

Capteur de Force

Le Spécialiste De la mesure et Du capteur de force. Contactez nous
www.pm-instrumentation.com

L'ABS

Le système antiblocage des roues



[Cliquez pour agrandir](#)

76% des voitures produites au niveau mondial en 2007 étaient équipées d'un dispositif ABS. Cette aide au freinage est disponible pour tous les segments de véhicule, quel que soit leur masse ou leur nombre d'essieux. L'ABS est également présent sur le marché des voitures à bas coût (low cost), d'ailleurs des versions simplifiées sont en cours de développement.

Le rôle de l'ABS est de limiter le glissement des roues afin que le véhicule conserve sa stabilité et sa capacité directionnelle pendant le freinage. Son contrôle en boucle, la pertinence des calculs et la réactivité des actionneurs des systèmes actuels permettent d'exploiter avec beaucoup de finesse les caractéristiques d'adhérence des pneumatiques. L'ABS est capable de mesurer et de gérer le coefficient de glissement de chaque roue, ainsi que de l'adapter aux conditions d'adhérence évolutives dépendantes des pneumatiques et de la chaussée. Enfin, il assure des fonctions supplémentaires de sécurité et d'aide à la conduite telles que la régulation du patinage, la répartition optimale de la force de freinage entre les essieux et l'assistance au freinage d'urgence. L'ABS a ensuite évolué vers un système plus global, l'ESC (ESP)**, qui contrôle la stabilité du véhicule dans toutes les situations d'utilisation.**

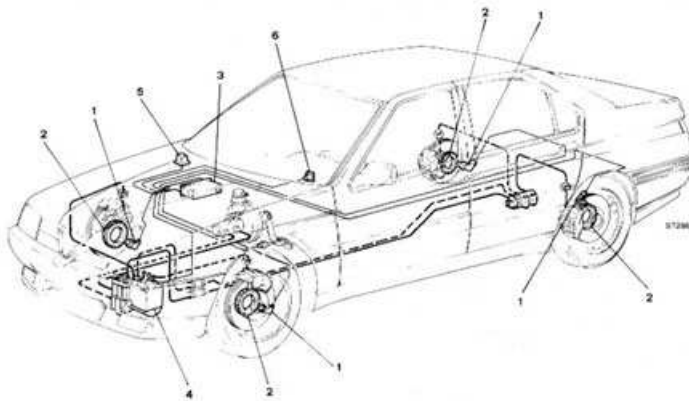
Contenu :

- Page 1 : Sommaire
- Page 2 : Historique - 1/2
- Page 3 : Historique - 2/2
- Page 4 : Exploiter les caractéristiques d'adhérence des pneumatiques
- Page 5 : Circuit de freinage avec ABS
- Page 6 : Principe de la régulation en boucle de l'ABS
- Page 7 : Les capteurs de roue

- 08/07/2010 15:13

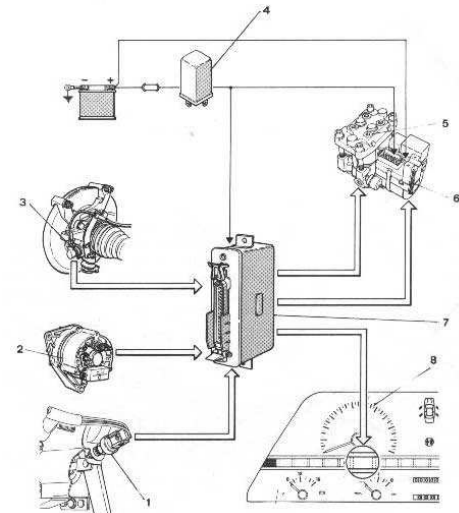


Bosch ABS2 monté sur la Mercedes Classe S de 1978



Circuit électrique de l'ABS d'une Alfa Romeo 164 (1988)

- 1 - Capteur inductif
 - 2 - Roue dentée
 - 3 - Boîtier électronique
 - 4 - Boîtier hydraulique
 - 5 - Relais de protection
 - 6 - Témoin de fonctionnement de l'ABS
- [Cliquez pour agrandir](#)



- 1 - Contacteur de frein
 - 2 - Alternateur
 - 3 - Capteur de roue
 - 4 - Relais d'alimentation
 - 5 - Pilotage électrique des électrovannes
 - 6 - Electrovanne hydraulique
 - 7 - Boîtier électronique
 - 8 - Témoin de fonctionnement de l'ABS
- [Cliquez pour agrandir](#)

Historique - 2/2



Système ABS d'une Alfa Romeo 156 (1998)

[Cliquez pour agrandir](#)

En raison de son coût élevé, l'ABS fut longtemps réservé aux véhicules hauts de gamme. Lucas, Girling et AP équipèrent quelques temps les Ford Escort et Fiat Uno d'un système abordable, mais plus rudimentaire et n'intervenant que sur les roues avant. En 1988, soit 10 ans après le lancement de l'ABS, seulement 0,6% des voitures produites dans le monde disposaient de cet équipement. 5 années plus tard, le taux d'équipement passa à 29% grâce à différentes évolutions technologiques qui permirent d'abaisser les coûts de production. Ce taux était de 76% en 2007, un chiffre expliqué par son obligation légale en Europe depuis le 1er juillet 2004 et par la volonté des constructeurs de fournir plus de sécurité sur les marchés américains et japonais (taux d'équipement respectivement de 94% et 87% en 2007).

Les voitures « low cost » de taille moyenne telle que la Dacia Logan bénéficient déjà de l'ABS en série. Ce taux a été de 64% en Chine, mais seulement 15% au Brésil et 12% en Inde pour 2007.



La moto dispose également de l'ABS, la première apparition étant à mettre à l'actif de BMW et FTE Automotive en 1988 (photo : BMW F 800 S)

[Cliquez pour agrandir](#)

L'ABS a également équipé les Formule 1. Il permettait à la fois de stabiliser la monoplace et de retarder le freinage en admettant le maintien de la pression jusqu'en entrée de virage. Il a été banni en 1993 simultanément à d'autres aides au pilotage, car il rendait les courses moins spectaculaires.



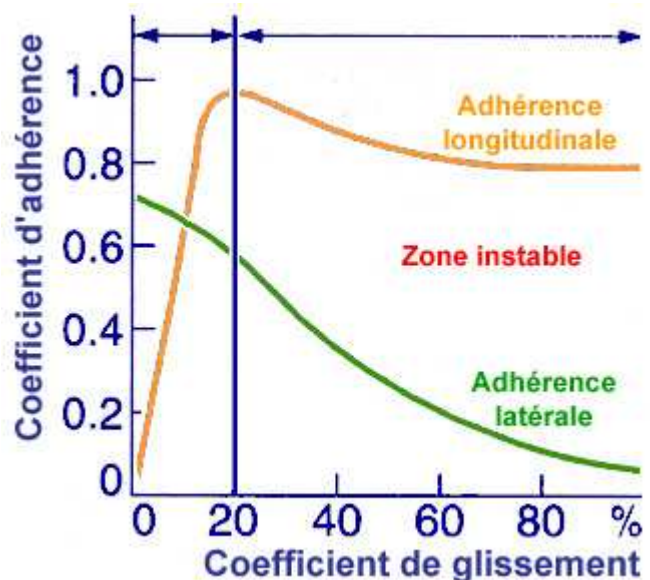
Blocage de roue d'une Formule 1 au moment du report de charge vers le côté extérieur du virage

Exploiter les caractéristiques d'adhérence des pneumatiques

Un grand nombre de qualités caractérisent un pneumatique (voir notre dossier sur [les pneumatiques](#)). Pour le sujet ABS, seules ses caractéristiques d'adhérence sont présentées. Le pneumatique étant un produit élastique, l'adhérence varie avec plusieurs facteurs internes (pression de gonflage, température de la bande de roulement, vitesse, angles au sol) et externes : type de chaussée (bitume, béton, verglas, neige, etc.), présence d'un film d'eau, granularité, planéité, température, etc. Tous ces facteurs ont une influence sur le risque de blocage des roues au freinage ou d'une dérive non contrôlée. L'ABS doit pouvoir prendre en compte tous ces paramètres et adapter la force de freinage.

