



## Systemes ESC Audi

## Introduction

Les systèmes antipatinage et les systèmes d'aide à la conduite basés sur des freinages automatiques apportent une contribution importante à la sécurité active dans la circulation routière. La plupart du temps, nous ne remarquons même plus ces auxiliaires lors de la conduite quotidienne du véhicule.

Les dernières années ont été marquées par un développement accéléré dans le domaine des systèmes d'aide à la conduite. Les progrès technologiques, au niveau notamment du développement et de la production des composants électroniques, en sont la condition. L'utilisation commune de sous-fonctions par plusieurs systèmes, l'échange d'informations entre les différents systèmes ainsi que diverses dépendances sont la conséquence logique de cette évolution.

Pour le personnel du Service, la connaissance des relations fonctionnelles constitue un important défi.

Des connaissances dans ce domaine sont indispensables pour pouvoir expliquer au client les commandes et les fonctions, pour le contrôle des fonctions, pour la détection de défauts, pour le diagnostic et, finalement, pour le dépannage.

Le présent programme autodidactique se propose de vous enseigner les notions fondamentales de ces systèmes.

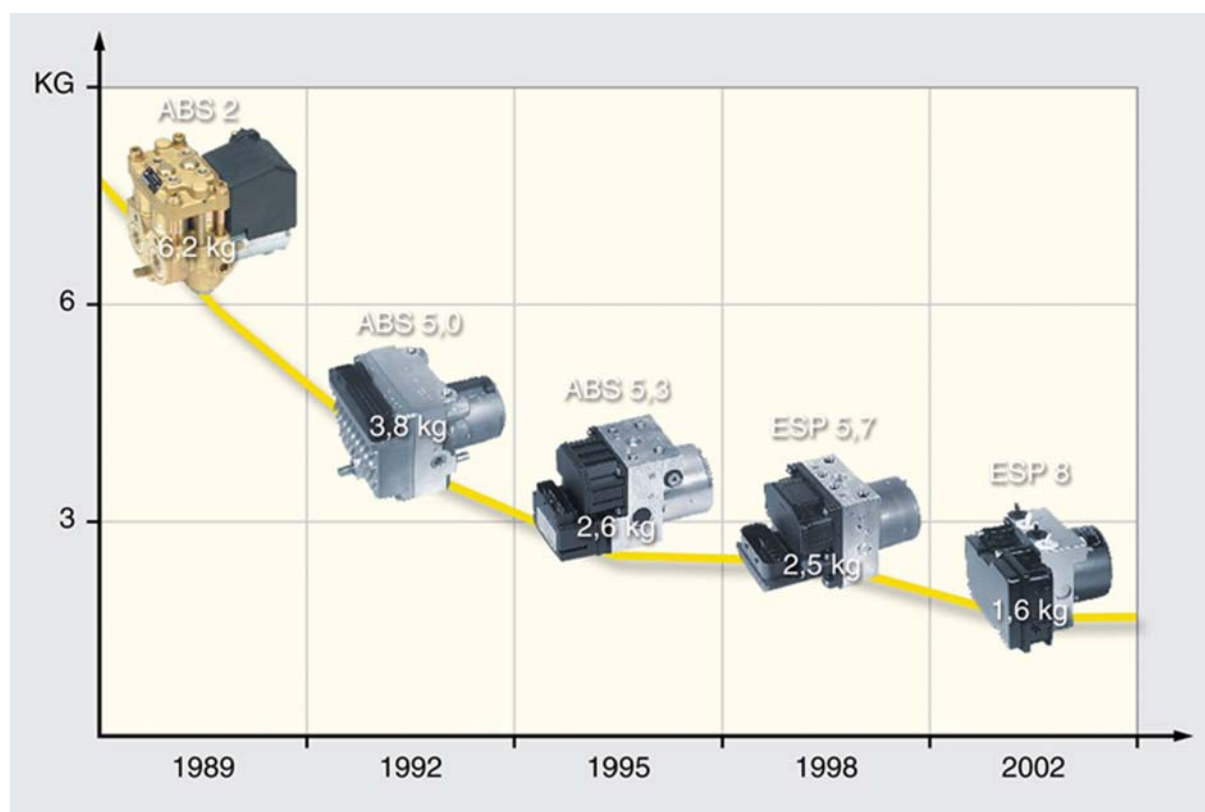


Illustration du développement en prenant pour exemple la taille et le poids de l'unité ABS/ESC (calculateur et bloc hydraulique) de la société Bosch.

475\_001

En raison du changement de la désignation ESP en ESC en 2012 à l'échelle du Groupe, la désignation ESC est utilisée pour la première fois dans ce programme autodidactique. Les désignations de composants, telles qu'« unité de capteurs ESP G419 » constituent ici une exception.

Ces désignations renfermant l'abréviation « ESP » continueront dans un premier temps d'être utilisées dans les documents et systèmes du Service.

## Connaissances de base de la dynamique de roulage

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| La liaison pneumatiques - chaussée | 5 |
|------------------------------------|---|

## Synoptique du système

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Classification des systèmes | 11 |
|-----------------------------|----|

## Systèmes de régulation basés sur l'ABS/ESC

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Le système antiblocage (ABS)                                         | 12 |
| Répartiteur électronique de la force de freinage (EBV)               | 21 |
| Blocage électronique de différentiel (EDS)                           | 23 |
| Système antipatinage (ASR)                                           | 26 |
| Régulation du couple d'inertie du moteur (MSR)                       | 28 |
| Contrôle électronique de stabilité (ESC)                             | 29 |
| Assistance hydraulique au freinage d'urgence (HBA)                   | 39 |
| Blocage transversal électronique (différentiel blocable inter-roues) | 41 |
| Commande de couple à sélection de roue                               | 43 |
| Systèmes d'assistance au démarrage                                   | 44 |
| Assistant de démarrage en côte                                       | 44 |
| Assistant de démarrage                                               | 47 |
| Assistant de descente                                                | 49 |
| Séchage des disques de frein                                         | 51 |
| Stabilisation de l'attelage                                          | 53 |
| Fading Brake Support (FBS)                                           | 54 |
| Assistance de freinage hydraulique optimisée (OHV)                   | 55 |
| Indicateur de contrôle de la pression des pneus (RKA)                | 56 |
| Détection d'un porte-bagages                                         | 57 |

## Systèmes externes

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Frein de stationnement électromécanique - fonction de freinage d'urgence (EPB) | 58 |
| Régulateur de vitesse (GRA+)                                                   | 59 |
| Adaptive Cruise Control (ACC)                                                  | 60 |

## Systèmes mandatés par l'ESC

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Direction dynamique                  | 64 |
| Driver Steering Recommendation (DSR) | 66 |

## Stratégie de régulation

## Commande et information du conducteur

## Opérations du Service

## Contrôle des connaissances

► Le programme autodidactique donne des notions de base sur la conception et le fonctionnement de nouveaux modèles automobiles, de nouveaux composants des véhicules ou de nouvelles techniques.  
**Le programme autodidactique n'est pas un manuel de réparation ! Les valeurs indiquées le sont uniquement à titre indicatif et se réfèrent à la version logicielle valable lors de la rédaction du programme autodidactique.**

Pour les travaux de maintenance et de réparation, prière de consulter la documentation technique d'actualité.



**Nota**



**Renvoi**

## Désignations des systèmes et abréviations utilisées dans la brochure

Les désignations communiquées par Audi AG sur le marché allemand sont utilisées. Dans certains cas, il est possible que des désignations différentes, généralement employées durant le processus de développement, soient utilisées. La colonne de droite indique les pages où se trouvent des informations détaillées sur les systèmes/fonctions considérés.

| Désignation                                                  | Abréviation | Page |
|--------------------------------------------------------------|-------------|------|
| Système antiblocage                                          | ABS         | 12   |
| Répartiteur électronique de la force de freinage             | EBV         | 21   |
| Blocage électronique de différentiel                         | EDS         | 23   |
| Régulation antipatinage                                      | ASR         | 26   |
| Régulation du couple d'inertie du moteur                     | MSR         | 28   |
| Contrôle électronique de stabilisation                       | ESC         | 29   |
| Assistance hydraulique au freinage d'urgence                 | HBA         | 39   |
| Blocage transversal électronique                             | -           | 41   |
| Commande de couple à sélection de roue                       | -           | 43   |
| Assistant de démarrage en côte                               | -           | 44   |
| Assistant de démarrage                                       | -           | 47   |
| Assistant de descente                                        | -           | 49   |
| Séchage des disques de frein                                 | -           | 51   |
| Stabilisation de l'attelage                                  | -           | 53   |
| Fading Brake Support                                         | FBS         | 54   |
| Assistance de freinage hydraulique optimisée                 | OHBV/HBV    | 55   |
| Indicateur de contrôle de la pression des pneus (plus)       | RKA(+)      | 56   |
| Détection d'un porte-bagages                                 | -           | 57   |
| Frein de stationnement électromécanique - freinage d'urgence | EPB         | 58   |
| Régulateur de vitesse plus                                   | GRA+        | 59   |
| Adaptive Cruise Control                                      | ACC         | 60   |
| Direction dynamique                                          | -           | 64   |
| Driver Steering Recommendation                               | DSR         | 66   |



# Connaissances de base de la dynamique de roulage

Pour commencer, nous allons brièvement expliquer les bases essentielles du comportement dynamique des véhicules, nécessaires à la compréhension des fonctions des systèmes traités dans cette brochure.

## La liaison pneumatiques - chaussée

La surface de contact du pneumatique d'une roue de véhicule avec la chaussée est appelée plan de roue. Cette surface a dans la pratique une forme pour ainsi dire ovale.

C'est à ce niveau qu'a lieu la transmission de la force nécessaire pour les différentes manœuvres de conduite, telles que propulsion (accélération), freinage ou négociation de virages.



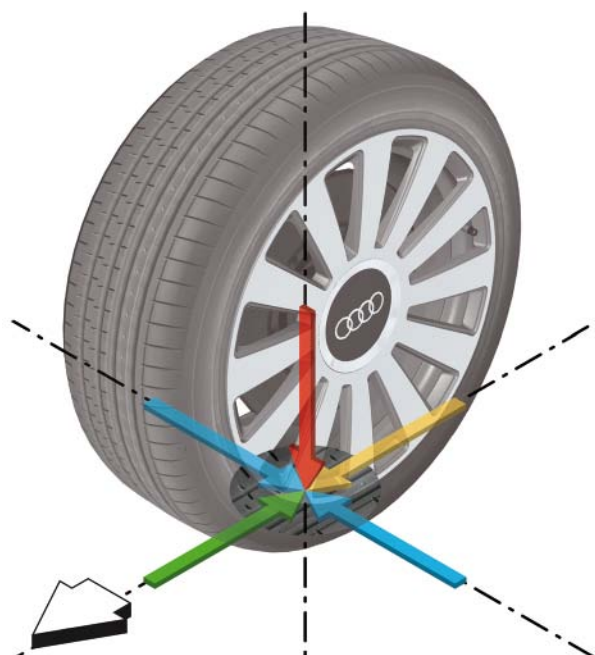
475\_002

### Forces agissant dans le plan de roue

Il existe divers types de forces jouant le rôle de forces de réaction dans le plan de roue entre le pneumatique et la chaussée. Les forces de pesantueur résultant des charges sur l'essieu/la roue sont toujours en action. Suivant la situation routière, des forces motrices, de freinage et forces de guidage latérales viennent s'y ajouter. Les forces se différencient au niveau de leur sens d'action. Les forces de pesantueur agissent dans le sens vertical du véhicule. Les forces motrices agissent dans le sens de marche, les forces de freinage s'opposent au sens de marche.

Des forces de guidage latérales se produisent dans les virages. Elles ont pour effet une trajectoire circulaire de la roue qui roule et agissent donc pratiquement perpendiculairement par rapport aux forces motrices et de freinage (dans le sens transversal). Pour toutes les observations suivantes, ce sont surtout les forces agissant dans le sens longitudinal du véhicule (forces motrices et de freinage) ainsi que les forces de guidage latérales qui revêtent de l'importance.

-  Force de pesantueur
-  Force de guidage latérale
-  Force de freinage
-  Force motrice



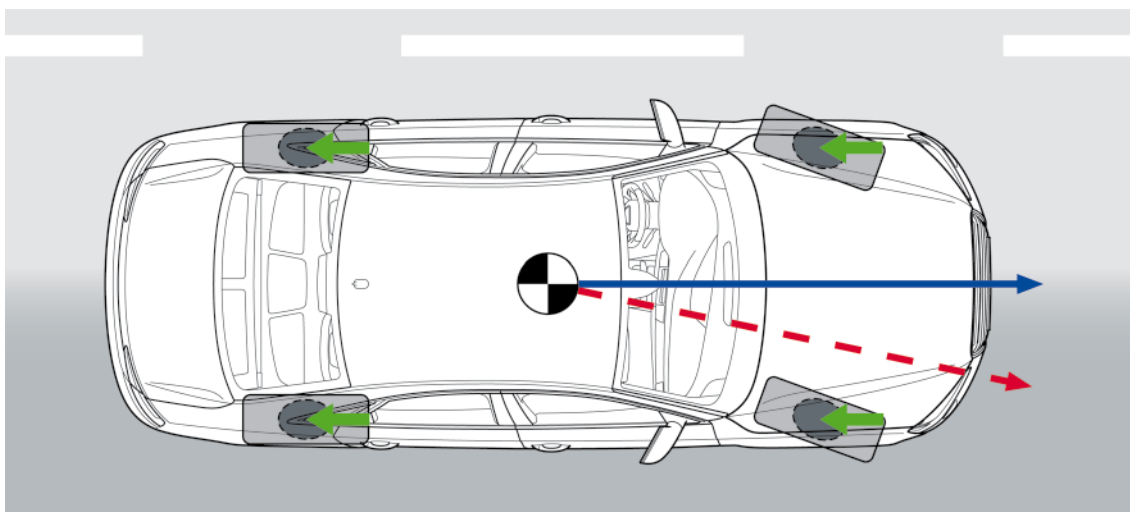
475\_003

### Rapport réciproque des forces - le « cercle de Kamm »

Les forces décrites ne peuvent pas être augmentées à volonté. C'est ce que se propose de démontrer l'exemple de freinage suivant.

Un véhicule sans fonction ABS est, en ligne droite, freiné si fort que les roues avant bloquent presque.

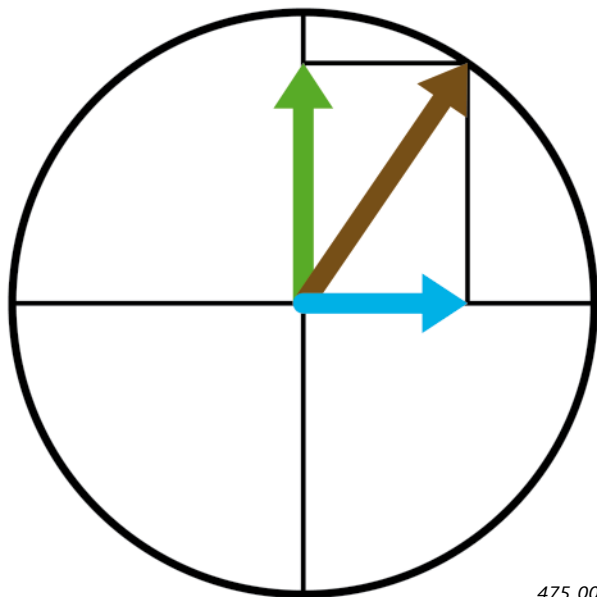
Pour éviter un obstacle, le conducteur procède tout de suite après à un braquage supplémentaire du volant de direction. En dépit des roues braquées, le véhicule continue de rouler tout droit. Les forces latérales n'entrent donc par en action.



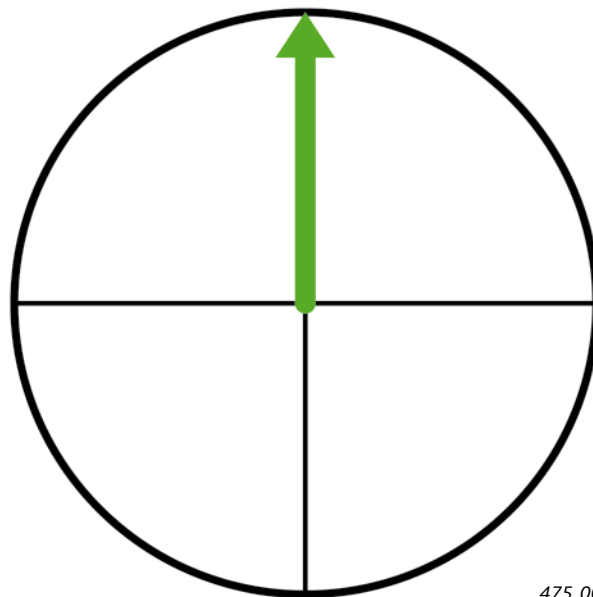
475\_004

La valeur maximale des forces efficaces peut être définie dans une représentation modélisée.

Cette représentation est appelée « cercle de Kamm », d'après le nom de son inventeur, le Professeur Kamm.



475\_005



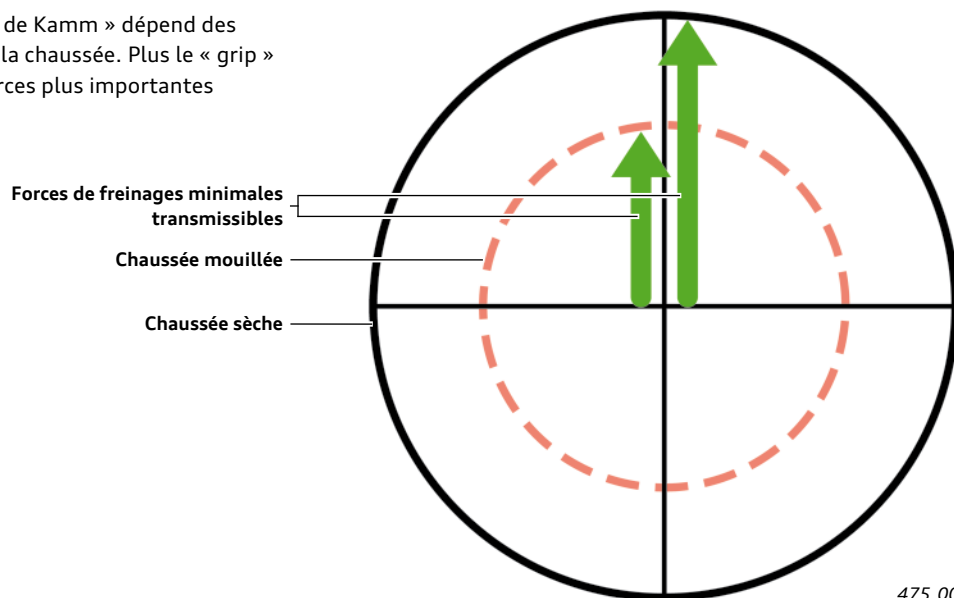
475\_006

-  Force totale
-  Force de guidage latérale
-  Force longitudinale (force de freinage)

Le rayon du cercle caractérise la force totale maximale pouvant être transmises par le pneu (roue) à la chaussée. En fonction de cela, la force transversale maximale transmissible (force de guidage latérale) dépend de la force longitudinale (force motrice ou de freinage) réalisée.

Représentation des forces efficaces de l'exemple ci-dessus : La force de freinage maximale possible est établie. En dépit d'un braquage, les forces de guidage latérales ne peuvent plus agir. Le véhicule continue de rouler tout droit.

La taille (rayon ou diamètre) du « cercle de Kamm » dépend des rapports d'adhérence entre les roues et la chaussée. Plus le « grip » est bon, plus le cercle est grand. Des forces plus importantes peuvent alors être transmises.

