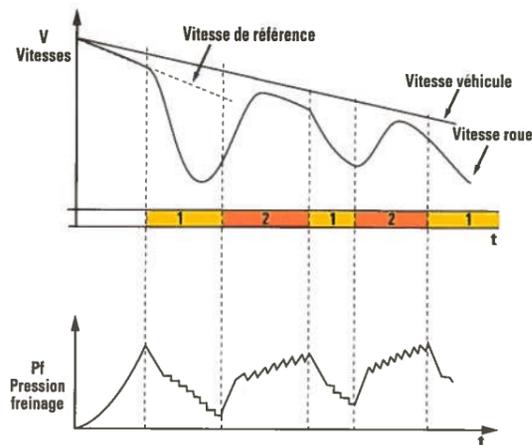
La vitesse de la roue décroît rapidement, s'écartant de la vitesse de référence. Le système provoque le "défreinage" partiel de la roue : la pression est maintenue constante, puis chute rapidement jusqu'à la relance de la roue.

**Un freinage par palier.**

La roue est relancée. La pression de freinage est maintenue constante, puis effectue une remontée par paliers successifs. Elle permet la reprise d'efficacité du freinage jusqu'à ce que la roue présente à nouveau une tendance au blocage.

• Le cycle est bouclé et le processus reprend à la phase 1. La succession des phases 1 et 2 continue jusqu'à l'arrêt du véhicule.

**Le calculateur module pour XM**



**Le freinage jusqu'à un certain seuil.** Comme dans le cas précédent, sous l'action du conducteur, la pression dans le circuit de freinage s'élève jusqu'au moment où la vitesse de la roue passe sous le seuil défini par la vitesse de référence.

**Le "défreinage" par palier**

La vitesse de la roue décroît rapidement, s'écartant de la vitesse de référence. Le système provoque le "défreinage" partiel de la roue en faisant chuter rapidement la pression (détente rapide suivie d'une succession de détentes lentes) jusqu'à la relance de la roue.

**Le freinage par palier**

La roue est relancée. La pression de freinage effectue une montée rapide suivie d'une succession de montées lentes. Ces hausses de pression permettent la reprise d'un freinage efficace par paliers successifs jusqu'à ce que la roue présente une nouvelle tendance au blocage.

Le cycle est bouclé et le processus reprend à la phase 1. La succession des phases 1 et 2 continuera jusqu'à l'arrêt du véhicule.

COIN EXPERT

**ABS : une vieille invention !**

Si aujourd'hui l'ABS fait couler beaucoup d'encre, ce système n'en reste pas moins une vieille invention : dès 1908 s'élaborent des principes visant à réguler la pression de freinage. Les années 30 voient fleurir une multitude de brevets, mais il faudra attendre 1948 pour découvrir la première application : Boeing équipe un de ses avions avec l'ABS (les avions ont énormément d'énergie à dissiper à l'atterrissage). Dunlop, en 1965, prend le relais avec la "Jensen Interceptor FF", une anglaise très sportive qui inaugure l'ABS pour l'automobile. C'est au tour de Citroën et de Bendix de développer un antiblocage pour la SM. La crise pétrolière aura raison de ce projet. Bosch innove, en 1978, avec le premier ABS électronique.

Désormais, ce système se généralisera et équipera de plus en plus de véhicules, du poids lourd au train en passant par la moto...



La Jensen "Interceptor FF" : système Maxaret, transmission intégrale, système Ferguson, moteur Chrysler V8 hémisphérique 7 litres, 225 km/h.



**A I D E - M É M O I R E**

- 1/ Lors d'un freinage violent, le blocage des roues entraîne une augmentation de la ..... de freinage, une perte de ..... du véhicule et une ..... anormale des pneus.
- 2/ L'élément modulateur de pression fait l'interface entre un "cerveau" ..... et le circuit .....
- 3/ Un système d'ABS comprend principalement 4 ..... de vitesse, un ..... électronique et un bloc .....
- 4/ Le bloc hydraulique, compact, réunit 5 ou 6 ..... qui sont les éléments modulateurs de la pression de freinage.
- 5/ Le calculateur relève à chaque instant la vitesse ..... de chaque roue et détermine une vitesse de ..... qui représente la vitesse ..... du véhicule.
- 6/ Il réalise ensuite la régulation du freinage par ..... entre la vitesse de référence et les nouvelles vitesses instantanées.
- 7/ La phase d'initialisation est une phase de ..... en pression ; lors de la phase 1, qui débute dès que le blocage d'une roue est détecté, la pression de freinage ..... jusqu'à la relance de la roue ; commence alors la phase 2 pendant laquelle la pression ..... jusqu'à un nouveau blocage et ainsi de suite.
- 8/ Le bloc hydraulique de la XANTIA est constitué par ..... électrovannes : 3 électrovannes d'admission et 3 électrovannes d'échappement, couplées 2 à 2. Chaque couple d'électrovanne commande un circuit de freinage.
- 9/ Le bloc hydraulique de la XM est constitué par ..... électrovannes. Les freins AV sont commandés par 2 électrovannes "admission-échappement" et 2 électrovannes de restriction, couplées 2 à 2. Les freins AR sont commandés par 1 électrovanne "admission-échappement".

1/ distance - contrôle - usure - 2/ électronique - hydraulique - 3/ capteurs - calculateur - hydraulique - 4/ électrovannes - 5/ instantanée - référence - réelle - 6/ comparaison - 7/ montée - diminue - 8/ 9/ 5 - 10/ 11/ 12/ 13/ 14/ 15/ 16/ 17/ 18/ 19/ 20/ 21/ 22/ 23/ 24/ 25/ 26/ 27/ 28/ 29/ 30/ 31/ 32/ 33/ 34/ 35/ 36/ 37/ 38/ 39/ 40/ 41/ 42/ 43/ 44/ 45/ 46/ 47/ 48/ 49/ 50/ 51/ 52/ 53/ 54/ 55/ 56/ 57/ 58/ 59/ 60/ 61/ 62/ 63/ 64/ 65/ 66/ 67/ 68/ 69/ 70/ 71/ 72/ 73/ 74/ 75/ 76/ 77/ 78/ 79/ 80/ 81/ 82/ 83/ 84/ 85/ 86/ 87/ 88/ 89/ 90/ 91/ 92/ 93/ 94/ 95/ 96/ 97/ 98/ 99/ 100/