La courbe ci-contre montre l'évolution des adhérences longitudinale et latérale en fonction du coefficient de glissement entre le pneu et la chaussée. Le coefficient de glissement est le rapport entre la vitesse à la circonférence de la roue au point de contact avec le sol et la vitesse du véhicule. Dans cet exemple d'un pneu sur du bitume sec, la courbe d'adhérence longitudinale montre trois états :

- Jusqu'à un coefficient de glissement inférieur à 20%, la différence de vitesse est essentiellement expliquée par l'élasticité de la gomme de la bande de roulement. Ce n'est donc pas à proprement parlé du glissement. L'adhérence longitudinale augmente avec ce coefficient tandis que l'adhérence latérale décroît quelque peu.
- Autour des 20%, le pneu atteint le maximum de ses capacités élastiques. L'adhérence longitudinale est optimale alors que l'adhérence latérale continue de baisser.
- Jusqu'à 100%, valeur qui correspond à un blocage total de la roue, l'adhérence longitudinale faiblit légèrement, mais l'adhérence latérale chute drastiquement.

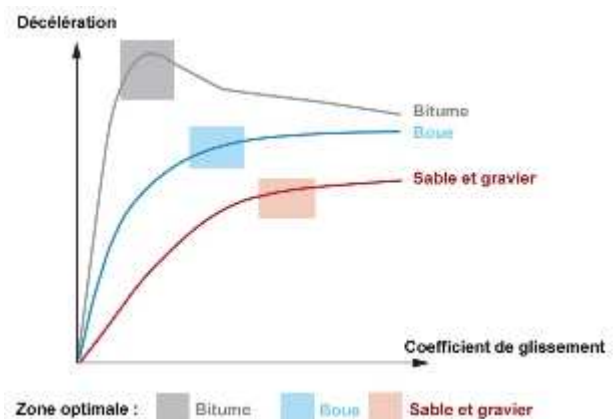


Cette troisième étape explique tout l'intérêt de l'ABS. Si l'adhérence longitudinale est encore élevée, le pneu ne peut plus fournir le maintien latéral au véhicule : l'essieu avant n'assure plus le pouvoir directionnel qui permettrait de prendre le virage ou d'éviter l'accident et l'essieu arrière ne peut plus contrer la forces latérale menant à une mise en travers voire à un tête-à-queue. Dans cet exemple, il y a tout intérêt à ce que le système de freinage maintienne le coefficient de glissement autour des 20%, zone où l'adhérence longitudinale est la plus élevée et l'adhérence latérale encore suffisante. La valeur optimale du coefficient de glissement longitudinal varie selon le niveau d'adhérence : elle est par exemple plus faible sur une chaussée très adhérente et plus élevée (de 20 à 40%) sur un sol mouillé.



Test de freinage sur la neige sur un circuit d'essai réservé par TRW
[Cliquez pour agrandir](#)

Ce coefficient de glissement longitudinal varie également avec la force latérale. Dans le cas d'un freinage en ligne droite, l'adhérence longitudinale maximale sera recherchée en priorité afin de raccourcir la distance d'arrêt. En virage, la priorité sera donnée au maintien de la stabilité, donc à l'adhérence latérale, quitte à ne pas atteindre l'adhérence longitudinale maxi. Dans ce cas, la distance d'arrêt sera malgré tout inférieure à celle d'un véhicule sans ABS.



[Cliquez pour agrandir](#)

Le cas du revêtement enneigé est particulier. En effet, l'adhérence longitudinale est quasiment stable de 20 à 90% de glissement, puis augmente d'environ 50% au blocage complet. Ce phénomène est dû à l'amas de neige qui se forme devant le pneu et qui agit comme un appui supplémentaire. L'ABS reste à une valeur de 20% pour garantir la stabilité et n'amène pas le pneu dans la zone de blocage. Sur du gravier, certains véhicules, dont les SUV VW Touareg et Audi Q7, disposent d'un programme similaire pour accroître leur appui et leur capacité à freiner.



Voir la vidéo

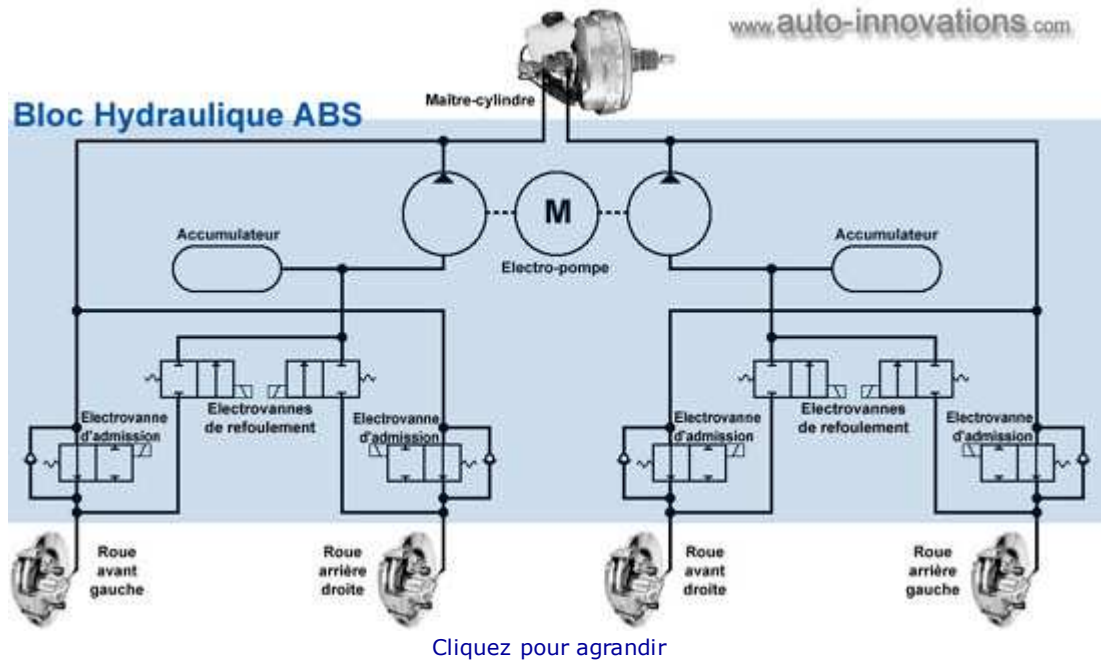


[Téléchargez QuickTime si nécessaire](#)

Vidéo réalisée par Bosch

Circuit de freinage avec ABS

Afin de maintenir les pneumatiques dans le coefficient de glissement le plus adéquat lorsque le maximum d'adhérence leur est demandé, il est nécessaire de moduler la pression hydraulique de chaque étrier. Plusieurs éléments sont ainsi ajoutés au circuit de freinage. Deux électrovannes sont adjointes pour chaque roue. La première électrovannes, dite d'admission, est en position ouverte au repos et permet le libre passage de la pression hydraulique entre le maître-cylindre et l'étrier. La seconde, dite de refoulement, est en position fermée au repos. Aucune de ces électrovannes n'est donc alimentée électriquement lorsque l'ABS n'a pas à intervenir. La pression, qui peut atteindre 200 bars, est uniquement générée par le maître-cylindre.



Quand une roue dépasse le seuil de glissement défini, il est nécessaire d'ajuster la pression de son frein. La première intervention est la fermeture du circuit entre le maître-cylindre et l'étrier. L'électrovanne d'admission est alors commandée pour fermer le circuit et la pression ne pourra plus monter dans le frein. Si le conducteur relâche sa force d'appui sur la pédale, la pression sera malgré tout abaissée grâce au clapet anti-retour qui contourne l'électrovanne. Si la roue reprend de la vitesse (coefficient de glissement devenu trop faible), l'électrovanne d'admission se rouvrira.