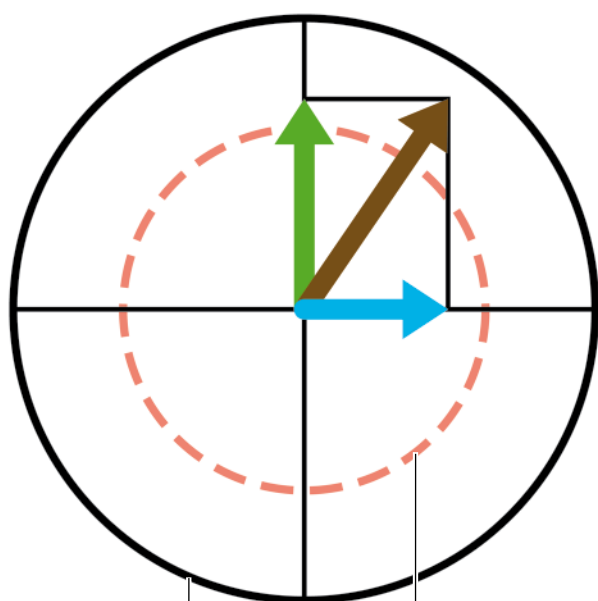


475\_007

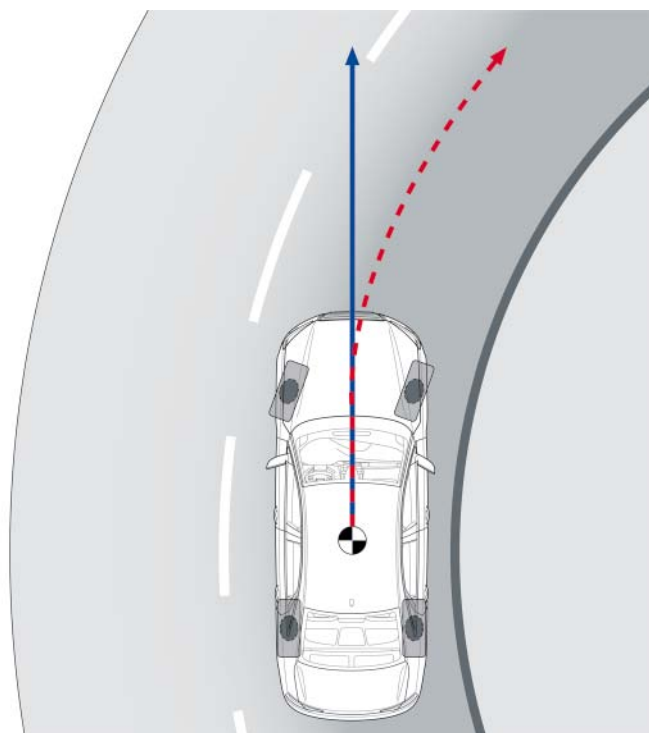
Si par exemple, durant un état de marche donné, la nature de la surface de la chaussée vient à changer brusquement (par ex. de sec à mouillé), les forces qui étaient encore transmissibles peuvent devenir trop élevées. C'est ici qu'entrent en jeu les « aides électroniques » que nous allons décrire ci-après.

Dans le graphique, une situation routière de ce type est représentée via le « cercle de Kamm ». Le véhicule roule sur une chaussée sèche, le conducteur freine dans un virage. Le potentiel disponible n'est alors pas exploité. Durant le freinage, le véhicule arrive sur une portion de chaussée humide. Du fait de la variation de l'état de surface et donc des rapports d'adhérence entre la chaussée et les pneus, les forces maximales transmissibles sont maintenant nettement plus faibles.

Dans notre exemple, la force de freinage pilotée par le conducteur est trop élevée pour réaliser en plus un guidage latéral stable du véhicule. Sans utilisation de systèmes de stabilisation, le véhicule se trouverait dans un état de marche instable au plan de la dynamique de roulage. Le rayon de courbe nécessaire ne serait plus réalisable du fait de la perte du guidage latéral et le véhicule quitterait la chaussée.



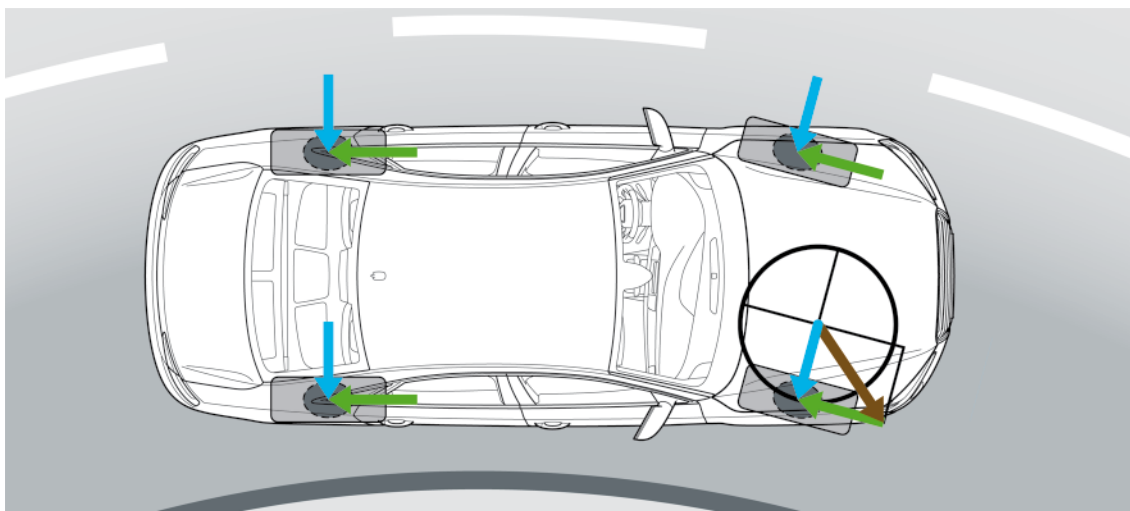
475\_008



475\_008a

Dans le deuxième exemple représenté ici, le véhicule négocie un virage. Les forces de guidage latérales maximales possibles sont alors atteintes. Si le conducteur doit par exemple freiner en raison d'un véhicule roulant plus lentement devant lui, la transmission de forces de freinage suffisamment importantes à la chaussée n'est plus possible.

Dans le cas extrême, il s'ensuit un comportement dynamique critique du véhicule, les roues peuvent bloquer en raison des forces de freinage induites. La conséquence immédiate en est la sortie involontaire du véhicule de sa file de circulation, avec risque imminent d'accident.



475\_009

Le « cercle de Kamm » est une représentation idéalisée décrivant parfaitement la situation fondamentale. La grandeur absolue des forces maximales transmissibles (et donc du rayon correspondant du « cercle de Kamm ») dépend essentiellement des rapports d'adhérence entre les pneumatiques et la surface de la chaussée. En sport automobile, on parle de « grip » (accroche du pneu). Si l'on observe l'agrandissement d'image de la zone de contact du pneu avec la surface de la chaussée, on peut y voir une sorte d'« imbrication » entre le caoutchouc du pneumatique et le revêtement de la chaussée. Plus cet effet d'imbrication est « marqué », plus l'adhérence entre les pneumatiques et la chaussée est importante et plus les forces transmissibles sont élevées.

Les critères déterminant les conditions d'adhérence sont :

- ▶ Matériau du revêtement de la chaussée (asphalte, béton, etc.)
- ▶ Propriétés des matériaux de la bande de roulement (mélange de caoutchouc)
- ▶ État du revêtement de la chaussée (sec, mouillé, verglacé, etc.)
- ▶ Vitesse du véhicule
- ▶ Comportement thermique du pneu (par ex. différences entre pneus d'été et d'hiver)
- ▶ Comportement thermique de la chaussée



« Imbrication » entre le pneumatique et la chaussée

475\_010

### Le coefficient d'adhérence $\mu$

Sans adhérence entre le pneumatique et la chaussée, aucune transmission de force n'est possible. La roue motrice patine sans qu'il n'y ait de déplacement vers l'avant. La roue en rotation freinée bloque sans réduire la vitesse du véhicule. Le coefficient d'adhérence  $\mu$  a été défini pour décrire les rapports d'adhérence entre les surfaces de deux corps. Il se définit comme le rapport entre la force comprimant un corps sur la surface d'un autre corps et la force requise pour déplacer le corps sur cette surface. Les forces de traction et de décélération maximales se produisent alors au moment de la transition entre la position de repos du corps et l'amorce du déplacement. Le coefficient d'adhérence correspondant à cet état est appelé coefficient d'adhérence statique. Lorsqu'il y a déplacement relatif entre les corps, on parle de coefficient de frottement dynamique.

Dans le cas du couple de frottement « caoutchouc du pneumatique - revêtement de la chaussée », cette distinction n'est toutefois pas possible. Dans la pratique, un frottement statique et un frottement dynamique se produisent simultanément, dans le cas d'une roue en rotation, entre le pneumatique et la chaussée.

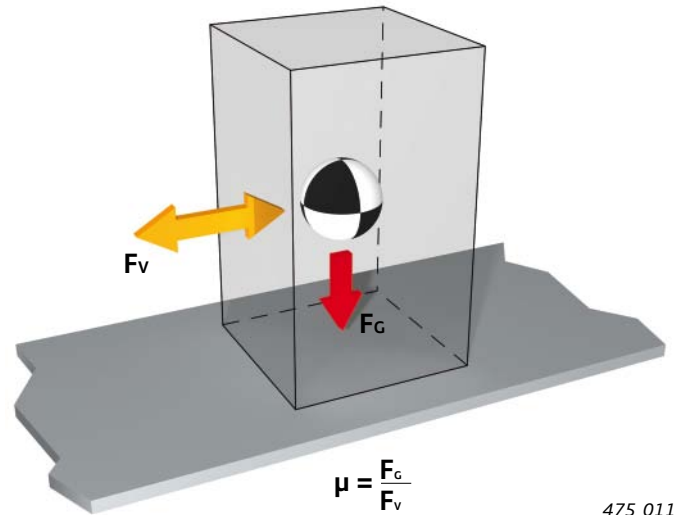
Dans le cas du couple de frottement « pneumatique - surface de la chaussée », le coefficient d'adhérence dépend essentiellement de :

- État de la surface de la chaussée
- État des pneumatiques
- Vitesse du véhicule

Valeurs approximatives des coefficients d'adhérence pour différents états de la surface de la chaussée pour une vitesse du véhicule de 60 km/h :

- Asphalte sec : 0,9
- Asphalte mouillé : 0,4
- Béton sec : 0,9
- Béton mouillé : 0,5

Grâce aux caractéristiques spécifiques du matériau des pneus, des coefficients d'adhérence  $>1$  sont réalisables dans des cas d'application spéciaux (en sport automobile, ce coefficient peut aller jusqu'à 2).



475\_011



475\_012



### Le patinage

Pour qu'une transmission de force du pneumatique à la chaussée soit possible, les particules de caoutchouc dans les blocs de profils du pneu doivent être déformées (précontraintes). Il en résulte un déplacement relatif permanent du pneu par rapport à la chaussée. Cette différence de vitesse est appelée patinage.

Le graphique représente un modèle de déformation du caoutchouc du pneu d'une roue en rotation. Dans ce modèle, le caoutchouc se compose d'un grand nombre de petits blocs individuels. Lors de l'« entrée » des blocs de caoutchouc dans le plan de la roue, ces derniers sont comprimés. Du fait du comportement élastique du caoutchouc, il se produit alors une déformation des blocs. Dans la zone arrière du plan de roue, les blocs déformés se détendent à nouveau avant de « quitter » la surface de contact du pneu.

$$\frac{V_F - V_R}{V_F} \cdot 100 \%$$

$V_F$  = vitesse du véhicule

$V_R$  = vitesse de la roue

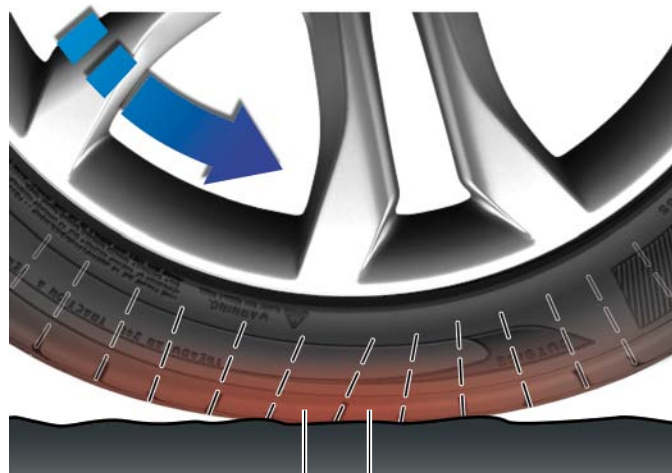
475\_014

### Autres facteurs influant sur la valeur des forces maximales transmissibles :

Outre le coefficient d'adhérence, la force de pesanteur (charge sur la roue) et la taille de la surface de contact du pneu influent sur la valeur des forces transmissibles.

Lorsque la charge sur la roue augmente, les forces transmissibles augmentent ; elles augmentent également en cas d'agrandissement de la surface de contact du pneu. C'est pourquoi des pneus largement dimensionnés sont utilisés pour les véhicules de motorisation puissante.

Suivant qu'il y a induction d'une force de traction ou de freinage, on fait la distinction entre patinage à l'accélération et patinage au freinage. La transmission optimale de la force de traction a lieu pour des valeurs de patinage maximales de l'ordre de 10 %. C'est dans cette plage que les forces motrices maximales peuvent être transmises.



475\_013

Blocs des profils « comprimés »

En cas d'accélération, le patinage prend des valeurs négatives. Lors de freinages, les rapports sont inversés.



475\_015

# Synoptique du système

## Classification des systèmes

Le point de départ du développement très dynamique des systèmes de régulation antipatinage a été le système antiblocage ABS. Les développements qui ont suivi, tels qu'ASR (antipatinage) et EDS (blocage électronique de différentiel) sont, tout comme l'ABS, des systèmes de régulation du patinage « classiques ». Leur mission est d'influer sur la traction et le freinage en réalisant des valeurs de patinage de roue définies ou d'exercer une influence positive directe sur le comportement dynamique (ESC). Au cours des dernières années, de nombreux autres systèmes n'entrant plus explicitement dans la catégorie des systèmes « classiques » ont été mis au point. Ainsi, la fonction de séchage des disques de frein assiste la fonction de freinage en cas de pluie et avec les essuie-glace activés, sans toutefois exercer d'influence directe sur le patinage au freinage entre le pneu et la chaussée.

Pour plus de clarté, les systèmes ont été regroupés en fonction des critères suivants :

- ▶ Systèmes exerçant une influence sur les freinages, démarrages/accélérations ou l'état de marche proprement dit.
- ▶ Certains des systèmes mis au point du cours des dernières années ont également exploité la possibilité de réaliser sur « demande » de l'ESC une génération active (automatique) de la pression de freinage indépendamment du comportement du conducteur (ACC par ex.). Nous parlerons ici de « systèmes externes ».
- ▶ Le troisième groupe principal de systèmes est caractérisé par le fait que l'ESC utilise lui-même, en le « mandatant », un autre système destiné à augmenter la stabilité directionnelle.

L'indicateur de contrôle de la pression des pneus, qui utilise les valeurs de mesure traitées par l'ESC pour une fonction d'aide à la conduite, constitue ici une exception. Il agit donc comme un système externe, en dépit du fait que le logiciel RKA soit intégré dans le calculateur d'ABS/ESC. C'est pourquoi, dans notre liste, l'indicateur de contrôle de la pression des pneus s'inscrit dans la catégorie des systèmes externes.

### Systèmes de régulation basés sur l'ABS/ESC

- ▶ ABS (système antiblocage)
- ▶ EBV (répartiteur électronique de force de freinage)
- ▶ HBA (dispositif de freinage de secours)
- ▶ FBS (Fading Brake Support)
- ▶ Séchage des disques de frein
- ▶ OHBV (assistance de freinage hydr. optimisée)
- ▶ MSR (régulation du couple d'inertie du moteur)

- ▶ ASR (antipatinage)
- ▶ EDS (blocage électronique de différentiel)
- ▶ Assistant de démarrage en côte
- ▶ Assistant de démarrage

- ▶ ESC (contrôle électronique de stabilité)
- ▶ Blocage transversal électronique (différentiel blocable inter-roues)
- ▶ Commande de couple à sélection de roue
- ▶ Assistant de descente
- ▶ Stabilisation de l'attelage
- ▶ Détection d'un porte-bagages

### Systèmes externes

- ▶ ACC (régulateur de vitesse actif)
- ▶ GRA+ (régulateur de vitesse « plus »)
- ▶ EPB (frein de stationnement électromécanique)
- ▶ RKA+ (indicateur de contrôle de la pression des pneus « plus »)

### Systèmes mandatés par l'ESC

- ▶ Direction dynamique (pour ESC et DSR)
- ▶ Direction assistée électromécanique (pour DSR)
- ▶ Moteur de propulsion (pour ASR et MSR)

 Influence sur le freinage

 Influence sur le démarrage/l'accélération

 Influence sur la dynamique de roulage



# Systèmes de régulation basés sur l'ABS/ESC

L'ordre de présentation des systèmes de régulation antipatinage « classiques » correspond approximativement à l'historique de leur développement.

Cet ordre a été choisi en vue d'une présentation claire des extensions du système.

## Le système antiblocage (ABS)

### Historique, fonction de base

Lors de l'explication du « cercle de Kamm », il a déjà été donné l'exemple d'un freinage pour lequel la force de freinage est si élevée qu'il n'est plus possible d'établir de forces de guidage latérales. Le véhicule n'est plus dirigeable dans cette situation. Dès 1920, un système hydraulique destiné à la mise en œuvre en aéronautique, dont l'objectif était de limiter la force de freinage maximale et le blocage des roues freinées, a été mis au point.

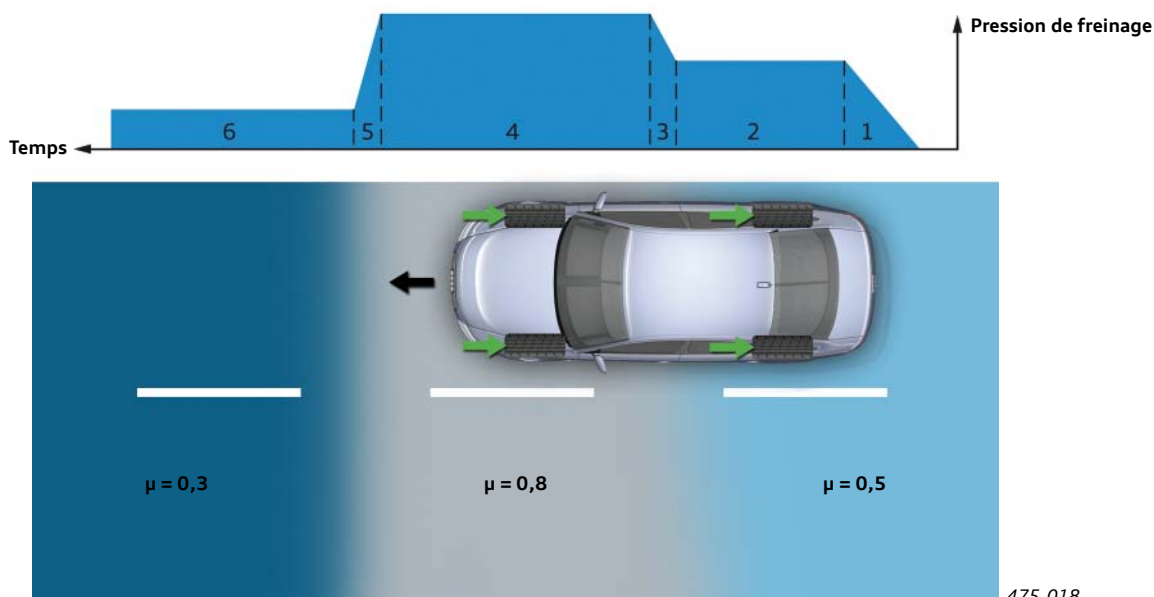
Suite à cela, un brevet décrivant ce type de régulateur appliqué à l'automobile a été octroyé à la société Bosch. C'est en 1969 que le premier système antiblocage à commande électronique de la société ITT a été présenté au public. Chez Audi AG, l'Audi 200 a été en 1980 le premier modèle de véhicule à être équipé d'un ABS de la société Bosch.