Dans le cas où l'ABS doit baisser la pression pour que la roue réduise rapidement son glissement, l'électrovanne de refoulement est actionnée pour ouvrir le circuit. Cette ouverture est réalisée par impulsion, jusqu'à 12 fois par seconde, afin de baisser graduellement la pression. Le pilotage alternatif des deux électrovannes permet à la roue de rester autour du coefficient de glissement optimal. Le volume d'huile libéré est stocké provisoirement dans l'accumulateur.

Lorsque le frein doit recevoir à nouveau de la pression, une pompe récupère une partie du liquide stocké dans l'accumulateur pour le réinsérer en amont des électrovannes d'admission afin de compenser le volume d'huile évacué et éviter un léger enfoncement de la pédale.

Le système ABS est applicable aussi bien aux circuits en « X » qu'en « II » (voir notre dossier [Les systèmes de](#)



Marquage des connexions hydrauliques :
 VR : roue avant droit, HL : roue arrière gauche
 HR : roue arrière droit, VL : roue avant gauche
 HZ2 : maître-cylindre roues ar. droite et av. gauche
 HZ1 : maître-cylindre roues av. droite et ar. gauche
[Cliquez pour agrandir](#)

freinage).

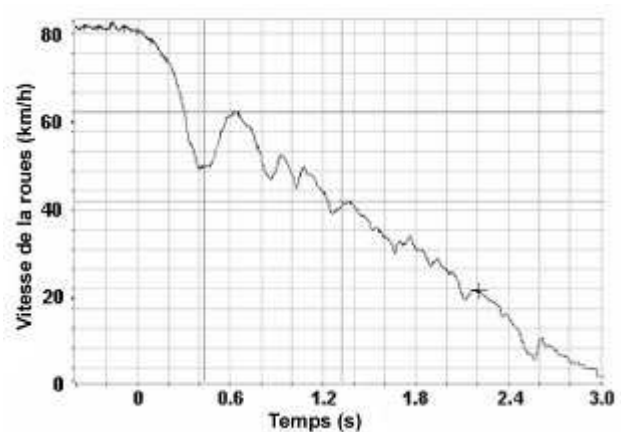
Dans le passé, un circuit hydraulique dit « ouvert » était aussi utilisé : le liquide évacué par les électrovannes de refoulement retournait directement dans le réservoir par une canalisation spécifique. Une pompe de compensation réinsérait également un volume d'huile en amont des électrovannes d'admission lorsque qu'une montée en pression dans un frein était nécessaire.

Plusieurs méthodes permettent de faire une estimation de la pression dans le cylindre de frein. L'une d'elle utilise un rapide processus d'activation des électrovannes à partir de cette constatation : le gradient de pression est plus élevé en début de remplissage d'une chambre hydraulique, de même qu'il est plus élevé mais négatif lors du commencement de chute de pression d'une chambre. Si une pression élevée est présente dans le cylindre de frein, une mini ouverture de l'électrovanne de refoulement suivi d'une mini ouverture de l'électrovanne d'admission a plus d'impact sur la reprise de la vitesse de la roue que si la pression initiale est faible. L'estimation se fait entre une comparaison de données connues et la variation de la vitesse de la roue.

Principe de la régulation en boucle de l'ABS

La performance fondamentale du système ABS consiste à détecter la zone optimale d'adhérence des pneus avec pour seules informations celles fournies par capteurs de vitesse de rotation des roues. Le reste est une question d'algorithmes qui analysent la situation et déterminent l'action à mener.

Lorsque la voiture roule, sa vitesse est mesurée par les capteurs montés dans chaque moyeu de roue. La vitesse est pondérée, par exemple en prenant la moyenne la plus élevée de deux roues opposées en diagonal. Lors de l'amorçage d'un blocage de roue au freinage, le système détermine le point de coefficient de glissement/adhérence maximale instantané. Au-delà de ce point, la vitesse du pneu devient instable, ce qui est facilement mesurable. Dès le premier début de blocage, la performance de l'analyse algorithmique peut ainsi recréer la courbe d'adhérence longitudinale théorique du pneu, et ce à chaque instant. En plus de cette analyse fine de la rotation de la roue considérée, la décélération de la voiture est déterminée à partir de l'évolution de sa vitesse. Si plusieurs pneus entrent en phase de glissement, la vitesse de la voiture continue à être estimée en fonction de la rotation d'une des ou des autres roues, ainsi que par rapport à une courbe logique de décélération sur un court instant.



[Cliquez pour agrandir](#)

Lorsque le coefficient de glissement du pneu entre en zone instable, l'électrovanne d'admission se ferme. Le système analyse alors la réaction du pneu. Ce choix permet de ne pas piloter immédiatement une baisse de pression au risque de dégrader inutilement la distance d'arrêt. Si cette action a été suffisante pour que le pneu revienne en zone optimale, cette électrovanne se rouvrira. Sinon, l'électrovanne de refoulement s'ouvre un très court instant pour abaisser la pression jusqu'à un certain seuil. Si la roue réaccélère, la pression sera réintroduite par petits paliers, plus lentement que l'évacuation, par des micro-ouvertures successives de l'électrovanne d'admission. Chaque régulation (baisse et retour de la pression) est analysée pour que celles qui suivent soient optimisées. Par exemple, sur un sol très adhérent, la pression pourra être introduite plus rapidement et, sur un sol peu adhérent, le système demandera probablement deux chutes de pression.

La régulation de la vitesse des roues motrices au freinage est plus critique. En effet, sauf en mode débrayé, leur connexion entre la transmission et le moteur multiplie par 4 leur moment d'inertie. La détermination de la courbe d'adhérence longitudinale théorique est en conséquence plus difficile à déterminer. En outre, si les roues motrices sont à l'avant, comme sur une majorité du parc automobile, la finesse de la régulation est d'autant plus importante que le pouvoir directionnel dépend de cet essieu. Un programme particulier est installé dans le calculateur pour que la roue en phase de blocage n'aille pas trop loin dans la zone instable. Par exemple, lors de la régulation d'une des roues motrices, le moteur est accéléré avec parcimonie pour réduire cette inertie. Ce programme est appelé MSR (Motor-

Schleppmoment-Regelung).



Essai par TRW d'un freinage sur une chaussée à adhérence asymétrique droite/gauche

[Cliquez pour agrandir](#)

La régulation de la pression de freinage sur une seule roue peut perturber la stabilité du véhicule dans certains cas. Par exemple, dans un virage, le freinage va délester l'essieu arrière, ce qui peut entraîner un caractère survireur, particulièrement sur les véhicules à propulsion. Dans ce cas, l'ABS réduira la pression du frein de la roue avant placée à l'intérieur du virage. Ce déséquilibre de force de freinage donnera au véhicule une tendance plus sous-vireuse, plus facile à corriger. Ce programme est appelé CBC (Cornering Brake Control).

Autre exemple, le freinage sur une adhérence asymétrique droite/gauche engendrera un effet de lacet (couple de rotation du véhicule autour de son axe vertical d'inertie) qui orientera le véhicule vers le côté le plus adhérent. Ce phénomène est particulièrement sensible sur les voitures légères qui ont un empattement court. Afin de maintenir la voiture sur sa trajectoire, la pression dans les freins côté adhérent sera modulée pour limiter le risque, au dépend de la distance d'arrêt. Notons que certains modèles disposent d'un pilotage de la direction qui donne un couple incitatif au volant pour que le conducteur contrebraque de façon adéquate et compense le moment de lacet dû à une force de freinage asymétrique. Avec **une direction active**, le système modifie automatiquement le braquage des roues, sans que le volant ne tourne, pour maintenir le véhicule sur la trajectoire voulue tout en assurant la distance d'arrêt la plus courte.

Les véhicules à 4 roues motrices demandent un programme additionnel de régulation qui dépend de la technologie de la transmission. Si l'essieu arrière est verrouillé, l'inertie des roues sera élevée et il ne sera pas possible de réguler chacune d'elles. Dans ce cas, l'inertie est réduite par une légère accélération du moteur, le freinage sur cet essieu restera maximal (selon la roue qui tourne la plus vite) et la stabilité sera assurée par une force de freinage différente entre les deux roues avant. Si la transmission intégrale comporte **un coupleur** ou **un pont à vecteur de couple**, ceux-là sont déconnectés pendant le freinage. Le programme prend en compte le fait que la vitesse des roues d'un même essieu reste perturbée par le différentiel.

Les capteurs de roue

Comme nous l'avons vu, les vitesses de rotation des roues sont les seules mesures effectuées sur le véhicule. Les capteurs sont installés dans chaque moyeu et donnent leurs informations au boîtier ABS ainsi qu'à d'autres dispositifs via le réseau multiplexé : antipatinage, aide au démarrage en côte, audio (contrôle du volume), navigation (lors de défaut de réception des signaux satellites), etc. Deux technologies différentes de capteur sont utilisées.

Le capteur passif



Cette technologie dite « inductive » a été la première à équiper les voitures. Le capteur est constitué d'un aimant permanent, d'un bobinage de cuivre et d'une tige polaire. Le passage cyclique d'une dent métallique et d'un évidement crée un champ magnétique qui est récupéré par le bobinage. Le signal généré est une tension dont la fréquence et l'amplitude augmentent avec la vitesse.

Le principal défaut du capteur inductif est son incapacité à mesurer tant les faibles vitesses que le sens de rotation.

Le capteur actif

Le capteur actif fait appel à l'électronique. Son rotor n'est pas denté physiquement mais magnétiquement. Il est constitué d'un disque en plastique recouvert d'un circuit imprimé à magnétisation alternative. Le très faible encombrement de ce disque lui permet d'être directement intégré dans une bague de roulement. Le capteur est doté d'une sonde récupérant les champs magnétiques des pôles nord et sud (effet Hall). Un circuit électronique intégré dans le capteur traite l'information. Le signal envoyé au calculateur ABS est numérique (forme carrée), donc moins sensible aux perturbations électriques extérieures.



Roulement SNR avec piste magnétique
[Cliquez pour agrandir](#)

Cette technologie est capable de mesurer les très basses vitesses, jusqu'à l'immobilité de la roue. Par ailleurs, le traitement électronique permet d'ajouter des informations supplémentaires telles que le sens de rotation, l'immobilité de la roue et le diagnostic. Ces informations sont transcrites selon la longueur du signal carré.

Malgré son coût plus élevé, le capteur actif (effet Hall) équipe aujourd'hui la majorité des voitures.



Un papier révélateur, chargé de particules métalliques, permet de visualiser les champs magnétiques générés par la cible

Photo **ANEX**

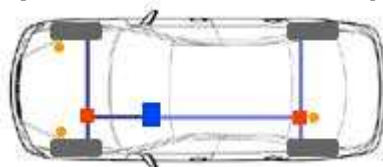


Le roulement (FAG) assure les fonctions supplémentaires d'étanchéité et de disque multipolaire pour capteur actif

Nombre de capteurs/canaux

Les nombres de capteurs et de circuits varient en fonction des versions et des applications.

Système à 2 canaux et 3 capteurs



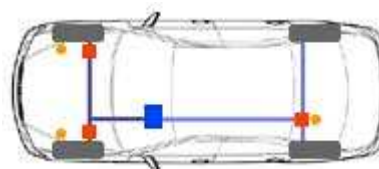
Cette configuration, qui date des premières applications de l'ABS, ne dispose que de 2 circuits indépendants, un pour chaque essieu et de 3 capteurs : un sur chaque roue avant et un 3ème sur à l'entrée du différentiel arrière (donc essieu arrière moteur nécessaire). C'est une version économique de l'ABS. Le programme de régulation des freins avant autorise le blocage d'une roue. Ce choix privilégie la puissance de

freinage mais la capacité directionnelle du véhicule est affaiblie et l'usure des pneumatiques est accélérée.

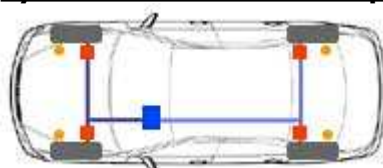
La priorité de la régulation du circuit arrière est, par contre, d'éviter tout blocage au dépend de la puissance de freinage maxi de cet essieu. La mesure d'un début de « tête à queue » est plus tardive, ce qui diminue la stabilité de l'arrière du véhicule. La vitesse de la roue la plus lente est estimée selon les informations des 3 capteurs. Ce montage est à éviter sur les voitures légères et à empattement court en raison de leur sensibilité au lacet.

Système à 3 canaux et 3 capteurs

Les roues avant deviennent indépendantes, elles ont chacune leur capteur et leurs électrovannes. Cette combinaison permet normalement une puissance de freinage maximale pour chaque roue avant. La stratégie appliquée est de réguler la pression selon la roue la plus lente. Le montage sur le train arrière, et sa stratégie de régulation, sont identiques au cas précédent avec, aussi, les mêmes inconvénients.



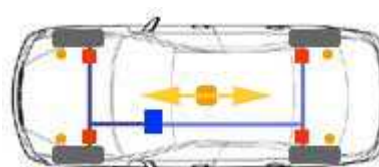
Système à 4 canaux et 4 capteurs



C'est l'application la plus répandue. Le montage d'un capteur spécifique pour chaque roue permet une détection plus rapide d'un excès de glissement et une action plus efficace de l'ABS, particulièrement sur sol glissant. Ce montage permet l'utilisation de l'ABS avec le circuit de freinage en « X » très répandu.


Système à 4 canaux et 5 capteurs

La différence avec la configuration précédente est l'arrivée d'un capteur d'accélération longitudinale. Il pallie les difficultés de calcul de la vitesse des véhicules à 4 roues motrices sur faible adhérence (neige, glace, boue). Ce montage est aujourd'hui remplacé par un capteur de lacet (voir dossier [ESC](#)).



Des ABS dotés d'un capteur d'accélération latérale et/ou longitudinale équipent certaines voitures, notamment sportives telle que la Lancia Delta Intégrale. Ce montage permet une stratégie de régulation adaptée soit au virage, soit au freinage sur adhérence droite/gauche asymétrique.

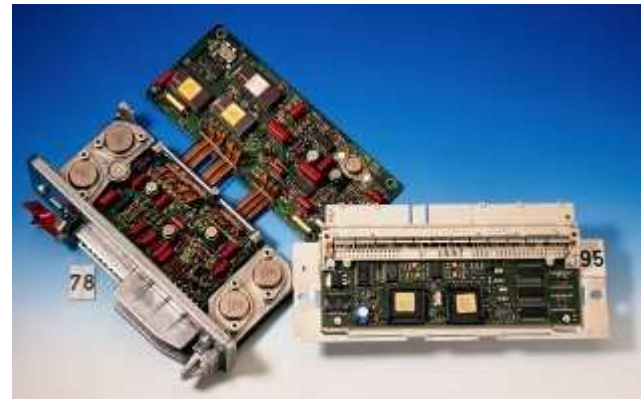
Évolutions du bloc ABS - 1/2

	 ABS 2	 ABS 2E	 ABS 5.3	 ABS 8.0
generation				
weight in kg	6,3	4,9	2,6	1,6
number of components of ECU	140	40	25	16
memory size in kByte	2	8	24	128
	1978	1989	1995	2003