475\_017

Le principe de fonctionnement de l'ABS consiste à limiter la pression de freinage à une valeur autorisant encore la transmission de forces de guidage latérales.

Comme l'état de la chaussée peut varier durant le freinage, le système doit être en mesure de maintenir la pression de freinage ou d'autoriser, par des processus de régulation rapide, l'établissement d'une pression de freinage par le conducteur ou bien la réduction de la pression de freinage (voir exemple suivant).



475\_018

Le conducteur débute le freinage sur chaussée humide (section 1). La pression de freinage induite par le conducteur entraînerait, pour ces conditions de la chaussée, un blocage des roues. L'ABS doit réguler la force de freinage à une valeur appropriée, tant que l'état de la chaussée ne change pas (section 2). Par la suite, l'état de la chaussée change, comme le revêtement est maintenant sec, la pression de freinage peut être légèrement augmentée (section 3).

Après l'augmentation, il y a à nouveau régulation à une nouvelle valeur (section 4). Lorsque les roues arrivent sur le revêtement de la chaussée mouillée, il faut réduire la pression de freinage pour éviter un blocage (section 5). L'objectif de cette stratégie de régulation est de réduire la course du freinage à un minimum tout en conservant la dirigeabilité du véhicule.

## Réalisation technique

### Vue d'ensemble

Nous allons vous présenter brièvement, en prenant pour exemple un Audi Q5, tous les composants du système nécessaires à la réalisation des systèmes de régulation expliqués ci-après. Les composants repérés en bleu sont indispensables à la réalisation de la fonction ABS.

La réalisation de la pression de freinage requise est généralement assurée par les trois fonctions de régulation suivantes :

- Maintien constant de la pression de freinage momentanée
- Baisse de la pression de freinage momentanée
- Augmentation de la pression de freinage momentanée

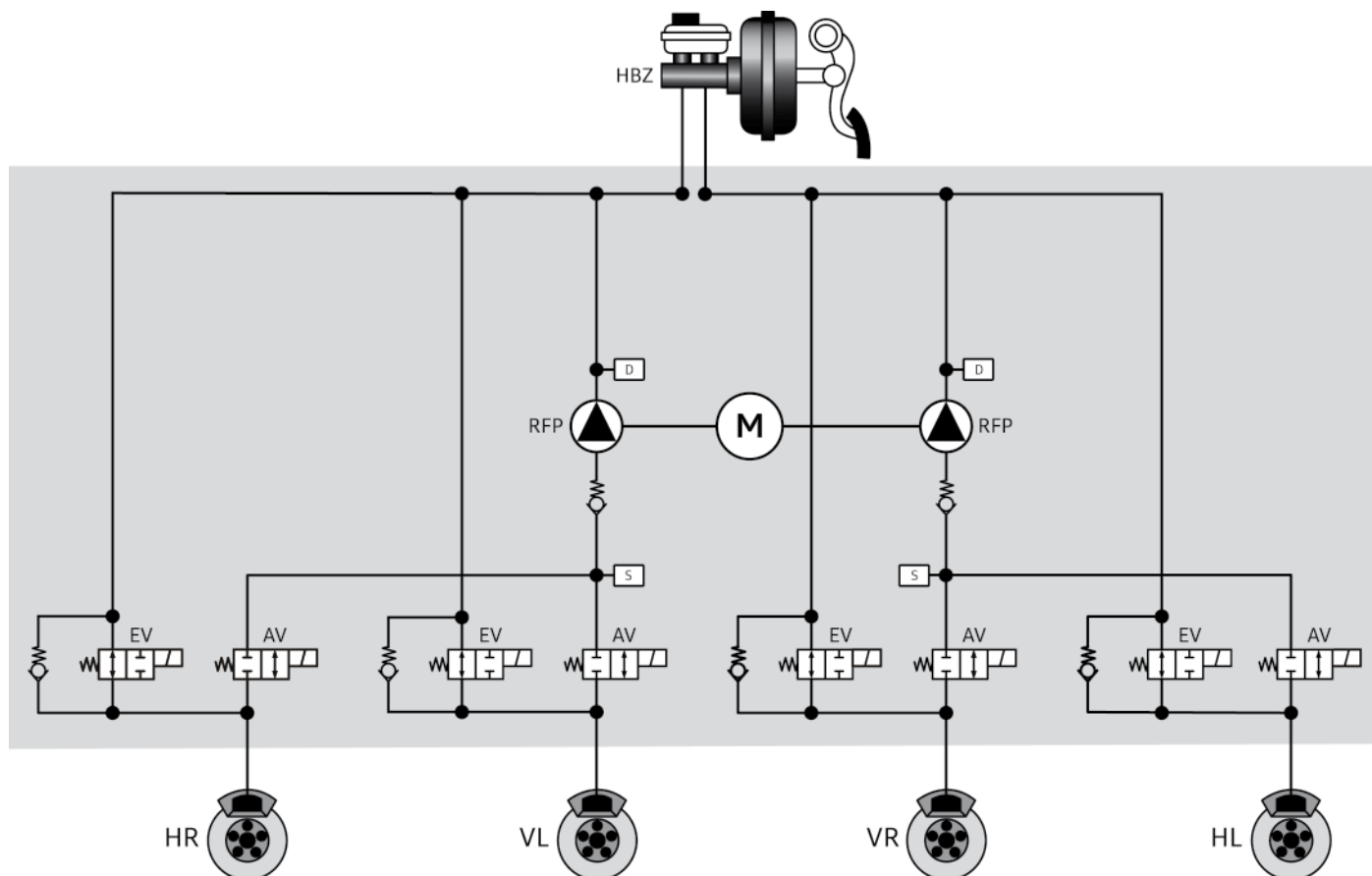
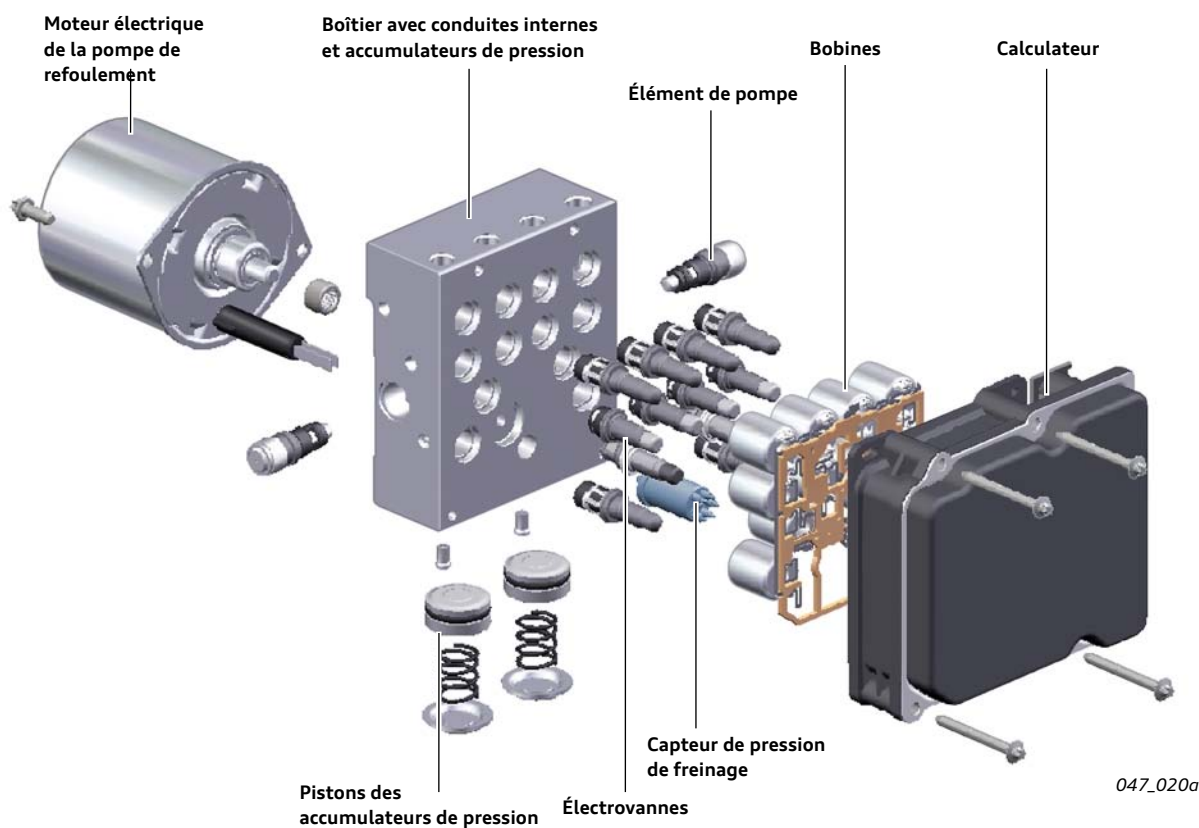
Dans la suite du texte, les trois fonctions de régulation seront désignées par « maintien de la pression de freinage », « réduction de la pression de freinage » et « génération de la pression de freinage ».



## Unité hydraulique

L'unité hydraulique renferme tous les composants hydrauliques nécessaires à la réalisation des fonctions de génération, de maintien et de réduction de la pression de freinage. Il s'agit essentiellement d'électrovannes ainsi que de la pompe de refoulement et de son entraînement par moteur électrique.

L'unité est complétée par des accumulateurs de pression, diverses conduites internes et des clapets antiretour. Suivant l'exécution, au moins un capteur de pression de freinage interne est monté pour l'enregistrement des pressions de freinage pilotées.

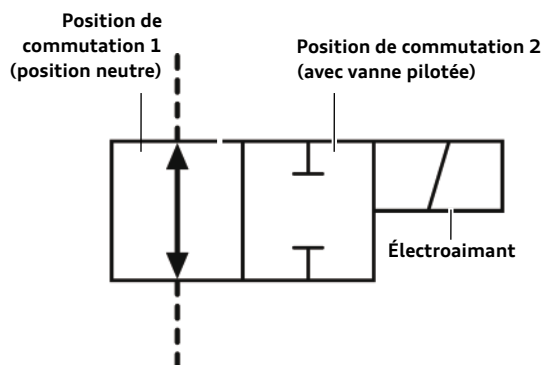


**HBZ** = Maître-cylindre de frein avec servofrein et pédale de frein  
**HR** = Frein de roue arrière droit  
**VL** = Frein de roue avant gauche  
**VR** = Frein de roue avant droit  
**HL** = Frein de roue arrière gauche  
**M** = Moteur électrique d'entraînement de la pompe de refoulement  
**RFP** = Pompe de refoulement  
**EV** = Vannes d'aspiration  
**AV** = Vannes d'échappement  
**S** = Accumulateur  
**D** = Amortisseur

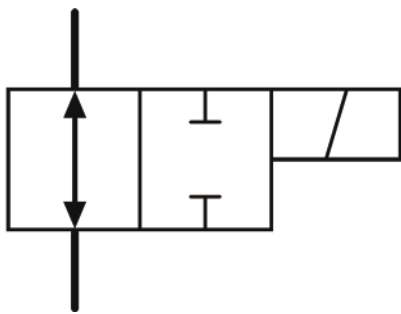
En vue d'une meilleure compréhension du schéma hydraulique, nous allons brièvement expliquer les positions de commutation des électrovannes. Il est fait appel à des vannes de commutation 2/2. La désignation indique qu'il s'agit de vannes de commutation à deux raccords et deux positions de commutation possibles. Les vannes peuvent être traversées dans les deux directions en fonction des conditions de pression considérées.

Sur le schéma hydraulique, toutes les vannes sont représentées à l'état de commutation non activées (non pilotées). Les vannes d'aspiration sont ouvertes dans cette position neutre, les vannes d'échappement fermées.

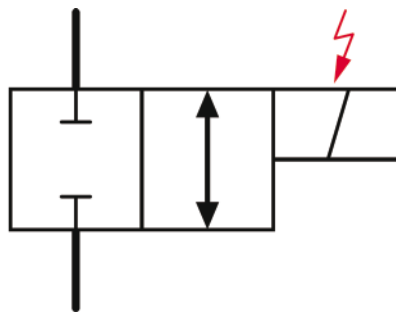
Lors du pilotage électrique des vannes, ces dernières passent en deuxième position de commutation respective, la vanne d'aspiration se ferme, la vanne d'échappement s'ouvre.



475\_021

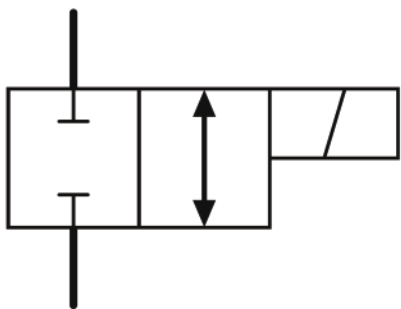


Vanne d'aspiration en position neutre (ouverte)

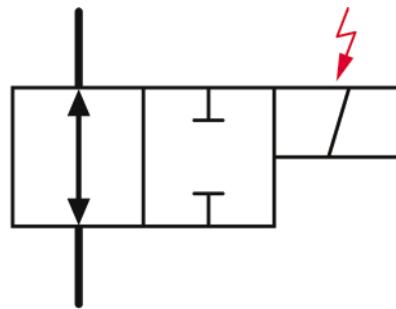


Vanne d'aspiration pilotée (fermée)

275\_022



Vanne d'échappement en position neutre (fermée)



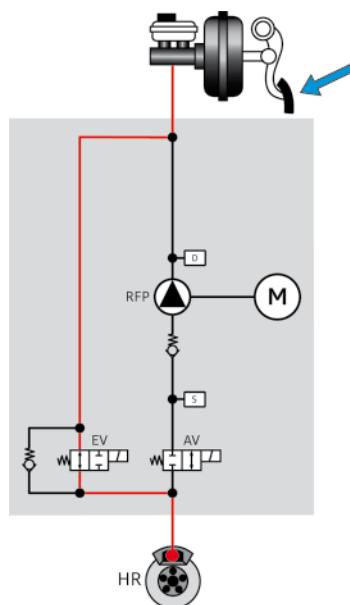
Vanne d'échappement pilotée (ouverte)

275\_023

Pour plus de clarté, seul le pilotage du frein de roue d'une roue est observé. Le calculateur d'ABS permet de piloter individuellement les quatre roues.

### Génération d'une pression de freinage par le conducteur (sans régulation active)

Lorsque le conducteur actionne la pédale de frein, il y a également établissement de la pression de freinage avec les vannes non pilotées (en position neutre des vannes). Du fait des vannes d'aspiration ouvertes, la liaison directe du maître-cylindre de frein aux freins de roues est assurée en toutes circonstances. Si le conducteur relâche la pédale, la pression de freinage est réduite de la même manière.

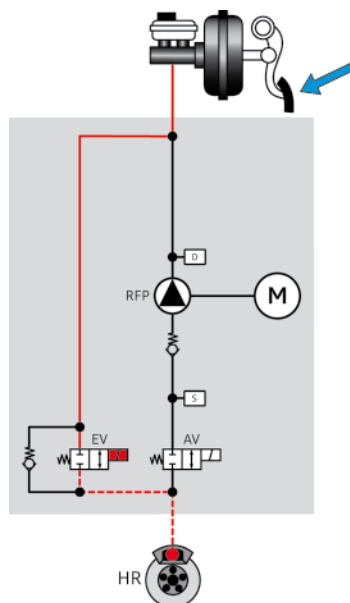


475\_024

### Fonction de régulation « maintien de la pression de freinage »

Si la pression de freinage générée par le conducteur est trop élevée (la pression de freinage n'autorise pas de force de guidage latérale supplémentaire - voir « cercle de Kamm »), les vannes d'échappement considérées sont pilotées sélectivement par roue et fermées. Bien que le conducteur continue d'exercer une pression sur la pédale de frein, la force de freinage n'augmente pas plus.

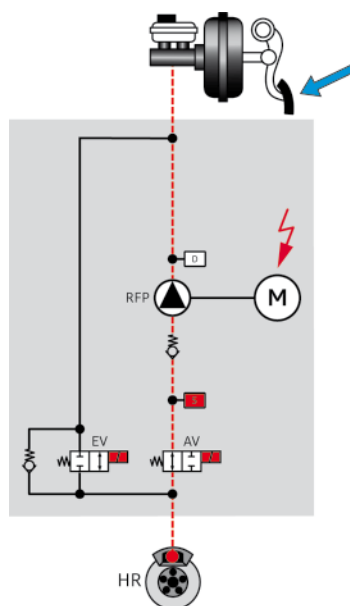
Si la pression de freinage peut à nouveau être augmentée en raison de conditions modifiées, la vanne d'aspiration est ouverte à nouveau.



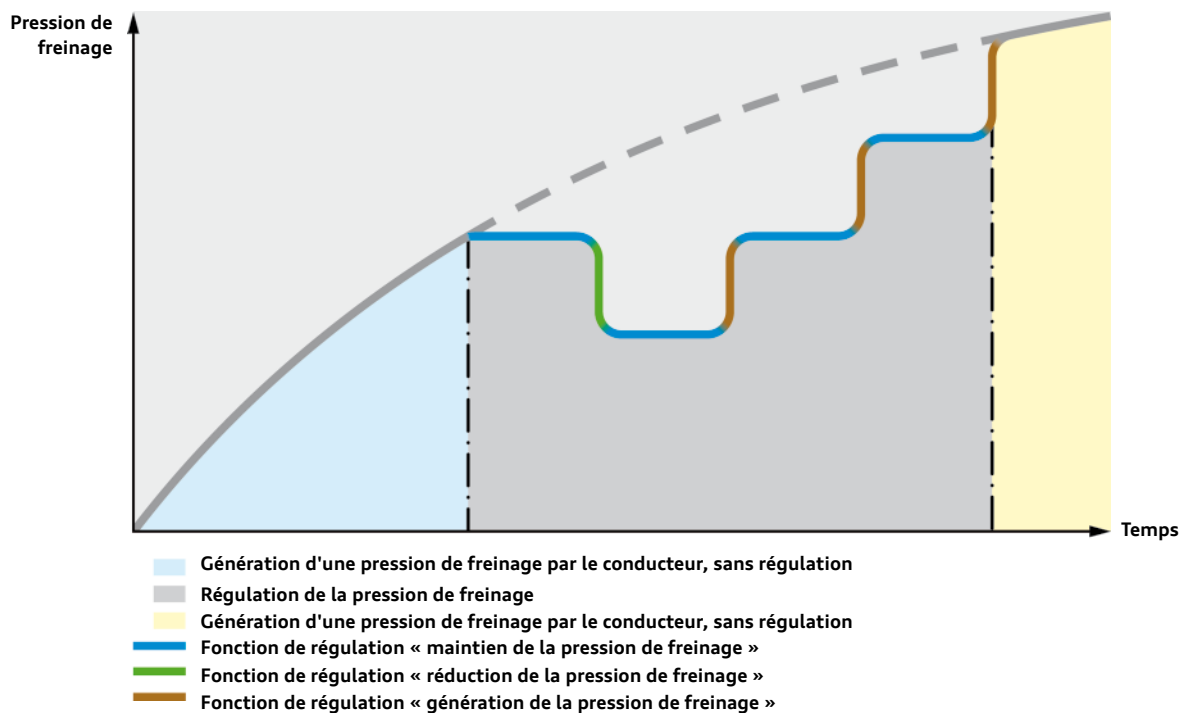
475\_025

### Fonction de régulation « diminution de la pression de freinage »

Si la pression de freinage est trop élevée au niveau du frein de roue considéré, la fonction de réduction de la pression de freinage est activée. La vanne d'aspiration correspondante est fermée, la vanne d'échappement est ouverte. Pour une réduction rapide de la pression, les accumulateurs internes sont remplis en premier. Si cela ne suffit pas, il faut refouler le liquide de frein contre la pression de freinage pilotée par le conducteur. La pression nécessaire est réalisée par pilotage du moteur électrique, qui entraîne la pompe de refoulement. Le conducteur sensible remarque ce processus à une légère pulsation de la pédale de frein.