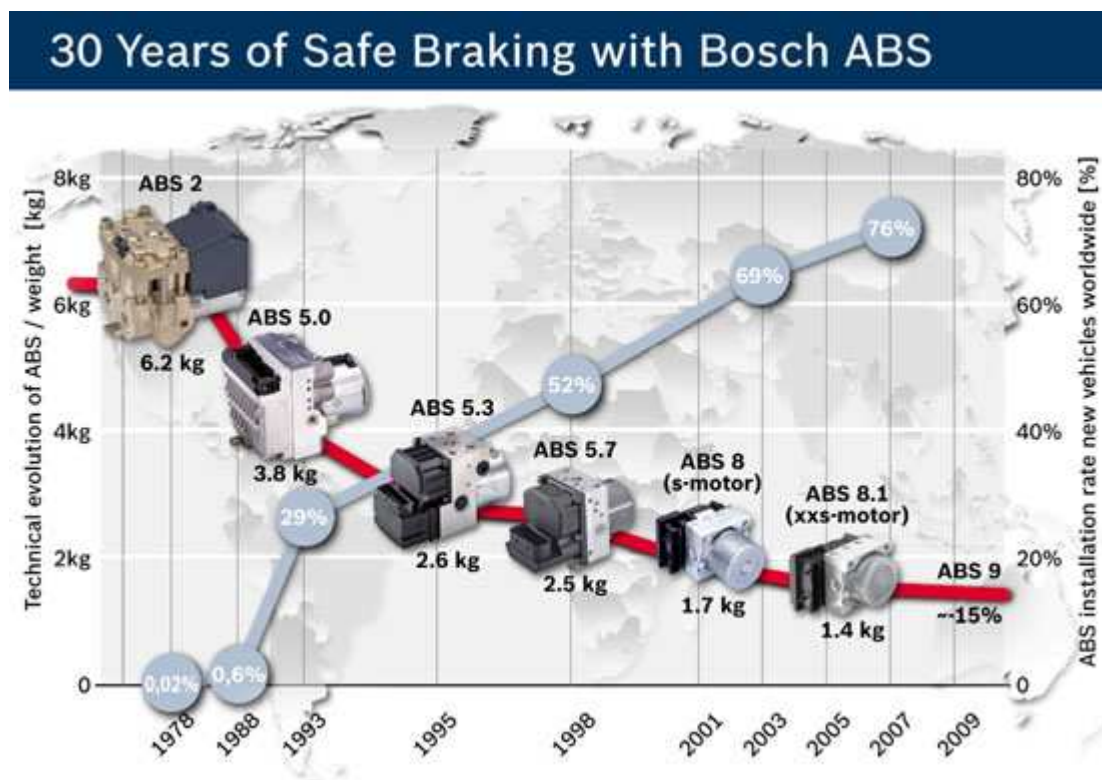
Evolution des caractéristiques des produits Bosch
[Cliquez pour agrandir](#)

Le bloc ABS se compose de deux parties : le calculateur électronique et l'ensemble électro-hydraulique.

Le calculateur est aujourd'hui accolé au bloc hydraulique, permettant ainsi de piloter les électrovannes et le moteur électrique des pompes sans câblage supplémentaire, ce qui apporte un gain en poids, en encombrement et en fiabilité (depuis 1989 en version ABS 2E chez Bosch). Cela facilite également le montage et l'intégration de l'ABS dans un véhicule. Ce regroupage a été rendu possible par la fiabilisation des composants électroniques, ainsi que par leur miniaturisation, notamment depuis l'arrivée des microcontrôleurs. Par exemple, alors que l'ABS électronique de Teldix était composé de plus de 1'000 éléments (1964), la seconde génération d'ABS Bosch n'en comprenait que 140 (1978) et l'actuelle seulement 16. La capacité de leur mémoire ROM est passée de 2 Ko en 1978 à 128 Ko pour la version actuelle. Si l'ABS est doté de fonctions supplémentaires (voir la suite du dossier), une capacité de 256 Ko est requise (un calculateur ESP demande plus de 1'000 Ko). Le calculateur est complété d'un programme de diagnostic et d'un système de surveillance mettant l'ABS hors de fonction en cas de défaut avéré. Dans ce cas, les électrovannes restent en position repos et le conducteur est averti du non-fonctionnement de l'ABS par l'allumage d'une lampe témoin.



Calculateurs ABS sur Mercedes : 1978 à droite, 1995 à gauche
[Cliquez pour agrandir](#)



[Cliquez pour agrandir](#)

L'ensemble électro-hydraulique est composé d'électrovannes, de clapets anti-retour et d'un moteur entraînant deux pompes. Ce moteur a bénéficié des progrès de la mécatronique pour améliorer ses performances, son poids et son encombrement. En 30 ans de développement chez Bosch, le poids de l'ensemble du bloc ABS est passé de 6,3 kg à 1,4 kg entre les générations 2 à 8.1.

Évolutions du bloc ABS - 2/2

Les évolutions des électrovannes, et de leur pilotage, sont les plus marquantes. Les premières étaient de type



3 voies et assuraient à la fois les fonctions d'admission et de refoulement. La position repos correspond à l'ouverture du circuit, l'intermédiaire la fermeture et l'extrême le refoulement. Le positionnement intermédiaire était obtenu par une tension de pilotage inférieure à la dernière position. On pourrait penser que cette double fonction offrirait un gain de place, ce qui n'est pas le cas. Bosch précise que le recours à une électrovanne pour chaque fonction, avec une seule position active, nécessite moins de force magnétique, donc une plus faible perte de puissance dans les bobinages et dans le calculateur.



Electrovannes d'un bloc ABS commercialisées en 2000
[Cliquez pour agrandir](#)

Les électrovannes ont également gagné en compacité, ce qui permet de baisser la consommation électrique et d'augmenter la fréquence d'ouverture/fermeture. L'évolution de l'électronique offre aujourd'hui la possibilité de contrôler la vitesse d'ouverture des électrovannes (comme des **injecteurs à rampe commune**). Les paliers de modification de pression peuvent ainsi être plus précis (150 ouvertures/fermetures par seconde pour réaliser environ 12 paliers de pression), une caractéristique intéressante dans des conditions de faible adhérence ou pour la fonction antipatinage.

Le travail sur le moteur permet également des gains en poids, en volume et en coût. Les modèles les plus récents disposent d'une commande de vitesse variable qui réduit de moitié l'encombrement et abaisse les vibrations.



Boîtier et solénoïdes produits par Tyco Electronics
[Cliquez pour agrandir](#)



Bloc ABS Bosch génération 8.1 : un calculateur, 8 électrovannes et une double pompe électrique
[Cliquez pour agrandir](#)

Un développement en cours est l'adaptation du système ABS au nouveau marché des voitures à très bas prix initié par le lancement de la Dacia Logan. Une des idées de réduction drastique du coût est la suppression de l'électropompe. Pour que ce fonctionnement donne satisfaction, les accumulateurs doivent être surdimensionnés, ainsi que le volume dans le maître-cylindre. En effet, le volume d'huile nécessaire pour remettre de la pression dans le frein après chaque régulation doit être généré par le maître-cylindre, en absence de pompe. Cependant, le conducteur devra accepter un léger enfoncement de la pédale. Une autre solution évoquée est de revenir à un système à 3 canaux et 4 capteurs.

Evolution des systèmes ABS de l'équipementier Bosch :



ABS 1 - 1970
[Cliquez pour agrandir](#)



ABS 2.0 - 1978
[Cliquez pour agrandir](#)



ABS 2S - 1983
[Cliquez pour agrandir](#)



ABS 2S/TCS - 1987
[Cliquez pour agrandir](#)



ABS 2E - 1989
[Cliquez pour agrandir](#)



ABS 5.0 - 1993
[Cliquez pour agrandir](#)



ABS 5.3 - 1995
[Cliquez pour agrandir](#)



ABS 8.0 - 2001
[Cliquez pour agrandir](#)



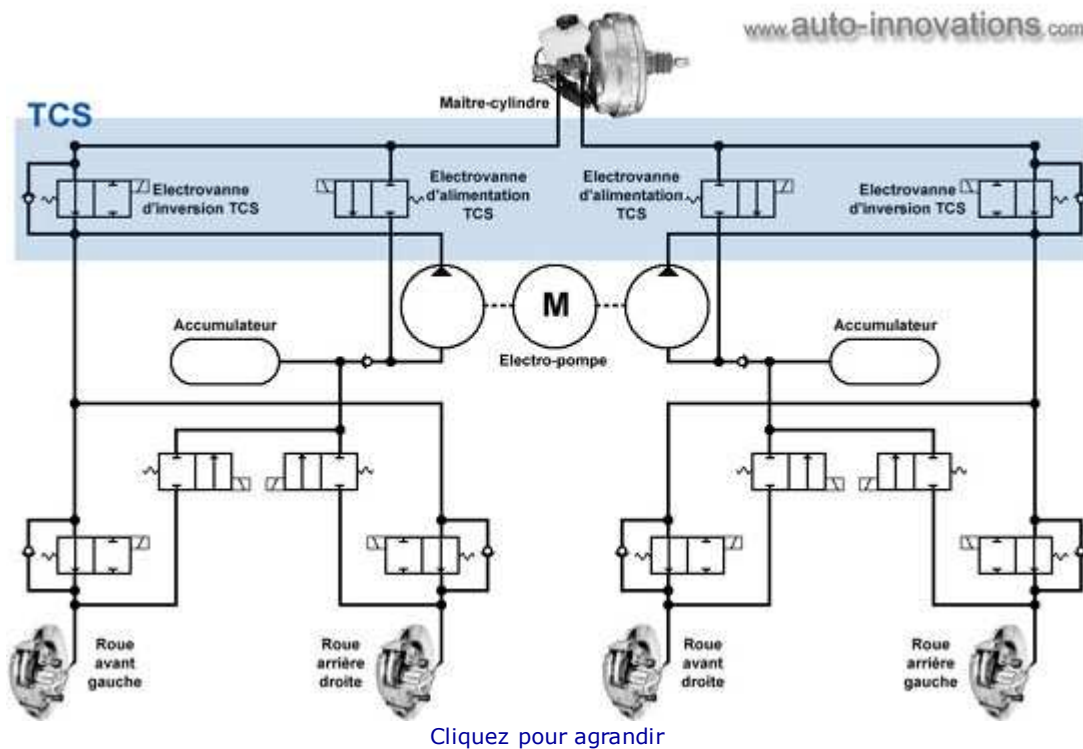
ABS 8.1 - 2005
[Cliquez pour agrandir](#)

La régulation du patinage - 1/2

L'introduction de la mécatronique du système ABS dans le dispositif de freinage a permis d'offrir aux véhicules une multitude de fonctions supplémentaires. L'antipatinage TCS (Traction Control Systems), aussi appelé ASR (Anti-Slip Regulation), a été la première, implémentée en 1987 par Bosch.

Voiture 2 roues motrices

Deux types de patinage sont à considérer : une seule roue ou les deux roues simultanément. Le premier cas se rencontre généralement lorsqu'un côté de la voiture repose sur un sol moins adhérent que l'autre. En raison du différentiel qui répartit uniformément le couple entre les deux roues, la voiture ne peut transmettre à la roue qui ne patine pas qu'un couple équivalent à celle qui patine. Il y a dans ce cas un fort déficit en motricité. L'intérêt d'un système antipatinage est de pouvoir bénéficier de la capacité maximale d'adhérence de chaque roue. Tout en conservant les propriétés du différentiel, l'antipatinage va permettre le passage du couple maxi acceptable par la roue offrant la plus grande adhérence (en fait le glissement optimal du pneu correspondant à son adhérence longitudinale maximale). Un même niveau de couple est transmis à la roue opposée, une partie est récupérée par le pneumatique, le reste est absorbé par le dispositif de freinage. Si un couple trop élevé entraîne le patinage de la deuxième roue, le couple moteur est abaissé.



L'antipatinage doit donc générer une pression à une valeur précise pour que le frein concerné puisse absorber l'énergie excédentaire. Cette pression est créée par la pompe déjà existante pour la fonction ABS. Deux électrovannes sont ajoutées par double circuit (le TCS peut fonctionner avec un circuit en « X » ou en « II ») : une d'inversion et une d'admission. Le circuit est alors proche de celui d'un système de contrôle de stabilité **ESC** : la différence vient d'une pression plus faible et de l'absence d'un capteur de pression pour un bloc ABS/TCS. La pression fournie par l'électropompe est estimée d'après sa consommation électrique.

Lorsqu'un début de patinage est détecté, l'électrovanne d'inversion est commandée pour isoler le circuit de freinage et l'électrovanne d'admission TCS ouvre un circuit d'alimentation de la pompe. La pression est amenée jusque dans l'étrier, à la valeur précise nécessaire. La régulation de la pression suit le même processus logique que lors d'une régulation ABS. L'électrovanne d'admission (ABS) de l'autre roue du même circuit ferme le passage pour que son frein ne reçoive pas cette pression. La pompe du second circuit est également actionnée car les deux sont liées mécaniquement. L'électrovanne d'admission TCS est pilotée pour alimenter la pompe, mais le fluide tourne en boucle, sans pression.

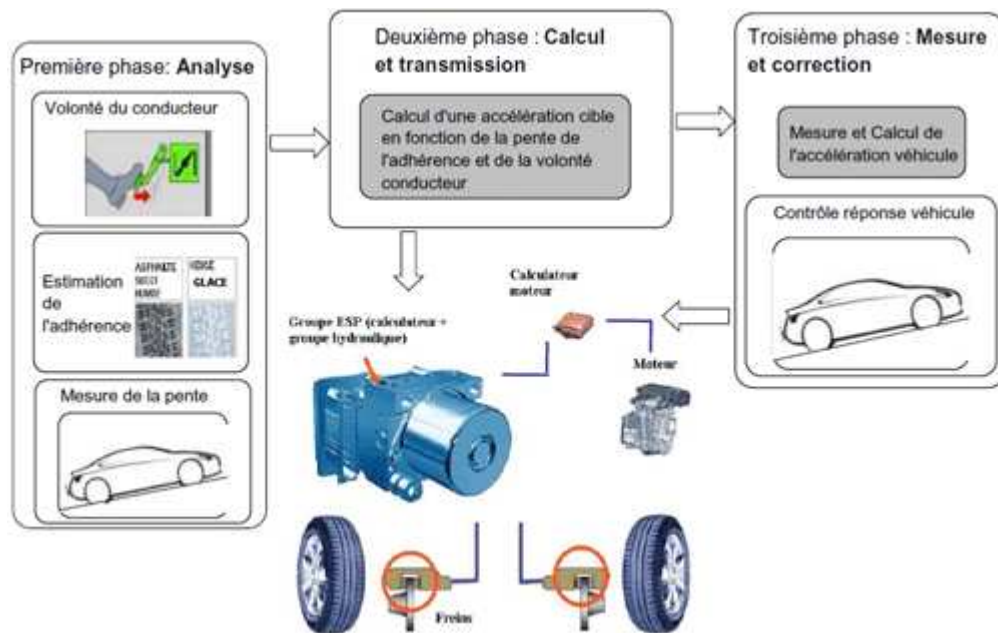
La détection du patinage d'une seule roue est détectée par la comparaison des vitesses de rotation des roues motrices. L'objectif de la régulation est de ramener la vitesse de la roue qui patine à l'autre qui motrice lorsqu'elle a entamé sa rotation.

Si le couple du moteur est trop élevé, il est abaissé. Cette réduction de couple est facilement réalisée avec les moteurs Diesel par réduction immédiate de la quantité injectée. Sur les moteurs à essence, une première régulation rapide est assurée par un retard à l'allumage, puis le couple est contrôlé par le degré d'ouverture du papillon motorisé.

Si non pas une seule roue mais les deux roues se mettent en patinage simultanément, le TCS agit directement sur le couple du moteur. La détection est réalisée par une comparaison entre les accélérations des roues et une courbe d'accélération maximale possible par le véhicule. Le dépassement de la valeur de cette courbe indique un patinage simultané. Le TCS se réfère en permanence à cette courbe lors de l'avancée de la voiture.