475\_026



475\_027

Une régulation ABS se compose d'une séquence rapide des fonctions décrites, à savoir génération, maintien et réduction de la pression de freinage.

Les fonctions sont réalisées par de courtes impulsions de l'ordre de quelques millisecondes. Le graphique représente à titre d'exemple ce type de séquence d'impulsions.

### Calculateur

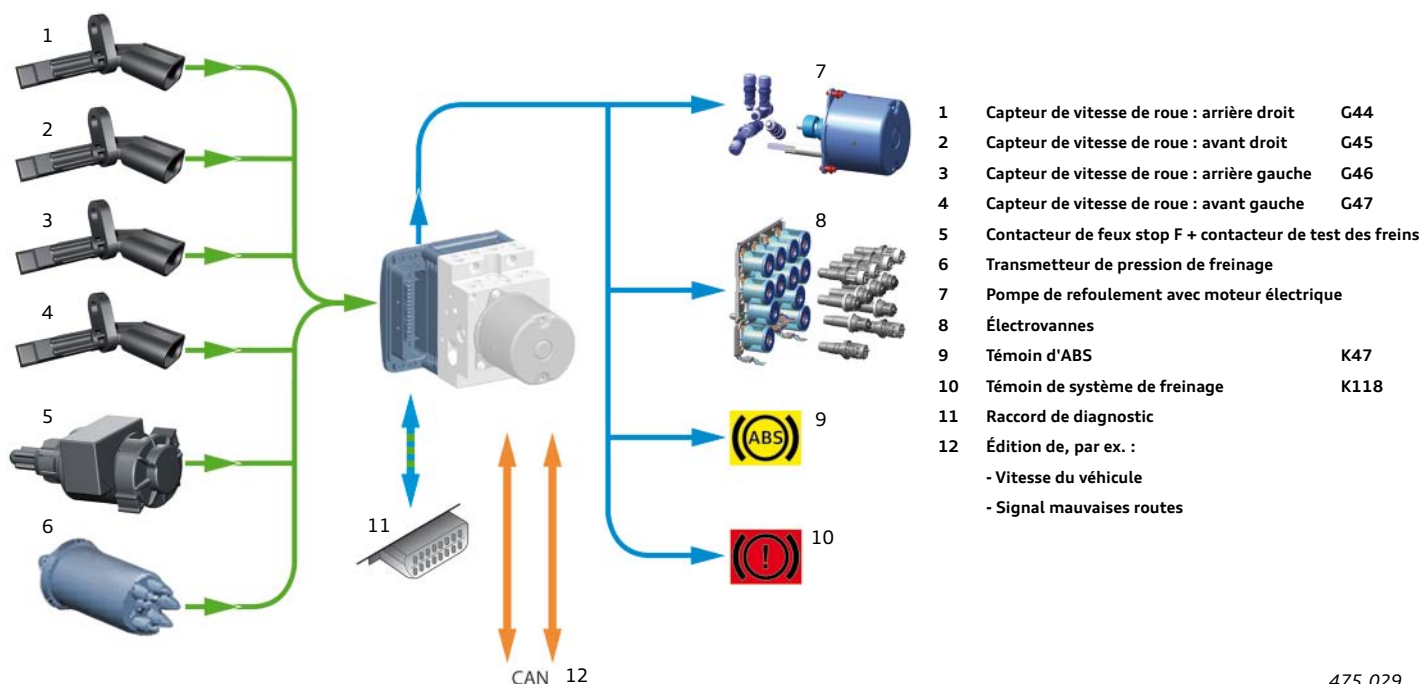
Le calculateur détecte qu'une régulation est nécessaire par évaluation permanente des signaux d'entrée.

Le calculateur exécute alors la régulation par un pilotage ciblé des électrovannes et de la pompe de refoulement. Dans le cas des premières générations d'ABS, le calculateur et l'unité hydraulique étaient implantés à différents endroits du véhicule. Depuis la génération Bosch 5.3, le calculateur d'ABS et l'unité hydraulique sont regroupés en une seule unité.

Depuis la génération 5.7, le calculateur d'ABS/ESC et l'unité hydraulique constituent également une unité.



475\_028



475\_029



## Signaux d'entrée indispensables pour l'ABS

### Vitesses de rotation de roue :

Le calculateur calcule la vitesse du véhicule à partir des vitesses des roues. Il compare les vitesses des roues individuelles avec la vitesse du véhicule et calcule les valeurs du patinage au freinage.

### Pression de freinage :

Le capteur de pression de freinage mesure la pression de freinage dans le circuit primaire. Cette pression de freinage est prise en compte lors de la détermination de l'algorithme de régulation nécessaire. En outre, ce signal plausibilise la fonction du contacteur de feux stop/de test des freins.

### Signal du contacteur de feux stop :

Le signal sert à détecter quand le conducteur amorce un freinage.

### Signal du contacteur de test des freins :

Le signal inverse du contacteur de feux stop est utilisé comme signal redondant.

### Édition du signal mauvaises routes :

Le signal mauvaises routes est envoyé si besoin est par le calculateur d'ABS au calculateur du moteur.

Le calculateur du moteur exploite les signaux des détecteurs de cliquetis pour détecter les ratés de combustion et l'instabilité de fonctionnement du moteur en résultant.

Sur de mauvaises routes, des excitations (forces) transmises par la chaussée aux roues motrices peuvent également être à l'origine d'une instabilité de fonctionnement du moteur. Le calculateur d'ABS reconnaît les mauvaises routes par exploitation des signaux de vitesse des roues. Cela est communiqué au calculateur du moteur. Le calculateur du moteur connaît ainsi la raison de l'instabilité de fonctionnement du moteur et ne réagit pas par des interventions dans la gestion du moteur.

## Signaux de sortie

### Pilotage des électrovannes :

Le calculateur délivre les signaux de pilotage des électrovannes.

### Pilotage de la pompe de refoulement :

L'entraînement du moteur électrique de la pompe de refoulement réalise la fonction de réduction de la pression de freinage.

### Édition de la vitesse du véhicule :

La vitesse du véhicule actuelle calculée est délivrée et mise à disposition d'autres utilisateurs/systèmes du véhicule. Comme la vitesse déterminée par l'ABS est très précise, elle sert également de base pour l'indicateur de vitesse du combiné d'instruments.

### Éditions pour l'information du conducteur :

En cas de besoin, des informations système importantes sont signalées au conducteur sous forme de texte et par des témoins. Vous trouverez des informations détaillées à ce sujet au chapitre Commande et information du conducteur.



475\_030

## Capteurs

### Capteurs de vitesse G44-G47 :

Les vitesses de rotation des roues sont mesurées séparément sur les quatre roues. Sur tous les modèles Audi actuels, il est fait appel à des capteurs actifs. « Actif » signifie que les capteurs possèdent leur propre alimentation électrique et convertissent les grandeurs physiques en grandeurs électriques ou bien les délivrent sous forme numérique.

Les capteurs utilisés sur les véhicules Audi fonctionnent selon deux principes physiques différents. Ils exploitent soit l'effet magnéto-résistif, soit l'effet Hall.

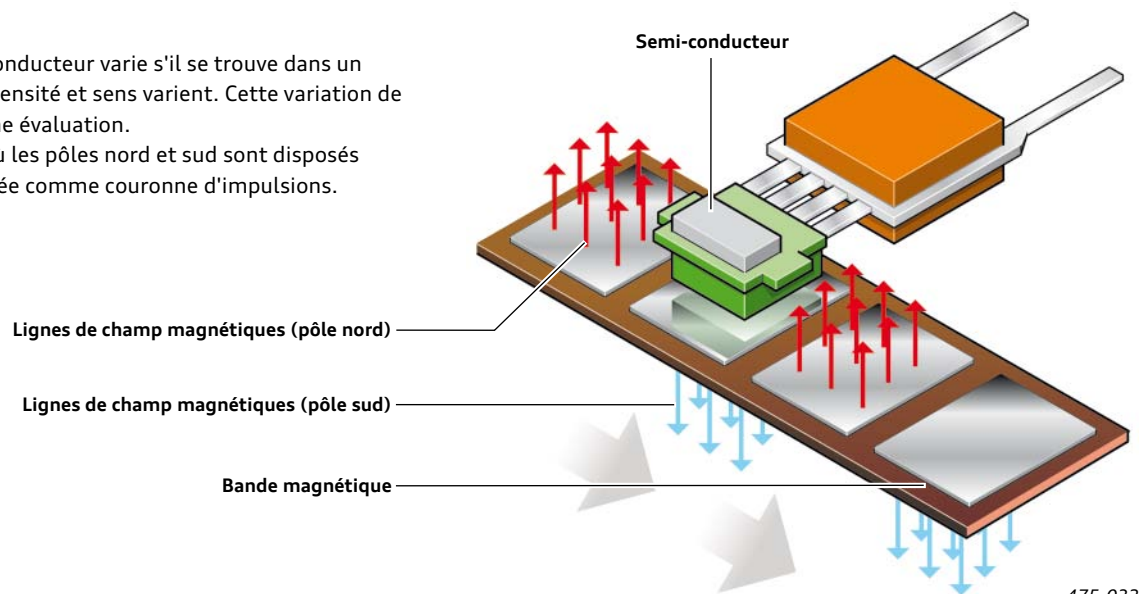


475\_031

### Effet magnéto-résistif :

La résistance d'un semi-conducteur varie s'il se trouve dans un champ magnétique où intensité et sens varient. Cette variation de résistance fait l'objet d'une évaluation.

Une bande magnétique où les pôles nord et sud sont disposés alternativement est utilisée comme couronne d'impulsions.



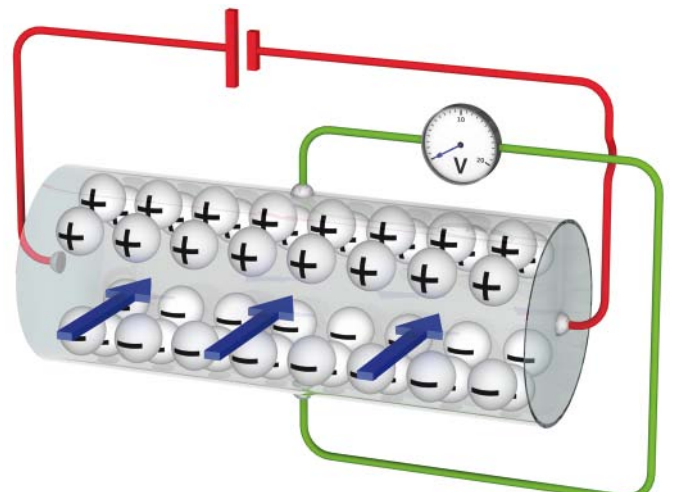
475\_032

### Effet Hall :

Lorsqu'une piste conductrice traversée par le courant se trouve dans un champ magnétique, les électrons sont repoussés d'un côté de la piste conductrice sous l'effet du champ magnétique. De ce côté, il y a un excédent d'électrons. De l'autre côté, il y a un manque d'électrons. Une tension électrique peut ainsi être mesurée via des contacts des deux côtés de la piste magnétique. La polarité (position de + et -) dépend du sens du champ magnétique (flèches bleues). Une bande magnétique où les pôles nord et sud sont disposés alternativement est utilisée comme couronne d'impulsions. À chaque changement de pôle, il y a changement de sens de la tension mesurée.

Le nombre de changement de pôles (impulsions) par unité de temps est directement proportionnel à la vitesse de la roue et est lu par le calculateur d'ABS. Le calculateur calcule alors la vitesse (de rotation) actuelle pour chaque roue.

Sur la base de ces vitesses de roue, le calculateur calcule la vitesse du véhicule, qui est délivrée comme message sur le bus à l'attention d'autres utilisateurs.

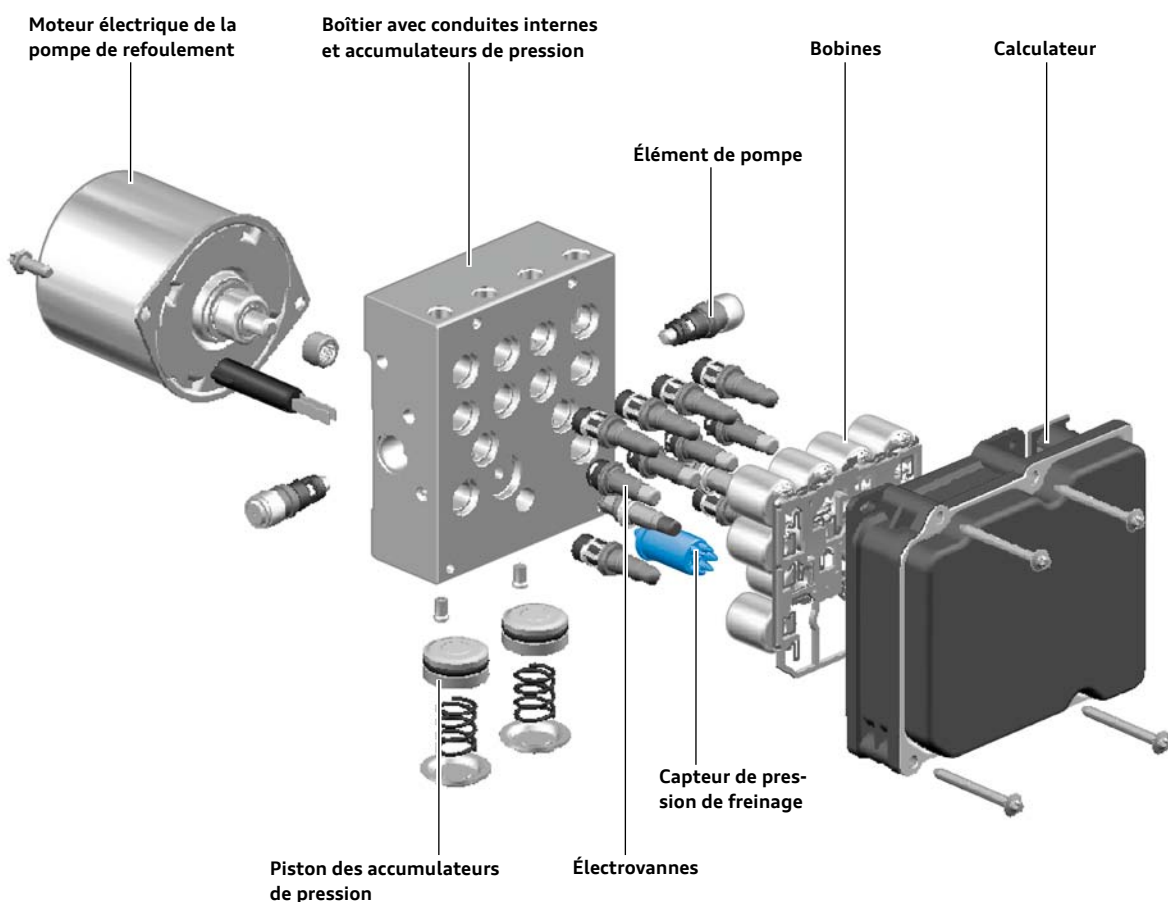


475\_033

### Capteur de pression de freinage

Sur tous les modèles Audi actuels, au moins un capteur de pression de freinage est intégré dans le bloc hydraulique ; il n'est pas accessible de l'extérieur. Le capteur mesure la pression dans le circuit primaire du système de freinage.

Dès que le conducteur amorce un freinage, la pression de freinage augmente. Cela est enregistré et évalué par le calculateur d'ABS. Les valeurs de mesure délivrent la base de l'estimation des pressions de freinage dans les freins de roue. La régulation ABS n'est activée si besoin est que lors d'un freinage actif par le conducteur.



475\_034

### Contacteur de feux stop F/contacteurs de pédale de frein F47/F63

Le contacteur de feux stop/de pédale de frein est, sur les modèles Audi actuels, à l'exception de l'Audi A1, du TT et du Q3, monté sur la pédale de frein. Sur les modèles susmentionnés, il est implanté sur le maître-cylindre de frein. Sur l'Audi A3, les deux versions sont utilisées. Le calculateur d'ABS a besoin de l'information que le conducteur débute un freinage pour la plausibilisation du signal du capteur de pression de freinage. La régulation ABS n'est activée si besoin est que lors d'un freinage actif par le conducteur.

Les signaux du contacteur sont, suivant le modèle de véhicule, lus discrètement par le calculateur d'ABS ou le calculateur du moteur. Le calculateur correspondant transmet l'information au calculateur responsable du pilotage des feux stop.



Montage sur la pédale de frein

475\_035



Montage sur le maître-cylindre de frein

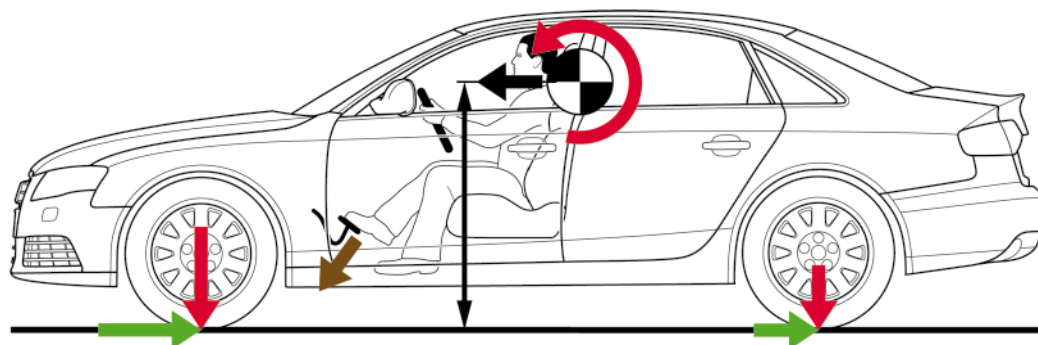
475\_035a

## Répartiteur électronique de la force de freinage (EBV)

Lors du freinage d'un véhicule, il y a augmentation de la charge sur essieu au niveau de l'essieu avant, tandis que l'essieu arrière est délesté (transfert de charge dynamique). Cela tient à l'inertie de la masse de la carrosserie du véhicule. Il y a génération d'un couple autour de l'axe transversal du véhicule, à l'origine d'une charge plus élevée sur l'essieu avant. Dans la pratique, cet effet s'observe par un débattement de la carrosserie au niveau de l'essieu avant durant un freinage (plongée au freinage).

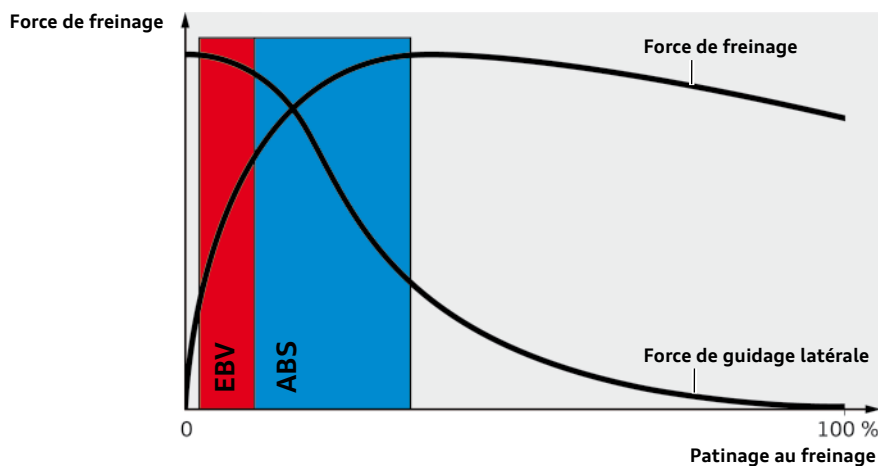
Du fait de l'augmentation de la charge sur essieu au niveau de l'essieu avant, les forces de freinage maximales transmissibles y augmentent également. Le délestage de l'essieu arrière provoque l'effet inverse, les forces de freinage maximales transmissibles diminuent.