La régulation du patinage - 2/2

A partir d'une certaine vitesse (selon les véhicules et les choix des constructeurs : de 30 à 60 km/h), il n'y a plus d'intervention sur le freinage mais uniquement sur le couple moteur pour éviter des réactions brutales du TCS sur le comportement du véhicule. Notons qu'en raison du principe du différentiel, la réduction de la vitesse de rotation de la roue qui patine présente l'inconvénient de réduire le couple dans l'autre roue par diminution de son rapport de démultiplication.



Logique du système Snow Motion de Citroën
[Cliquez pour agrandir](#)

Lors d'un démarrage sur du sable, du gravier ou de la neige profonde, il est préférable de débrancher l'antipatinage pour disposer d'un léger patinage, ce qui offre une meilleure motricité. Le groupe PSA, avec Bosch, viennent de mettre au point les programmes **Snow Motion** (Citroën C5) et Grip Contrôle (Peugeot 3008) capables de prendre en compte ces situations spécifiques.

Sur les revêtements enneigés ou verglacés, la stratégie d'antipatinage des systèmes actuels ne diffère pas des autres situations : le programme limite fortement le couple du moteur et freine la roue qui tourne le plus vite. Or, ce comportement n'est pas adapté à ces situations, tant en phase de décollage qu'en progression. L'objectif du programme Snow Motion est d'optimiser la motricité spécifiquement sur ce type de sol.



Voir la vidéo

[Téléchargez QuickTime si nécessaire](#)

Vidéo Réalisée par Bosch

Voiture 4 roues motrices

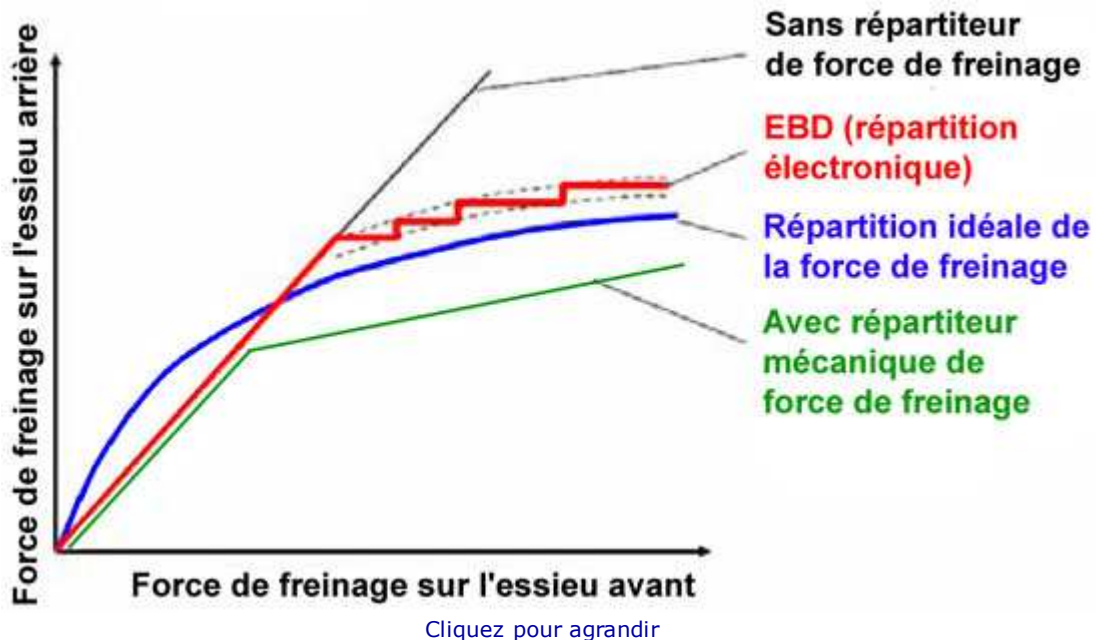
La régulation de l'antipatinage des voitures à transmission intégrale reprend les mêmes modèles logiques que ceux précédemment expliqués, mais prend également en compte l'influence des différentes technologies. Par exemple, sur un 4x4 doté exclusivement de différentiels sans blocage (sur l'interpont et sur chaque essieu), la vitesse moyenne des roues d'un essieu où un patinage est en cours est plus élevée que celle de l'autre essieu. Le système doit alors prendre en compte l'écart de vitesse entre chaque sortie du différentiel central. A l'opposé, un véhicule avec blocage mécanique de l'interpont utilise une stratégie identique à une 2 roues motrices. Avec un 4x4 équipé **d'un coupleur** piloté électroniquement vers un essieu, le patinage simultané de ses deux roues est simplement annihilé par le report du couple vers l'autre essieu, donc sans intervention du TCS.

Un capteur d'accélération longitudinale et/ou latérale, ou alors un capteur de moment de lacet, vient souvent compléter le système pour faciliter la détection du patinage au cas où plusieurs roues viendraient à patiner simultanément. (Voir le dossier **ESC**).

L'antipatinage par intervention du système de freinage sur les véhicules à transmission intégrale est uniquement appliqué à basse vitesse. De plus, cette technologie est limitée à des types de véhicule qui rencontreront des situations de patinage dans de rares cas (ex : SUV) car son défaut est d'échauffer rapidement les freins (couple élevé et mauvais refroidissement à faible vitesse). Ce concept économique de la gestion de la motricité a aussi l'inconvénient d'absorber la puissance plutôt que de la répartir sur les roues présentant une meilleure adhérence.

Répartiteur électronique EBD

La capacité de freinage des deux essieux n'évolue pas linéairement avec la force d'appui sur la pédale. En effet, la décélération induit un report progressif de cette capacité de l'arrière vers l'avant. La courbe idéale de répartition de la force de freinage montre ainsi une réduction progressive de la pression sur les roues arrière (courbe bleue) afin d'éviter leur blocage lors des fortes décélérations.



Un répartiteur mécanique, mesurant l'écrasement de la suspension arrière, était alors adjoint au circuit (deux répartiteurs en cas de circuit en « X »). Il permettait de réduire la montée en pression hydraulique dans les freins arrière à partir d'un certain seuil de décharge de l'essieu (courbe verte). Avant l'introduction de ce dispositif, la répartition était linéaire, d'une valeur idéale pour un freinage appuyé mais avec une sous-exploitation des freins arrière lors des petites décélérations. Les conséquences étaient des risques de blocage sur les sols peu adhérents, une capacité directionnelle moindre et une usure accrue des freins avant.

Cette fonction de répartition est désormais assurée par le système ABS. L'EBD (Electronic Brake-force Distribution), ou EBV (Elektronische Bremsen Verteilung) offre une évolution linéaire pour les freinages peu appuyés, puis régule la pression sur les freins arrière par paliers (courbe rouge). La répartition générée s'approche ainsi de la courbe idéale. La pression de régulation est calibrée légèrement au-dessus des valeurs idéales afin d'assurer la capacité directionnelle du véhicule, un risque de blocage à l'arrière étant en permanence contrôlé par l'ABS.