Pour éviter un état de marche instable dû à un « surfreinage » de l'essieu arrière, il ne doit pas y avoir application sur l'essieu arrière de pressions de freinage générant des forces de freinage maximales transmissibles. Si le véhicule est freiné par des pressions de freinage identiques sur les quatre roues, on « gaspille » de la course de freinage. Cela est dû au fait que des forces de freinage beaucoup plus faibles que les forces maximales pouvant être transmises sont réalisées au niveau des roues.



475\_036

-  Force de pesanteur
-  Force de freinage
-  Force centrifuge



475\_037

La régulation EBV empêche le surfreinage de l'essieu arrière. En fonction des valeurs de patinage au freinage des roues de l'essieu arrière, la pression de freinage requise en ce point est calculée et réglée par le calculateur d'ABS. Au niveau de l'essieu avant, la pression de freinage réglée par le conducteur continue d'agir sans réduction.

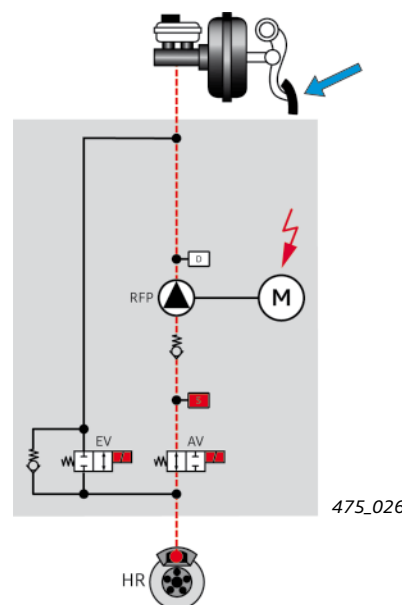
Cela permet de réaliser la performance de freinage physique la plus élevée possible. La course de freinage est réduite à un minimum.

La régulation EBV débute avant la régulation ABS, soit pour des valeurs de patinage au freinage nettement plus faibles.

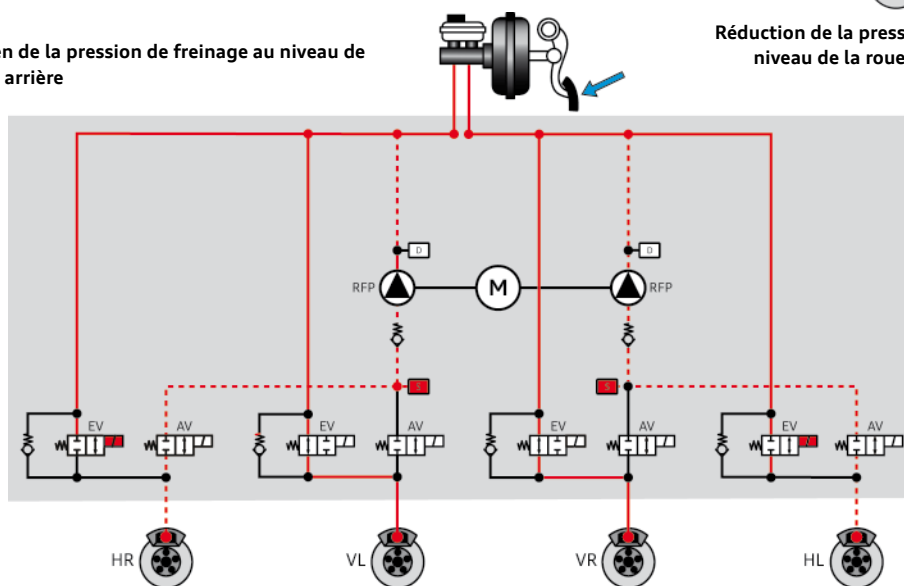
## Fonctionnement

Dans le passé, il était fait appel à des limiteurs de pression hydrauliques pour limiter la pression de freinage au niveau de l'essieu arrière. Avec l'avènement de l'ABS, cette fonction peut être assurée par la fonction EBV. En cas de détection d'une tendance au blocage des roues arrière, la pression de freinage est limitée au niveau du frein de roue correspondant. Il est principalement fait appel pour cela à la fonction « maintien de la pression de freinage » par fermeture des vannes d'aspiration.

Si nécessaire, il y a également réduction de la pression de freinage : cela est réalisé par ouverture des vannes d'échappement et fermeture des vannes d'aspiration. Pour réduire le niveau de pression, du liquide de frein est refoulé dans les accumulateurs internes. Ce n'est qu'à partir d'un niveau de remplissage défini des accumulateurs que du liquide de frein est repompé en direction du maître-cylindre de frein, en surmontant la force antagoniste de la pédale de frein.



Maintien de la pression de freinage au niveau de l'essieu arrière



Nota : Légende, cf. figure 475\_020 à la page 15

En marche arrière, il existe une possibilité de surfreinage de l'essieu avant par la fonction EBV. Comme en marche arrière, c'est l'essieu avant qui donne la direction de marche, un surfreinage de l'essieu avant peut provoquer un dérapage du véhicule. Le véhicule n'est alors plus dirigeable. La conséquence en est, au plan de la dynamique de roulage, un état de marche instable s'accompagnant d'un risque d'accident élevé.

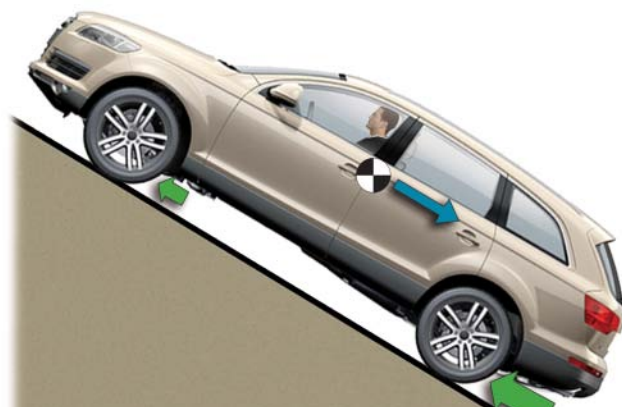
Cette situation est particulièrement critique lorsque l'on roule en marche arrière en descente sur un terrain non stabilisé.

Sur les modèles Audi également prévus pour une utilisation tout terrain (Audi Q7, Q5), la fonction EBV est inversée en marche arrière : l'essieu avant est alors freiné avec une pression de freinage réduite. La condition en est, sur l'Audi Q7, l'activation du « mode offroad » par actionnement de la touche ESC.

Sur l'Audi Q5, la régulation EBV « inverse » est enclenchée lors de l'activation de la fonction d'assistant de conduite en descente.

La marche arrière est détectée par le capteur de vitesse.

Dans le cas des capteurs de vitesse sans détection du sens de marche (par ex. Audi A1, TT), la détection de la marche arrière est assurée par une évaluation correspondante des vitesses de rotation de roue, de l'angle de braquage et de la vitesse de lacet.



## Renvoi

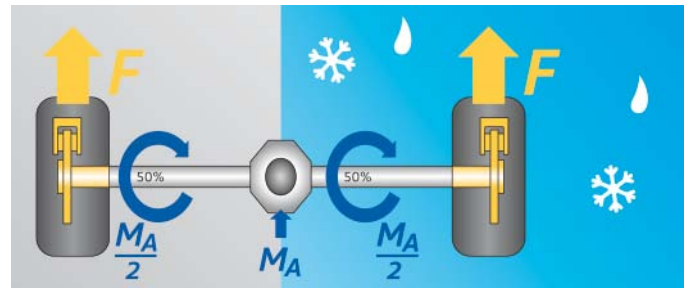
Vous trouverez des informations détaillées sur les fonctions de la touche ESC à la page 68.



## Blocage électronique de différentiel (EDS)

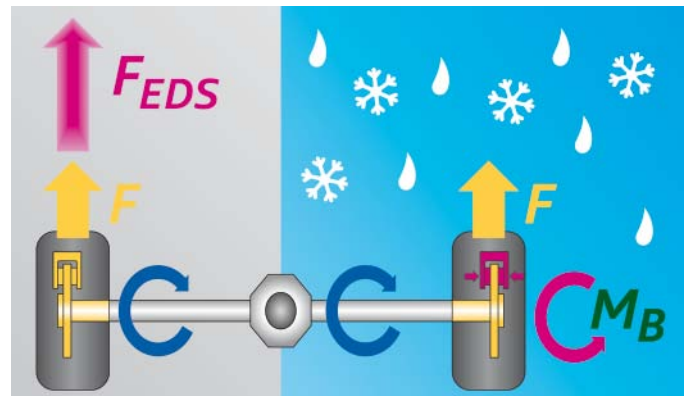
L'exemple suivant décrit le comportement des roues d'un essieu entraîné avec différentiel central conventionnel : une roue d'un essieu moteur se trouve sur un sol glissant (faible coefficient d'adhérence entre le pneu et la chaussée), l'autre roue de l'essieu repose sur l'asphalte, qui présente un coefficient d'adhérence élevé. La roue reposant sur le sol glissant tourne à grande vitesse car le faible coefficient d'adhérence entre le pneu et la chaussée n'oppose qu'une faible résistance à la roue qui tourne. Dans un cas extrême (par ex. lorsqu'une roue repose sur un sol très glissant tel que du verglas), la roue patine alors que l'autre est immobile. La totalité de la puissance du moteur est alors convertie en puissance dissipée par frottement au lieu de l'être en propulsion.

Ce comportement tient à l'action du différentiel. Ce dernier transmet le même couple moteur aux deux roues. Si une roue présente un patinage à l'accélération élevé, le couple d'entraînement transmis chute. Le couple est, dans des conditions défavorables (telles qu'une roue se trouvant sur du verglas) si faible qu'il ne suffit pas à l'entraînement de l'autre roue. Le véhicule reste alors sur place avec une roue qui patine et une roue immobile.



475\_041

La fonction EDS y remédie. La roue tournant à la plus grande vitesse (et présentant le plus grand patinage) est freinée de façon ciblée. Ce couple de freinage ( $M_B$ ) augmente la résistance opposée à la roue qui tourne. Ou pour l'exprimer autrement : pour pouvoir tourner la roue, on requiert un couple d'entraînement plus élevé. Comme, en raison de la fonction du différentiel décrite plus haut, le même couple est transmis aux deux roues, le couple d'entraînement augmente au niveau de l'autre roue. Cette augmentation du couple de rotation par freinage de la roue présentant le patinage le plus important a lieu jusqu'à ce que les deux roues motrices tournent à une vitesse pratiquement identique.



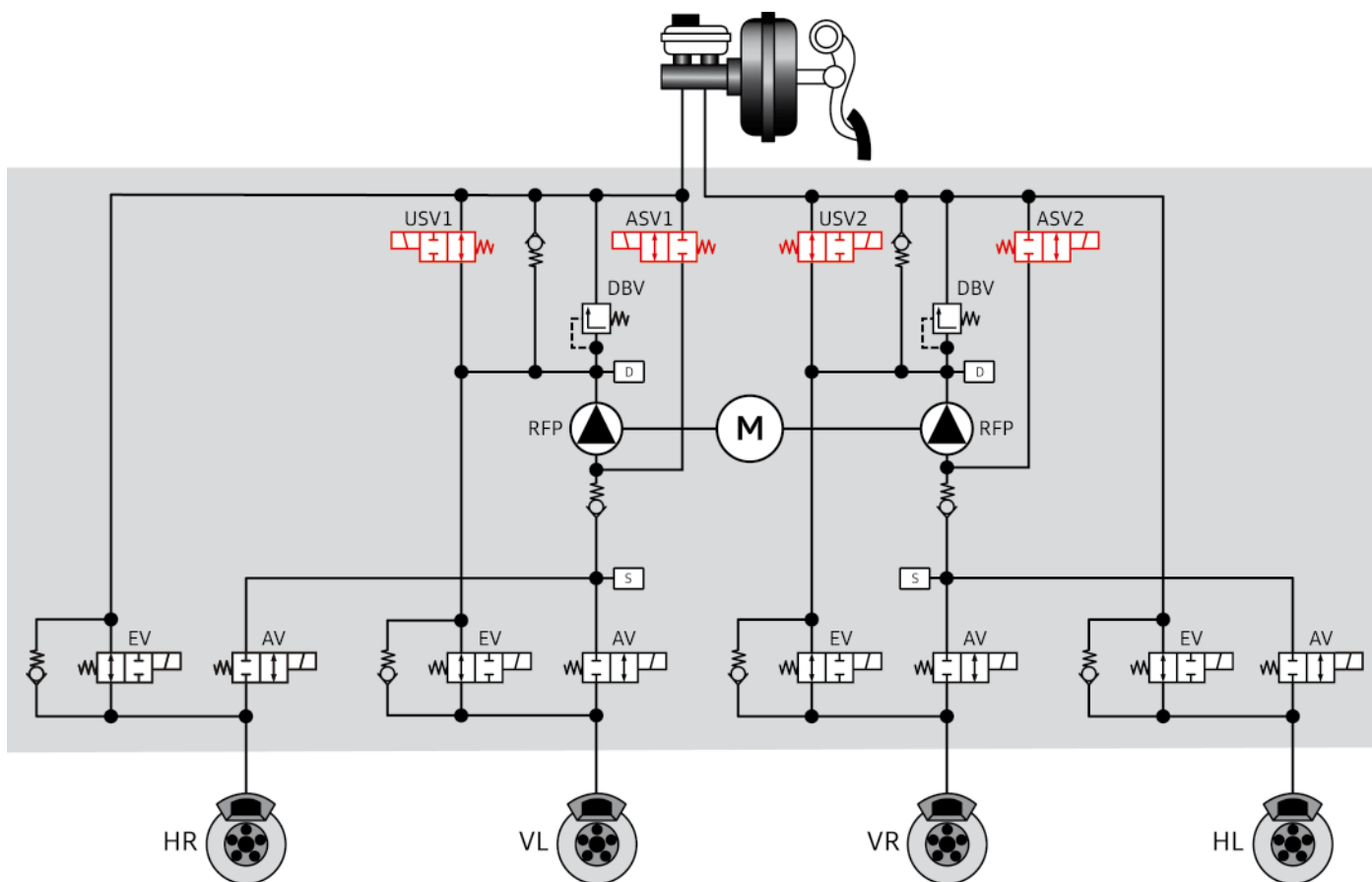
475\_042



## Génération

Pour pouvoir réaliser la fonction EDS, une génération active de la pression de freinage est nécessaire. Pour cela, on utilise la pompe de refoulement déjà mise en œuvre pour les fonctions ABS. Le groupe hydraulique ABS doit être complété par quatre vannes de commutation au total. La pompe de refoulement doit pouvoir aspirer du liquide de frein dans le réservoir pour réaliser la fonction EDS. Pour que la fonction ABS de « génération de la pression de freinage » puisse continuer d'être réalisée avec le refoulement correspondant du liquide de frein en s'opposant à la pression de freinage pilotée par le conducteur, cette conduite d'aspiration doit être fermée. Cela est réalisé par les vannes d'aspiration (ASV) supplémentaires.

En contrepartie, il faut lors d'une régulation EDS que la conduite allant de la pompe de refoulement au réservoir de liquide de frein soit fermée pour pouvoir établir une pression de freinage au niveau du frein de roue considéré. Cette fonction est, elle aussi, assurée par une électrovanne supplémentaire par circuit de freinage. Le logiciel de détermination du besoin de régulation, de calcul des processus de régulation et les signaux de pilotage pour les électrovannes correspondantes et la pompe de refoulement est implémenté dans le calculateur d'ABS. D'autres modifications des composants du système ABS ne sont pas nécessaires pour réaliser la fonction EDS.



Groupe hydraulique ABS/EDS pour véhicules à traction avant

475\_043

- ASV 1 : Vanne d'aspiration du circuit du piston flottant du maître-cylindre de frein
- ASV 2 : Vanne d'aspiration du circuit de la tige de poussée du maître-cylindre de frein
- AV : Vanne d'échappement
- D : Amortisseur
- DBV : Clapet limiteur de pression
- EV : Vanne d'aspiration
- RFP : Pompe de refoulement
- S : Accumulateur
- USV 1 : Vanne d'inversion du circuit du piston flottant du maître-cylindre de frein
- USV 2 : Vanne d'inversion du circuit de la tige de poussée du maître-cylindre de frein

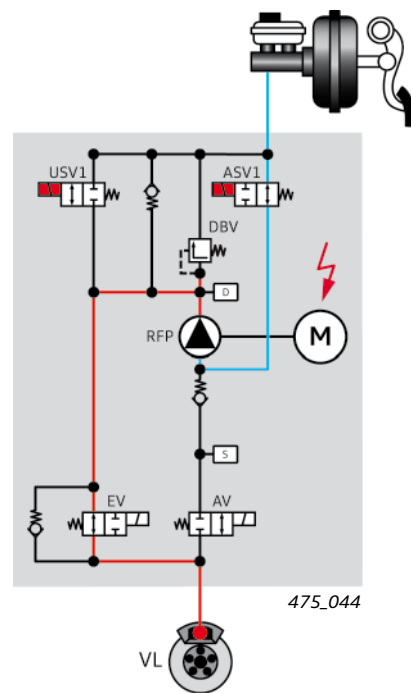
## Fonctionnement du blocage électronique de différentiel EDS

Par la suite, la réalisation de la fonction EDS est expliquée en prenant pour exemple un véhicule à traction avant.

### Génération de la pression de freinage

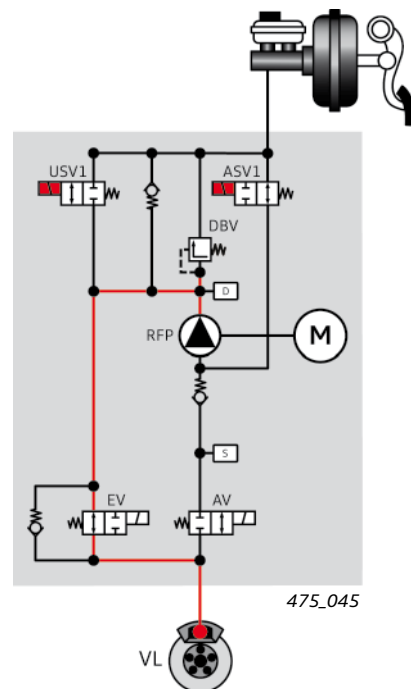
Pour la réalisation de l'établissement de la pression de freinage, la vanne d'aspiration correspondante est pilotée par le calculateur. La conduite d'aspiration est alors ouverte et la pompe de refoulement peut aspirer le liquide de frein dans le réservoir de liquide de frein via le maître-cylindre de frein.

En fermant la vanne d'inversion correspondante, la liaison entre côté pression de la pompe de refoulement et réservoir de liquide de frein est fermée. La pompe de refoulement est entraînée par pilotage du moteur électrique et la pression de freinage est générée.



### Maintien de la pression de freinage

Pour la réalisation de la fonction « maintien de la pression de freinage », la pompe de refoulement est coupée. La commutation de la vanne reste inchangée par rapport à la fonction « génération de la pression de freinage ».

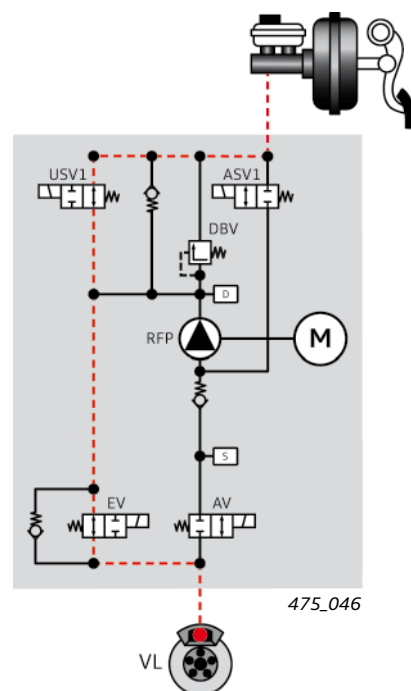


### Réduction de la pression de freinage

Lorsque le pilotage des vannes est désactivé, la liaison directe entre frein de roue et réservoir de liquide de frein est rétablie. La pression de freinage est réduite.

Les interventions de freinage actives provoquent le réchauffement des composants des freins de roue. Pour éviter une surchauffe et l'endommagement qu'elle provoquerait, un modèle de température est intégré dans le logiciel. Les températures des disques de frein sont calculées sur la base de la durée des interventions de freinage, de la vitesse du véhicule, de la pression de freinage considérée et des valeurs du matériau des composants. Lorsque les seuils de température sont atteints, la régulation est progressivement désactivée.

Suivant le modèle de véhicule, la fonction EDS est active jusqu'à une vitesse maximale définie.



## Système antipatinage (ASR)

La régulation ABS assiste le conducteur lors des démarrages et des accélérations. Dans le cas notamment de véhicules à motorisation puissante, il peut se produire, en cas de conditions routières défavorables, un patinage à l'accélération accru en raison du faible coefficient d'adhérence entre les pneus et la chaussée et des couples d'entraînement élevés. Dans un cas extrême, les roues motrices peuvent même par moment patiner. Cela entraîne non seulement une restriction de la propulsion, mais aussi une dégradation de la dirigeabilité du véhicule. Cela peut entraîner des situations critiques en termes de dynamique de roulage, lors d'accélération dans les virages notamment.

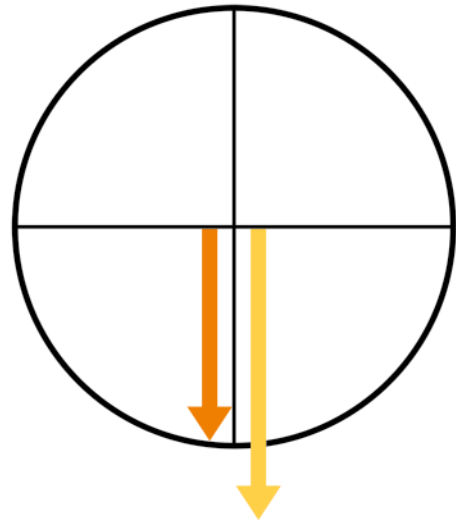
L'ASR évite efficacement que le patinage à l'accélération n'atteigne un niveau critique.



475\_047

### Représentation dans le « cercle de Kamm » :

La force d'entraînement efficace (flèche jaune) est supérieure à la force maximale transmissible. Le patinage à l'accélération atteint une valeur critique, l'ASR commence à réguler. La puissance d'entraînement (force motrice) est réduite à une valeur réalisable dans la propulsion (flèche orange).



475\_048

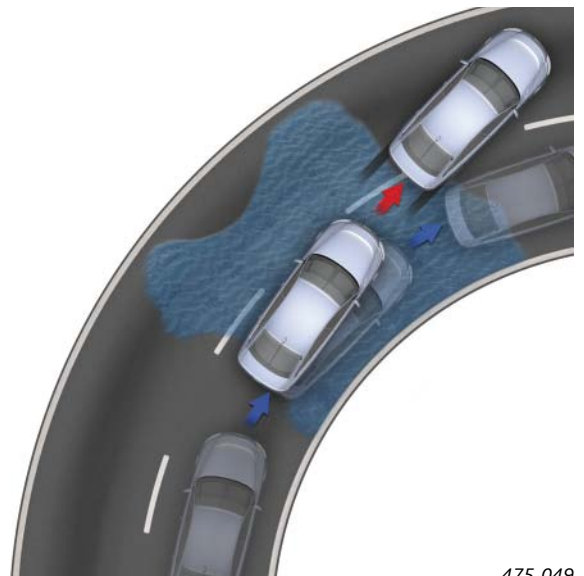
### Architecture et fonctionnement du système ASR

Pour la réalisation de l'ASR, aucun logiciel supplémentaire n'est nécessaire en plus de l'ABS avec EDS. Le logiciel de régulation est, comme dans le cas de l'EDS, intégré dans le calculateur d'ABS.

La communication entre l'ASR et la gestion du moteur a, sur tous les modèles Audi actuel, lieu sur le bus de données.

L'ASR donne en cas de patinage à l'accélération trop élevé l'ordre au calculateur du moteur de réduire le couple. Les forces motrices dans le plan de la roue sont réduites. Le patinage à l'accélération est réduit et des forces de guidage latérales supplémentaires peuvent être transmises si besoin est. Le véhicule reste par conséquent dirigeable et le cas de l'état critique décrit plus haut est évité.

Sur certains modèles de véhicules, la régulation peut être désactivée à l'aide de la touche ASR (cf. page 68). L'antipatinage est toutefois systématiquement activé lorsque l'on met le contact d'allumage.



475\_049

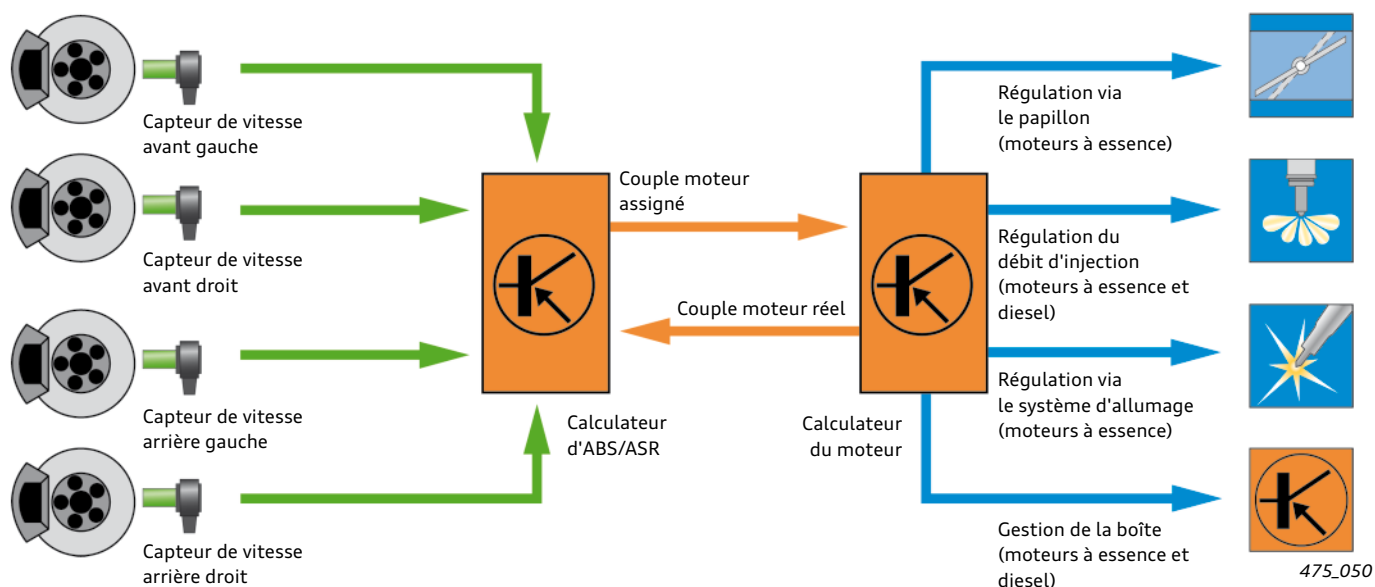
Des informations d'entrée essentielles pour le logiciel de régulation ASR sont les vitesses des roues et le couple momentané du moteur du véhicule (« couple moteur réel »). Les informations de vitesse des roues constituent la base pour la détermination du patinage à l'accélération des roues motrices. Si cette valeur atteint, au niveau d'une roue, le seuil prescrit, l'ASR est activé. L'ASR détermine la réduction du couple moteur requise pour réduire le patinage à une valeur non critique. Il est « demandé » au calculateur du moteur de réaliser le couple moteur en conséquence. Le couple moteur à réaliser est transmis par le calculateur du moteur sous forme d'une consigne de couple concrète (« couple moteur assigné »).

Simultanément, le calculateur de boîte reçoit, sur les véhicules dotés d'une boîte automatique ou d'une boîte mécanique automatisée, la demande de ne pas effectuer de passages de rapport durant la régulation active.

Le calculateur du moteur peut réaliser une réduction de puissance par des mesures correspondantes au niveau moteur :

- Modification de l'angle de variation du papillon
- Réduction du débit d'injection et/ou suppression d'impulsions d'injection
- Variation de l'angle d'allumage (retard à l'allumage) ou suppression d'impulsions d'allumage

Les mesures mise en pratique dépendent de l'application (du type de véhicule, de la motorisation, etc.).



### Mise en œuvre de l'ASR et de l'EDS

L'ASR et l'EDS se complètent. Les deux systèmes ont pour mission d'améliorer la traction du véhicule.

La régulation ASR influe, en raison de la réduction du couple, à l'identique sur les deux roues d'un essieu moteur. Lorsque les deux roues présentent un patinage à l'accélération trop élevé, la régulation ASR est la mesure appropriée pour limiter le patinage.

Dans des situations données, les roues motrices se trouvent cependant sur une chaussée présentant une « capacité d'accrochage » différente. Dans ces cas précis, la roue présentant le plus petit coefficient d'adhérence présentera le patinage à l'accélération le plus élevé. Dans ce cas, la préférence va à l'activation de la régulation EDS.

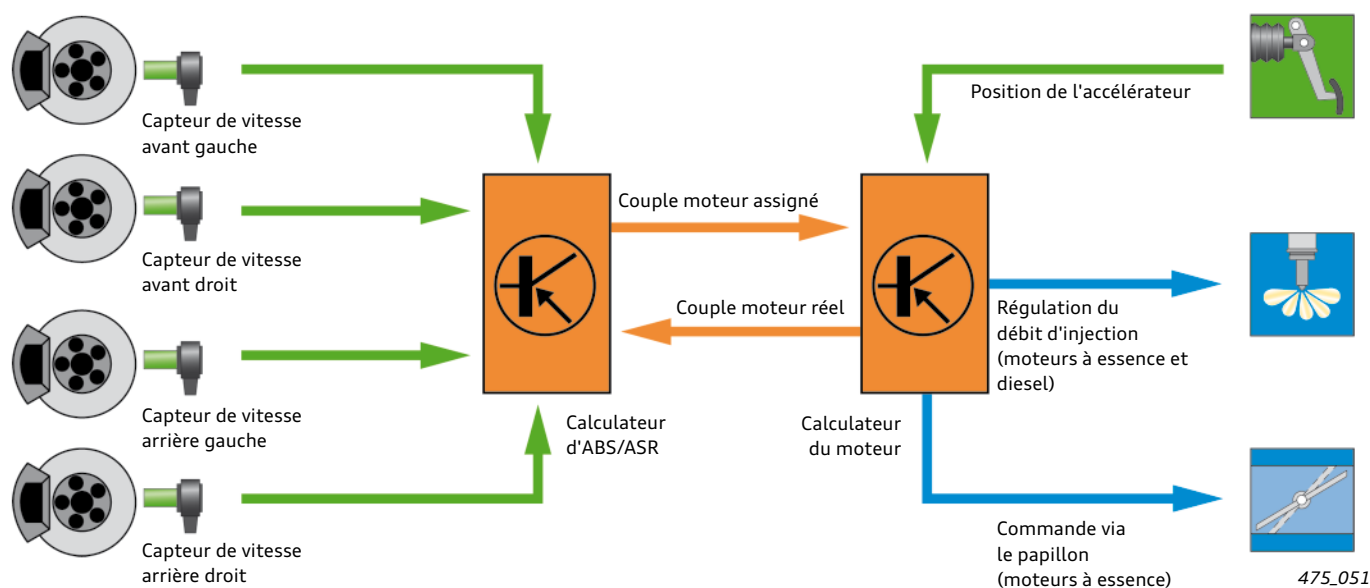
Si, consécutivement, le patinage à l'accélération est trop élevé pour les deux roues et pratiquement identique, l'ASR est activé.

## Régulation du couple d'inertie du moteur (MSR)

La mission de la régulation MSR consiste à limiter le patinage au freinage au niveau de roues motrices dû à l'utilisation du frein moteur. Le logiciel de régulation est intégré dans le calculateur d'ABS.

Si, durant la marche, le conducteur retire le pied de l'accélérateur, le régime du moteur de propulsion est, brutalement, fortement réduit. Les roues motrices sont alors freinées en conséquence. Un patinage au freinage est généré en fonction des conditions d'adhérence entre la chaussée et les pneus. Dans un cas extrême, il peut se produire un blocage des roues, allié à la perte de la dirigeabilité du véhicule. Le même état peut se produire si le conducteur engage un rapport trop bas pour l'état de marche considéré.

Par évaluation des vitesses de roue, le logiciel de régulation détermine les valeurs de patinage des roues motrices. Si le patinage au freinage dépasse, au niveau d'une roue, un seuil défini, la régulation est activée. Sur la base de la valeur du couple moteur réel reçu par le calculateur du moteur, la régulation MSR calcule le couple moteur nécessaire à la réduction du patinage au freinage. Cette valeur calculée est transmise par le calculateur du moteur comme demande de couple moteur assigné. Le calculateur du moteur réalise ce couple assigné par des mesures correspondantes au niveau du moteur (variation de la position du papillon). La vitesse des roues motrices est ainsi augmentée à nouveau et le patinage est réduit. Les valeurs de patinage réalisées se situent dans une plage permettant un couple de freinage optimal du moteur. Simultanément, il y a encore suffisamment de potentiel pour des forces de guidage latérales (dirigeabilité du véhicule).



La régulation MSR est activée en cas de besoin lorsque les conditions suivantes sont remplies :

- ▶ Pédale d'accélérateur non actionnée
- ▶ Pédale d'embrayage non actionnée
- ▶ Rapport engagé

La régulation MSR est également, dans les conditions mentionnées, activée dans le cas d'un véhicule freiné.

Les systèmes ABS/ESC de Bosch disposent, sur les véhicules avec boîtes automatiques, d'une fonction supplémentaire, qui est activée en cas d'actionnement simultané de l'accélérateur et de la pédale de frein. Cette fonction est spécialement conçue pour le démarrage et est active jusqu'à une vitesse du véhicule d'environ 15 km/h. Si l'on actionne d'abord la pédale de frein, puis, immédiatement après, la pédale d'accélérateur, le calculateur d'ABS J104 envoie un message de bus au calculateur du moteur.

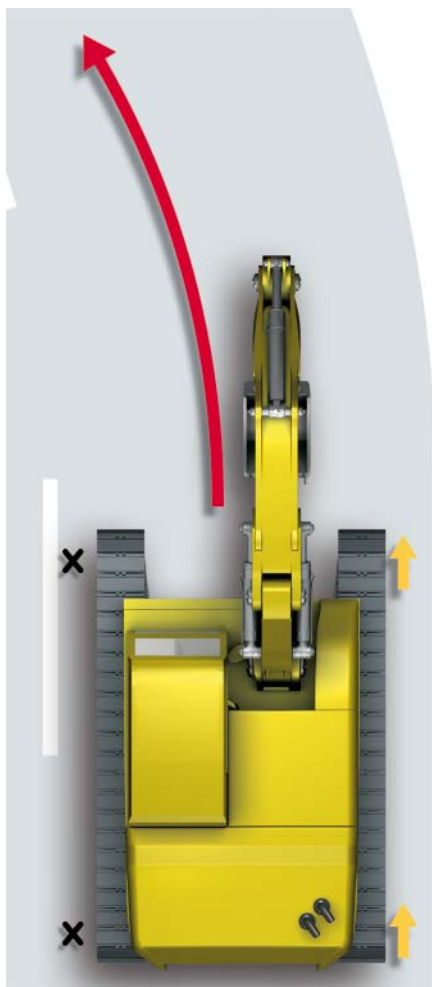
Il est alors « demandé » au calculateur du moteur de réduire le couple moteur en conséquence. La valeur de la réduction considérée dépend ici de la valeur du couple de freinage piloté par le conducteur. Si la valeur de l'actionnement de la pédale dépasse la course d'actionnement de la pédale de frein d'un seuil préparamétré (environ 30 %), l'action est interrompue. Il y a également abandon en cas d'exécution d'un « kickdown ».

## Contrôle électronique de stabilité (ESC)

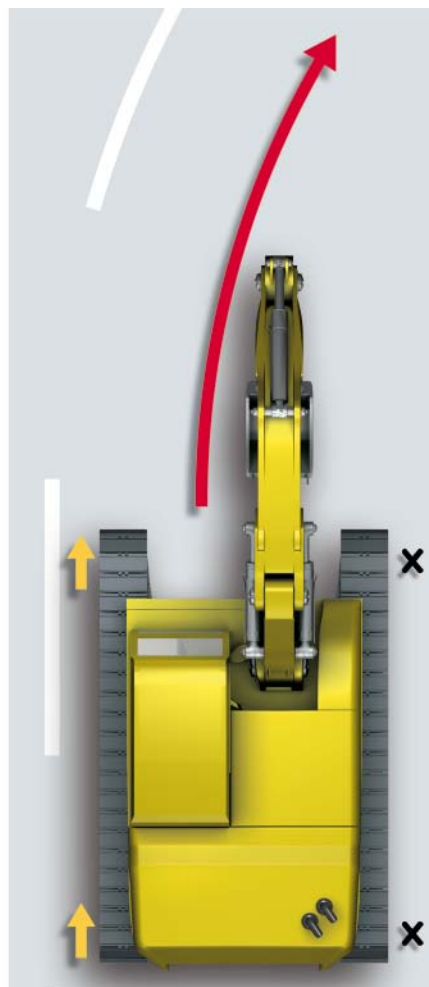
### Principe de base

Le principe de base du système ESC est vite décrit : il est possible d'influencer le sens de marche d'un véhicule par freinage de roues individuelles.

Cela peut être démontré très clairement en prenant pour exemple un véhicule à chenilles. Dans ce cas précis, ce comportement est utilisé de manière ciblée pour piloter le véhicule.



Le freinage des chenilles gauches entraîne la négociation d'un virage à gauche



Le freinage des chenilles droites entraîne la négociation d'un virage à droite

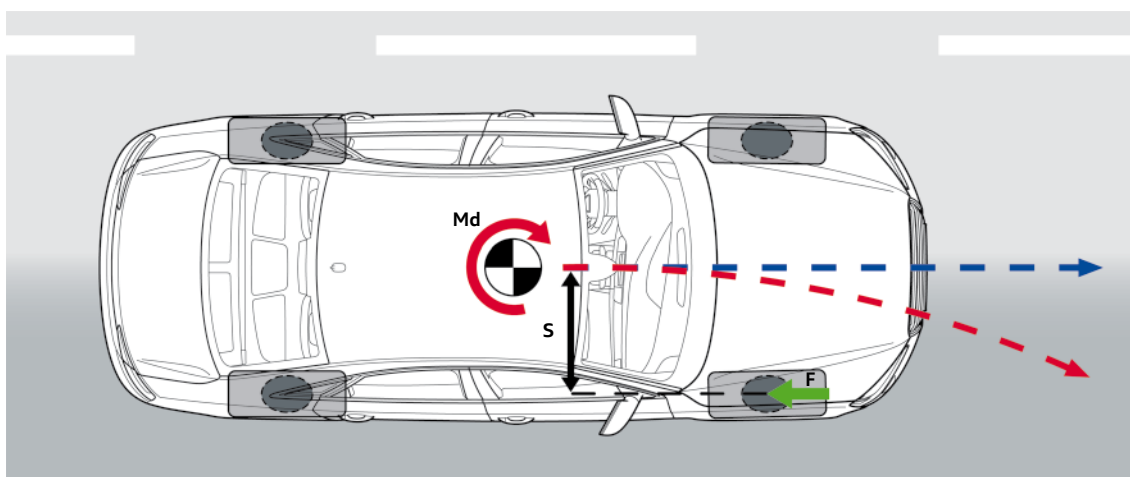
475\_052

Sur le véhicule représenté, la roue avant droite est freinée en marche avant. La force de freinage  $F$  agissant sur cette roue présente une distance  $s$  par rapport à l'axe vertical du véhicule. En conséquence, la force de freinage génère un couple  $M_d$  autour de l'axe vertical du véhicule.