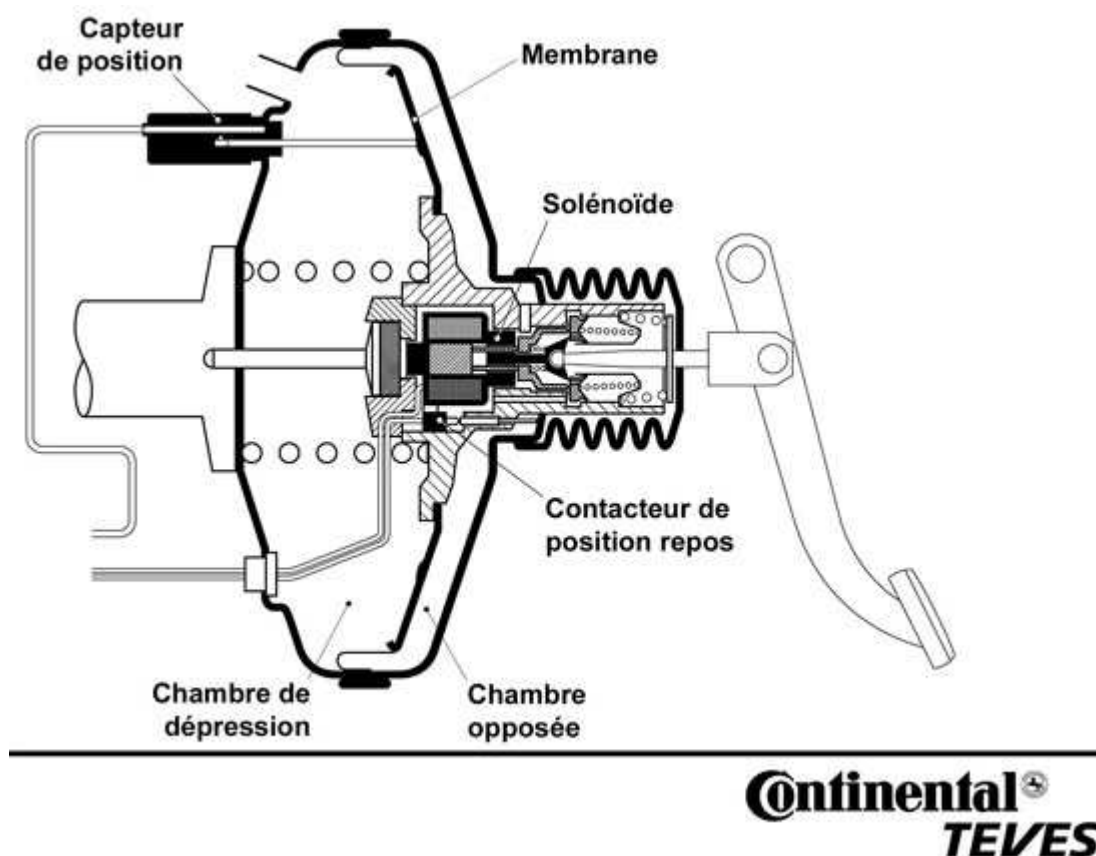
Pour arriver à ce résultat, l'ABS compare le pourcentage de glissement entre les roues avant et arrière. Lorsque cette mesure montre un plus fort glissement à l'arrière, les deux électrovannes d'admission des roues arrière ferment momentanément leur circuit par impulsions répétées (création des paliers sur la courbe rouge). Des baisses de pression infimes, par ouverture des électrovannes de refoulement, sont parfois opérées. La pompe n'est jamais activée. Cette opération ne génère pas de réaction dans la pédale.

En plus d'une meilleure répartition de la pression, l'intégration de cette fonction dans l'ABS a permis de réduire le coût de production : remplacement du ou des répartiteurs mécaniques par quelques lignes de programme électronique.

Assistance au freinage d'urgence

Les actionnements répétés des électrovannes lors de la régulation de l'ABS, qui génèrent une multitude de paliers de pression, engendrent des vibrations dans la pédale de frein. Cette vibration incite inconsciemment certains conducteurs à relâcher légèrement la force d'appui sur la pédale, alors que celle-ci doit être maintenue en cas de freinage d'urgence. En outre, il a été remarqué que des conducteurs n'osaient pas appuyer à fond, même en cas de danger, par peur de perdre le contrôle de la voiture (les tests d'ABS ne font pas partie du programme des auto-écoles, ni le freinage d'urgence par ailleurs !).

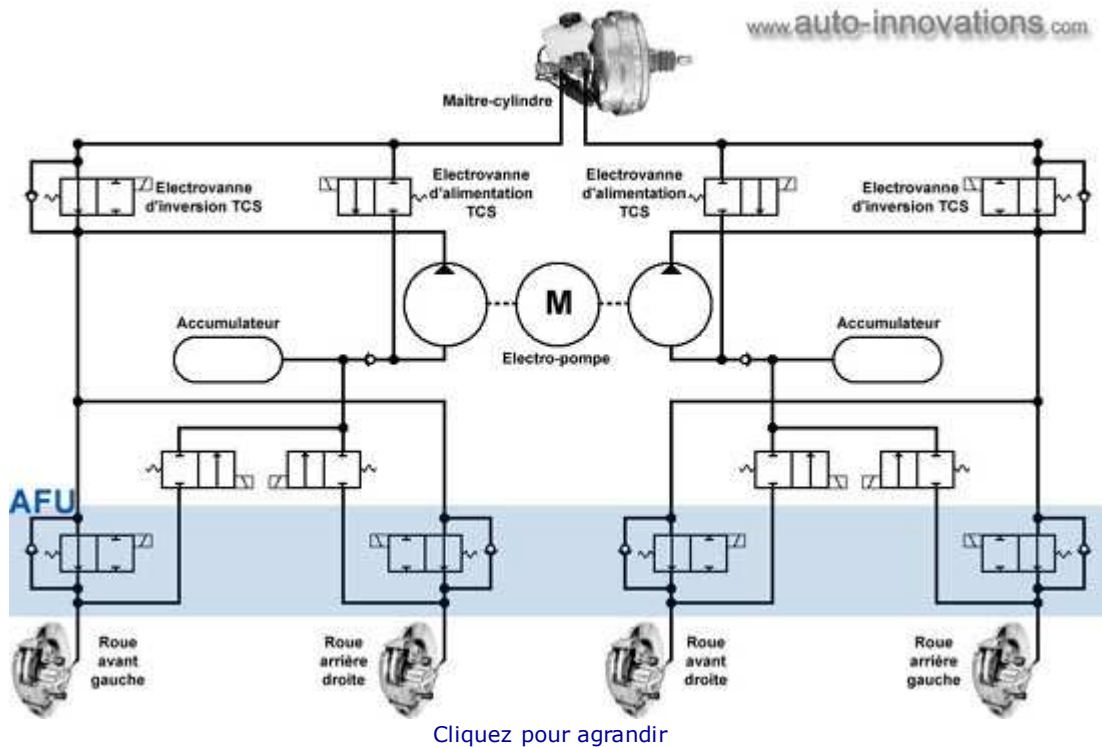
La fonction d'assistance au freinage d'urgence (AFU), ou BAS (Brake Assist System), qu'il ne faut pas confondre avec l'assistance des freins, maintient la pression maximale dans cette situation afin de garantir la distance d'arrêt la plus courte.



[Cliquez pour agrandir](#)

Le servo-frein est pourvu d'une électrovanne dans son piston de commande et d'un capteur de position de la membrane qui est connecté au calculateur ABS. Lorsqu'un enfoncement rapide est détecté, ce qui est interprété comme un freinage d'urgence, le calculateur commande le solénoïde qui ferme l'arrivée de la dépression dans la chambre opposée. Le servo-frein commande alors une pression plus élevée dans le maître-cylindre. Un relâchement total de la pédale, mesuré par le contacteur de position repos, annule la fonction d'assistance au freinage d'urgence.

Sur les systèmes dotés du TCS, ou sur les systèmes **ESC**, le supplément de pression n'est pas généré par le servo-frein mais par les pompes ABS, en même temps que l'actionnement des électrovannes d'inversion et d'admission TCS.



Auteur : Yvonnick Gazeau

Sources : Bosch, Continental, Delphi, Denso, TRW Automotive.

Voir également en librairie :

**CONTROLE
DYNAMIQUE
DE
STABILITE
ESP**



Notion de base de la physique de roulage, forces exercées sur un véhicule, adhérence au sol, ABS, ASR, ESP, capteurs, groupe hydraulique, diagnostic et glossaire spécifique
Auteur : Bosch, Edition 2005
Format 210 x 297, 99 pages

Disponible dans notre librairie

- Page 1/14 -

**Suite page
2/14**

*[Imprimer la page](#)
[Le dossier complet sur une seule page](#)*

mai 2009

[Imprimer la page](#)

mai 2009

Toutes les informations écrites présentes sur ce site restent la propriété exclusive de auto-innovations.com. Toute publication, copie, diffusion ou retransmission de ces informations est strictement interdite sans l'accord écrit de auto-innovations.com.

[Nous écrire](#)

© Tous droits réservés 2009

[auto-innovations.com](#)