Couple = force x bras de levier

$$M_d = F \times s$$

S'il n'y a pas de correction au niveau de la direction par le conducteur, ce couple provoque un changement de direction de marche (virage vers la droite).



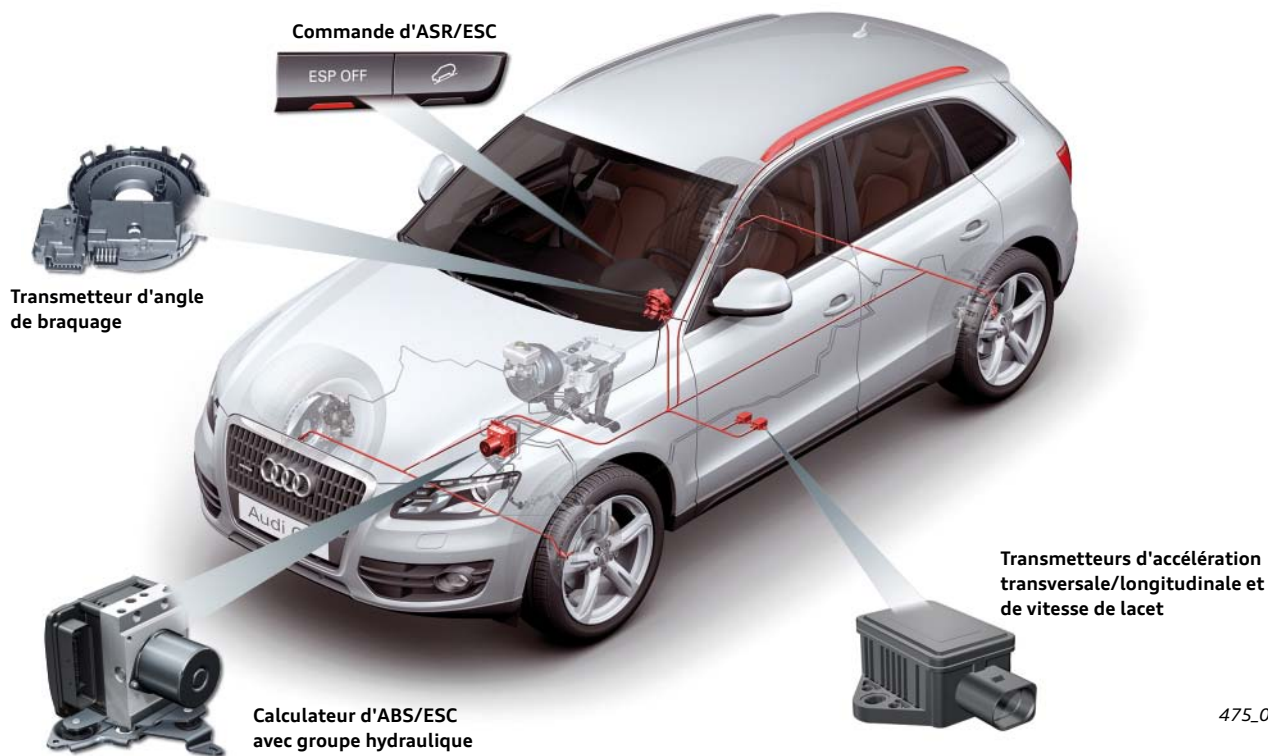
475\_053



### Conception - Vue d'ensemble

En comparaison de l'ABS avec EDS, il est fait appel à une unité hydraulique de conception modifiée. Le logiciel de régulation de l'ESC et des autres systèmes de régulation sont regroupés dans un calculateur central. Outre les capteurs de vitesse de roue, on requiert pour la fonction ESC d'autres capteurs, qui enregistrent les mouvements du véhicule. Sur les modèles Audi actuels, ces capteurs de saisie des déplacements du véhicule sont logés dans un composant central ou dans le calculateur d'ABS/ESC (Audi A1, A3) ou bien encore dans le calculateur du frein de stationnement électromécanique (Audi Q3).

En plus de l'ABS avec EDS, on requiert également un capteur d'angle de braquage pour la saisie de l'angle au volant. Des témoins et affichages renseignent le conducteur sur l'état du système. Le conducteur peut procéder à l'aide d'une commande (touche) à diverses coupures et commutations du système.



475\_054

Composants du système modifiés/supplémentaires pour réalisation de la fonction ESC

## Fonctionnement

Comme l'indique son nom, l'ESC sert à stabiliser le véhicule dans le cas d'états de marche critiques au plan de la dynamique de roulage. Pour ce faire, le système utilise généralement trois sources d'influence :

- Établissement actif d'une pression de freinage avec intervention de freinage sur des roues ciblées
- Intervention dans la gestion du moteur en vue d'une réduction de puissance
- Intervention dans la gestion de la boîte de vitesses en vue d'une inhibition du passage de rapports

Sur les véhicules avec direction dynamique, des corrections stabilisantes de l'angle de braquage sont également amorcées par l'ESC si besoin est. (Informations détaillées, voir pages 64/65)

Les interventions de freinage constituent l'essentiel de la régulation.

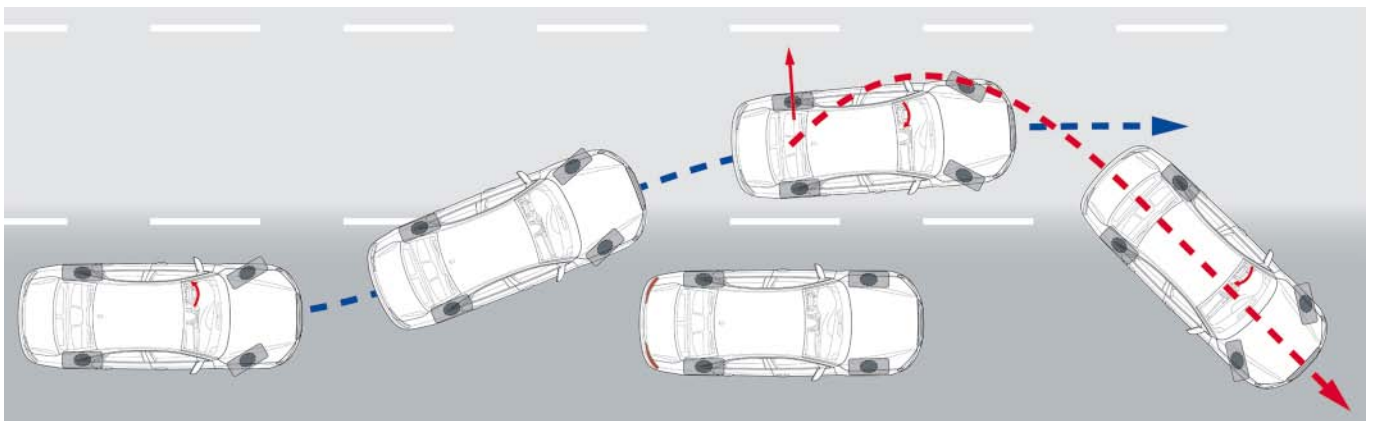
La réduction de puissance est réalisée par les mêmes mesures que celles appliquées pour la fonction ASR. (Voir pages 26/27)

Une régulation ESC avec intervention de freinage est représentée ci-après en prenant pour exemple une manœuvre d'évitement :

Le conducteur remarque un véhicule arrêté devant lui sur sa file de circulation. Il effectue rapidement un braquage pour diriger le véhicule sur la file de gauche voisine. Du fait de conditions routières défavorables, le véhicule tend à survirer, l'arrière du véhicule a tendance à déraiper. Sans intervention de régulation, le véhicule « se mettrait en travers ». Un contre-braquage amorcé par le conducteur ne suffit pas non plus à stabiliser le véhicule.

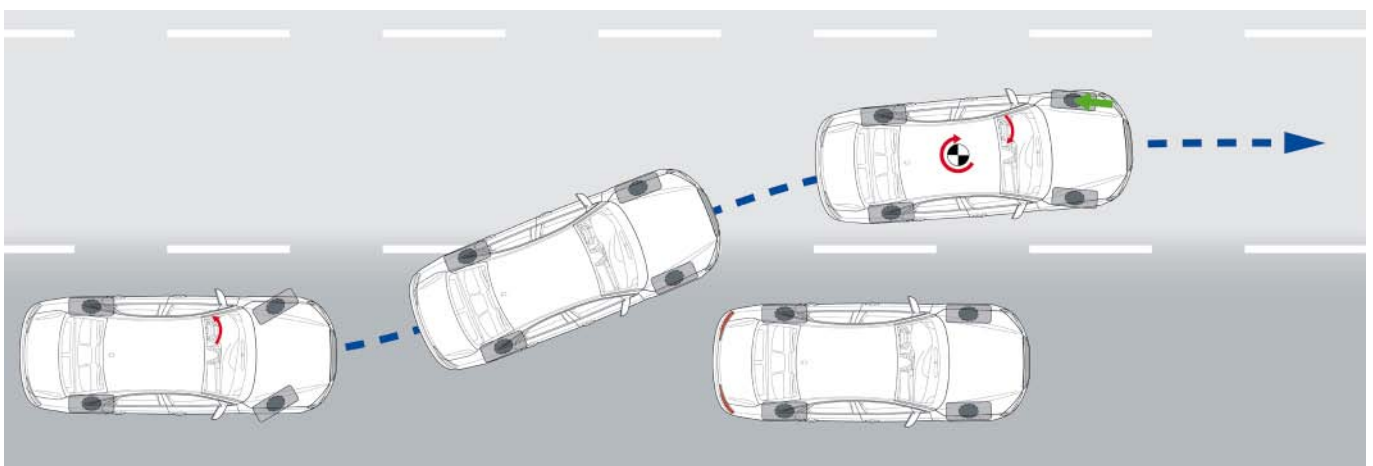
L'ESC réagit en générant une pression de freinage active au niveau de la roue avant gauche. Le couple ainsi généré agit à l'encontre du dérapage de l'arrière du véhicule et stabilise par conséquent le véhicule.

Les régulations ESC ne prennent que quelques millisecondes. Elles font appel aux sous-fonctions « génération de la pression de freinage », « maintien de la pression de freinage » et « réduction de la pression de freinage » que nous avons déjà décrites.



Sans régulation ESC : le véhicule survire et ne suit pas la trajectoire souhaitée

475\_055



Avec régulation ESC : un couple stabilisant est généré autour de l'axe vertical du véhicule par freinage ciblé de la roue avant gauche. Le survirage est évité et le véhicule suit la trajectoire désirée.

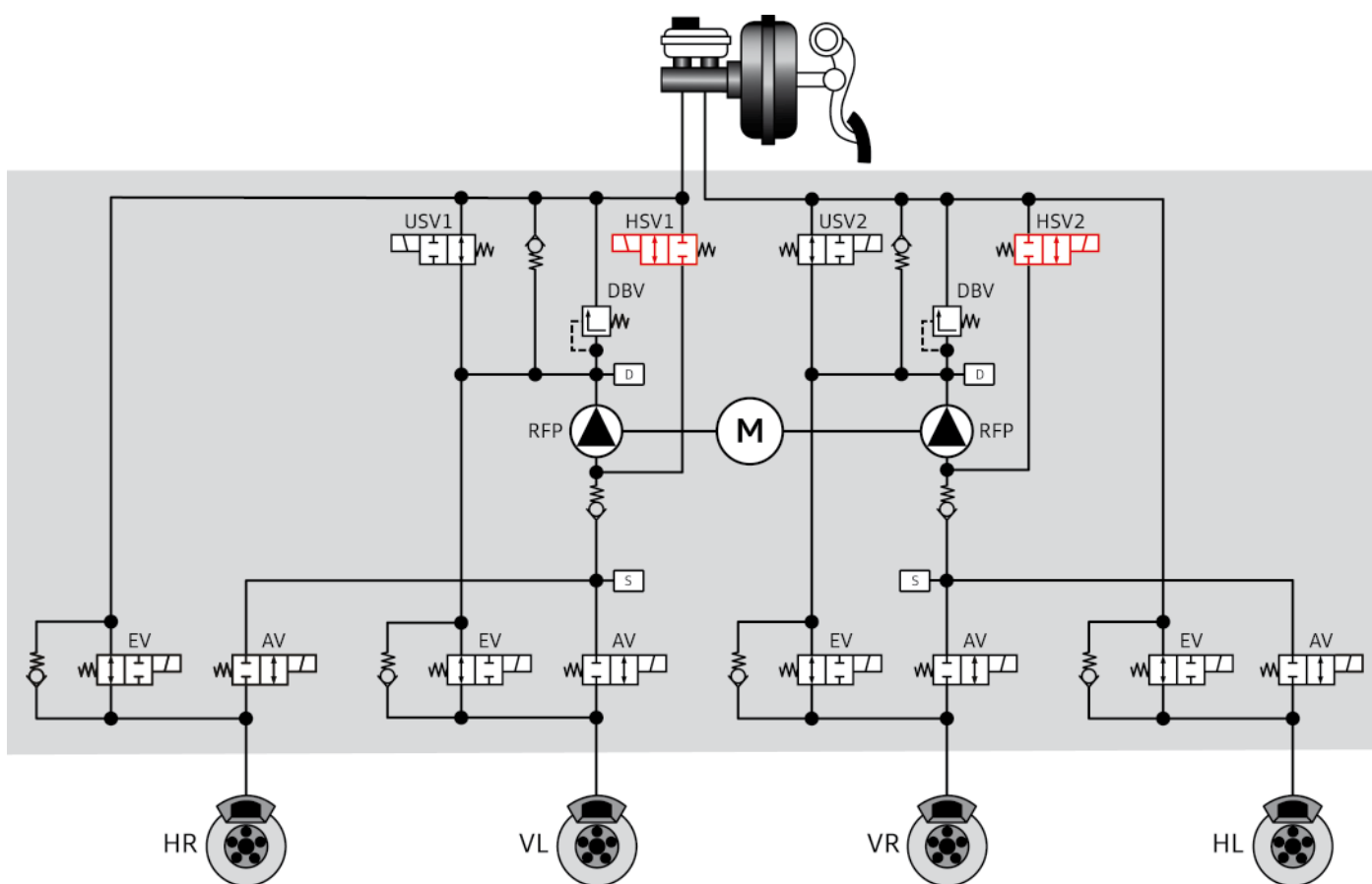
475\_056

## Composants du système

### Unité hydraulique

Par rapport à l'unité hydraulique ABS/EDS, aucune extension n'est requise pour la régulation ESC. L'EDS est en mesure d'établir automatiquement une pression de freinage au niveau des roues motrices. L'ESC doit toutefois pouvoir, sur les véhicules à traction avant, piloter individuellement la pression de freinage au niveau des quatre roues. En outre, les vannes d'aspiration de la pompe de refoulement doivent être, à la différence de l'EDS, en mesure de commuter même en cas de pression de freinage totale pilotée par le conducteur. Cela est nécessaire car, à la différence de l'EDS, la régulation ESC doit en cas de besoin être également réalisée durant un freinage.

Dans ce cas, la pression de freinage au niveau de la roue considérée est également augmentée au-delà de la valeur pilotée par le conducteur. Les vannes d'aspiration utilisées dans l'unité hydraulique sont pour cette raison des clapets de commutation haute pression spéciaux. La réalisation hydraulique des sous-fonctions « génération de la pression de freinage », « maintien de la pression de freinage » et « réduction de la pression de freinage » est identique à celle de la fonction EDS (voir page 25). Sur les modèles Audi actuels, l'unité hydraulique est regroupée en un composant avec le calculateur.



475\_057

- HSV 1 : Vanne d'aspiration haute pression du circuit du piston flottant du maître-cylindre de frein
- HSV 2 : Vanne d'aspiration haute pression du circuit de la tige de poussée du maître-cylindre de frein
- AV : Vanne d'échappement
- D : Amortisseur
- DBV : Clapet limiteur de pression
- EV : Vanne d'aspiration
- RFP : Pompe de refoulement
- S : Accumulateur
- USV 1 : Vanne d'inversion du circuit du piston flottant du maître-cylindre de frein
- USV 2 : Vanne d'inversion du circuit de la tige de poussée du maître-cylindre de frein

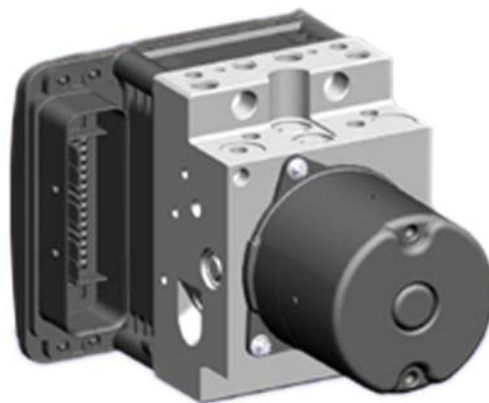
## Calculateur

Le logiciel de la régulation ESC est intégré avec celui des régulations ABS, EBV, EDS et ASR dans un calculateur.

Le calculateur détermine et compare en permanence le comportement réel et le comportement théorique du véhicule. Si l'écart entre comportement réel et de consigne dépasse des seuils prédéfinis, la régulation est activée.

### Détermination du comportement réel du véhicule :

L'évaluation porte sur les valeurs de mesure de la vitesse de lacet (couple de lacet autour de l'axe vertical du véhicule), de l'accélération longitudinale et transversale. Les valeurs de patinage des roues ainsi que la vitesse du véhicule, l'accélération et la décélération sont calculées à partir des valeurs de mesure des capteurs de vitesse. Le (les) transmetteur(s) de pression de freinage délivrent l'information relative à la pression momentanée dans le circuit primaire du système de freinage. Sur les véhicules à boîte automatique, le rapport momentanément sélectionné est également indiqué au calculateur d'ABS/ESC par un message sur le bus de données.

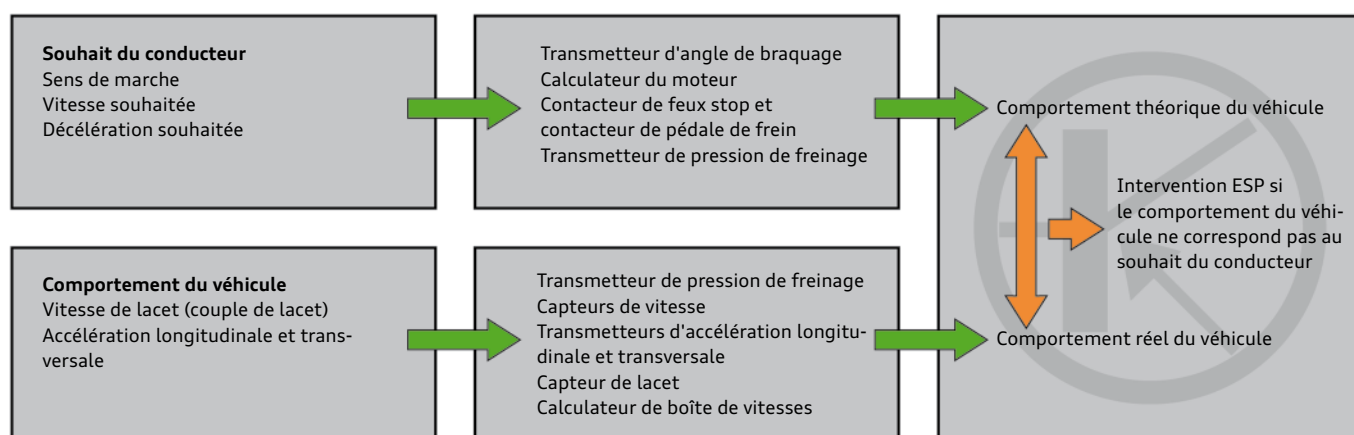


475\_029a

### Détermination du comportement théorique du véhicule :

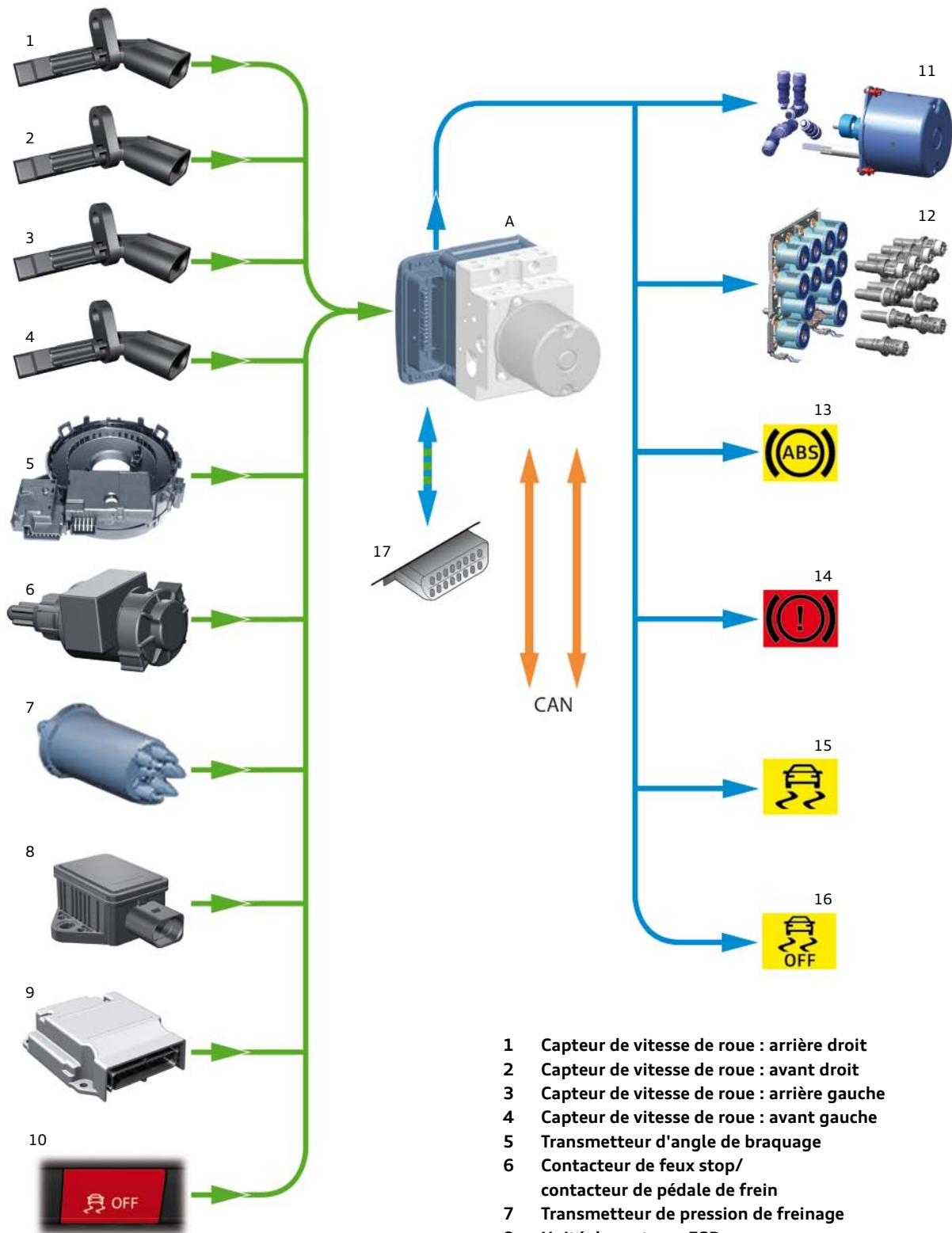
Pour la détermination du comportement théorique du véhicule, les activités suivantes du conducteur doivent être enregistrées : braquage, actionnement de l'accélérateur (accélération/décélération) et freinage.

La valeur de mesure du transmetteur d'angle de braquage transmet le souhait de sens de marche du conducteur. L'actionnement de la pédale d'accélérateur par le conducteur est communiqué au calculateur d'ABS/ESC par un message sur le bus du calculateur du moteur. Par le signal du contacteur de feux stop, le calculateur tient compte d'un freinage amorcé par le conducteur. La valeur de mesure du transmetteur de pression de freinage délivre un signal redondant, qui constitue également la base du calcul des interventions de freinage stabilisantes de l'ESC.



475\_058

## Synoptique du système ESC



475\_059

- |    |                                                                         |       |
|----|-------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1  | Capteur de vitesse de roue : arrière droit                              | G44   |
| 2  | Capteur de vitesse de roue : avant droit                                | G45   |
| 3  | Capteur de vitesse de roue : arrière gauche                             | G46   |
| 4  | Capteur de vitesse de roue : avant gauche                               | G47   |
| 5  | Transmetteur d'angle de braquage                                        | G85   |
| 6  | Contacteur de feux stop/<br>contacteur de pédale de frein               | F/F47 |
| 7  | Transmetteur de pression de freinage                                    | G201  |
| 8  | Unité de capteurs ESP, avec :                                           | G419  |
|    | - Capteur d'accélération transversale                                   | G200  |
|    | - Capteur de lacet                                                      | G202  |
|    | - Capteur d'accélération longitudinale                                  | G251  |
| 9  | Calculateur d'électronique des capteurs<br>(en remplacement de G419)    | J849  |
| 10 | Commande d'ASR/ESC                                                      | E256  |
| 11 | Unité hydraulique avec pompe de refoulement<br>et vannes de commutation |       |
| 12 | Électrovannes                                                           |       |
| 13 | Témoin d'ABS                                                            | K47   |
| 14 | Témoin de système de freinage                                           | K118  |
| 15 | Témoin d'ESC/ASR                                                        | K155  |
| 16 | Témoin 2 d'ESC/ASR                                                      | K216  |
| 17 | Raccord de diagnostic                                                   |       |
| A  | Calculateur d'ABS/ESC                                                   |       |

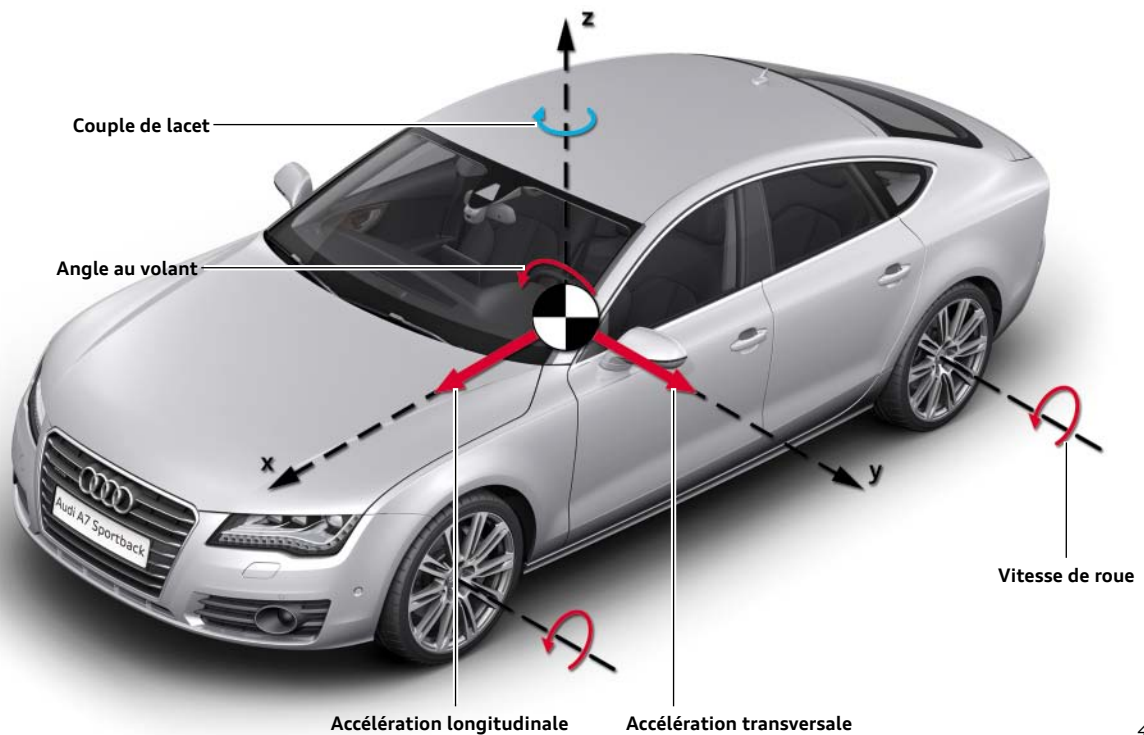


## Capteurs

Pour pouvoir réaliser ces régulations extrêmement complexes, les signaux des vitesses de roue à eux seuls ne suffisent pas. Il est important de connaître les mouvements du véhicule (dynamique du véhicule) ainsi que ceux de l'angle au volant.

Tous les mouvements du véhicule sont enregistrés par les capteurs spéciaux - accélération transversale, accélération longitudinale et couple de lacet (mouvement rotatif autour de l'axe vertical du véhicule).

L'angle de braquage du volant (ou angle au volant) indique le souhait du conducteur (sens de marche voulu).



475\_060

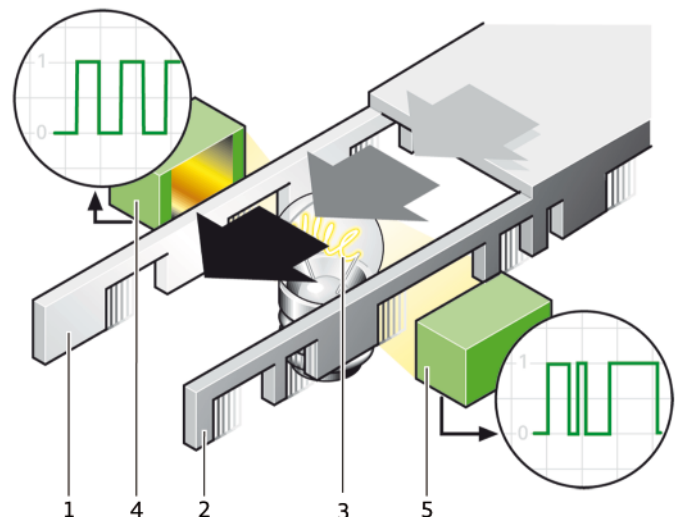
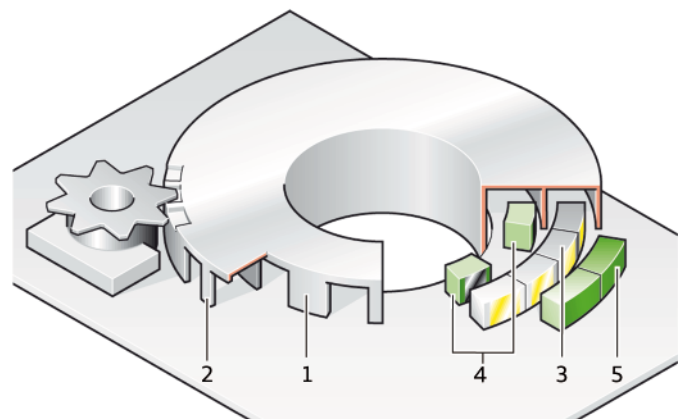
## Transmetteur d'angle de braquage

Trois capteurs différents sont utilisés sur les modèles Audi actuels. Tous les capteurs utilisés transmettent l'angle de braquage du volant sur le bus de données.

Le capteur mis en œuvre sur l'Audi Q7 se caractérise par un principe de fonctionnement optique.

Quand la lumière des diodes (3) arrive par le masque perforé incrémental (1) et le masque performé absolu (2) sur les capteurs optiques (4+5), il y a génération d'une tension de signal variant du fait du pas variable de la denture.

Ce « codage » est évalué par l'électronique et délivre une information d'angle dans la plage de mesure de 0 à 360°.



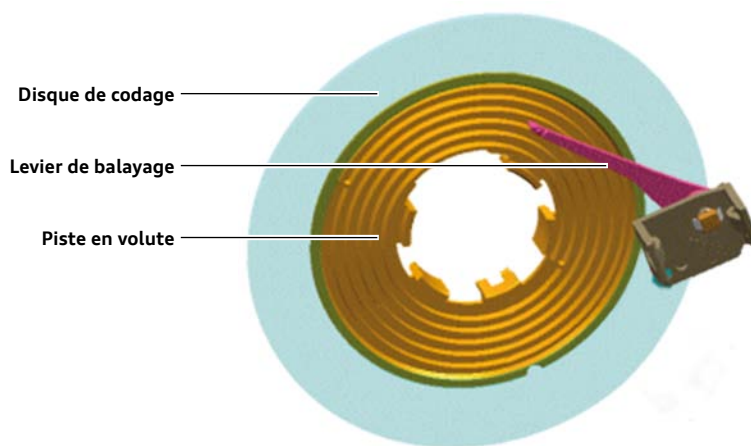
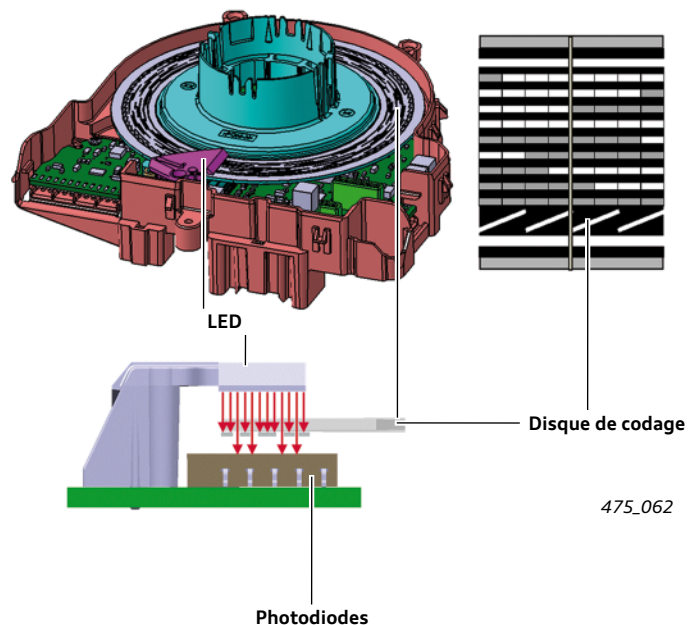
475\_061



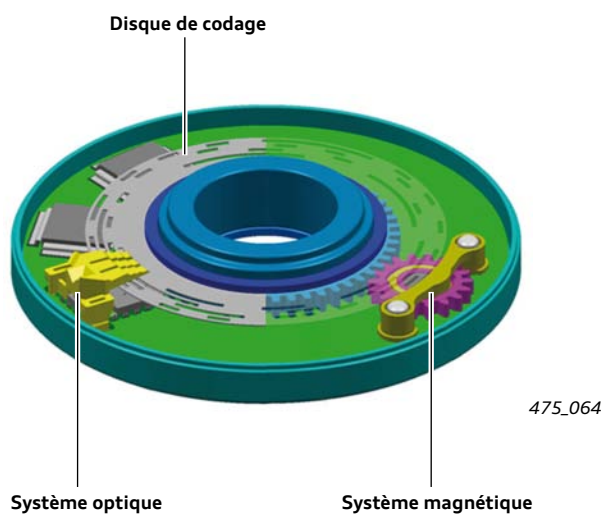
Sur les modèles Audi actuels A3, TT, Q5, A8, R8, il est fait appel à un système de capteurs qui détermine l'angle de braquage sur la base d'un système de caméra.

Des photodiodes montées (de manière fixe) dans le boîtier du capteur jouent le rôle de « caméras ». Un disque codé est relié à l'arbre de direction. Ce disque renferme plusieurs pistes codées, analogiques et numériques (similaires à un code barre). Les zones non imprimées de ces pistes codées sont transparentes. Des LED sont utilisées comme source lumineuse.

Les photodiodes reçoivent la lumière traversant les zones transparentes des pistes de code et balaient ainsi les pistes codées tournant à chaque mouvement du volant de direction. La détection de la position du volant dans la plage d'angle de braquage de 0°-360° (dans la zone d'une rotation) ou dans la plage de 361°-720°, est assurée par une prise mécanique supplémentaire. Comme sur un disque microsillon, un petit levier est guidé dans une piste en volute sur la face inférieure du disque codé. L'évaluation des signaux codés et la position du levier mécanique délivrent le signal d'angle de braquage du volant.



Sur les modèles Audi A6 et A7 actuels, il est fait appel à un capteur dont le fonctionnement combine les principes optique et magnétique. Le capteur optique fonctionne de façon similaire au capteur décrit plus haut. Le disque codé est relié au rotor sur lequel est fixé l'arbre de direction. Le rotor a la forme d'un pignon. Ce pignon est en prise permanente avec un deuxième pignon, plus petit, monté dans le boîtier. Ce deuxième pignon est relié à un aimant permanent bipolaire. Chaque mouvement de direction imprime une rotation à l'aimant. Deux capteurs de Hall fixés dans le boîtier enregistrent la position (angle de braquage) de l'aimant. Par évaluation du signal optique et du signal de Hall, l'électronique peut enregistrer toute la plage de réglage de l'angle de braquage du volant.



### Capteurs d'accélération transversale et longitudinale et de vitesse de lacet

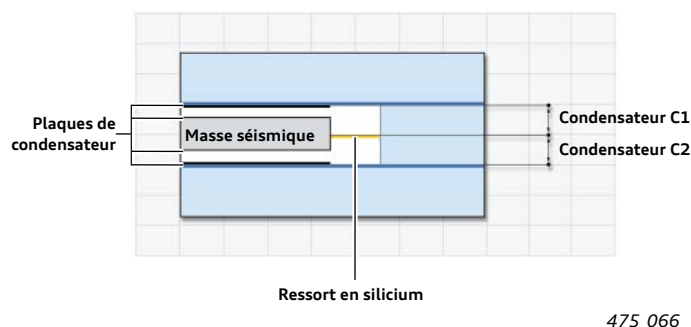
Deux types d'unités de capteurs, dans lesquelles sont intégrés les capteurs proprement dits, sont utilisés.

Les modèles Audi A1, A3 et Q3 actuels constituent des exceptions. Sur les Audi A1 et A3, les capteurs font partie du calculateur d'ABS J104. Sur l'Audi Q3, les capteurs sont intégrés dans le calculateur de frein de stationnement J540.

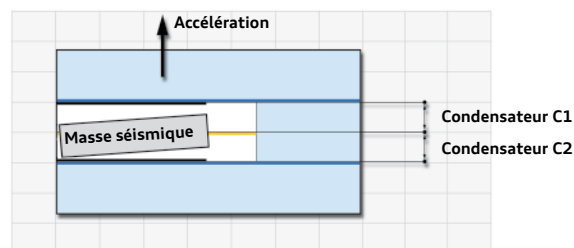
L'unité de capteurs d'ESP G419 « classique » équipe les véhicules sans bus de données FlexRay.



Les capteurs d'accélération transversale et longitudinale fonctionnent selon le principe de la « masse sismique ». Dans notre représentation simplifiée, une masse oscillante se trouve entre deux plaques de condensateur. La masse est dotée de contacts bilatéraux, si bien que deux condensateurs sont formés avec les deux plaques de condensateur extérieures.



Lors d'une accélération du véhicule, la position de la masse varie, en raison de l'inertie de cette dernière, entre les plaques de condensateur. La distance des plaques des deux condensateurs varie alors également. Lorsque la distance augmente, la capacité du condensateur diminue. Dans l'exemple, la capacité du condensateur C1 diminue, celle de C2 augmente. Ces variations de capacité sont évaluées par l'électronique et constituent une mesure directe de l'accélération considérée.



Le transmetteur d'accélération longitudinale est nécessaire sur les modèles Audi A3 et TT équipés d'une transmission quattro et/ou d'un assistant de démarrage en côte/assistant de démarrage. Sur ces modèles, la transmission quattro est réalisée par un coupleur Haldex. Du fait de son principe de fonctionnement, il existe, lorsque le coupleur est fermé, un couplage fixe des roues avant et arrière.

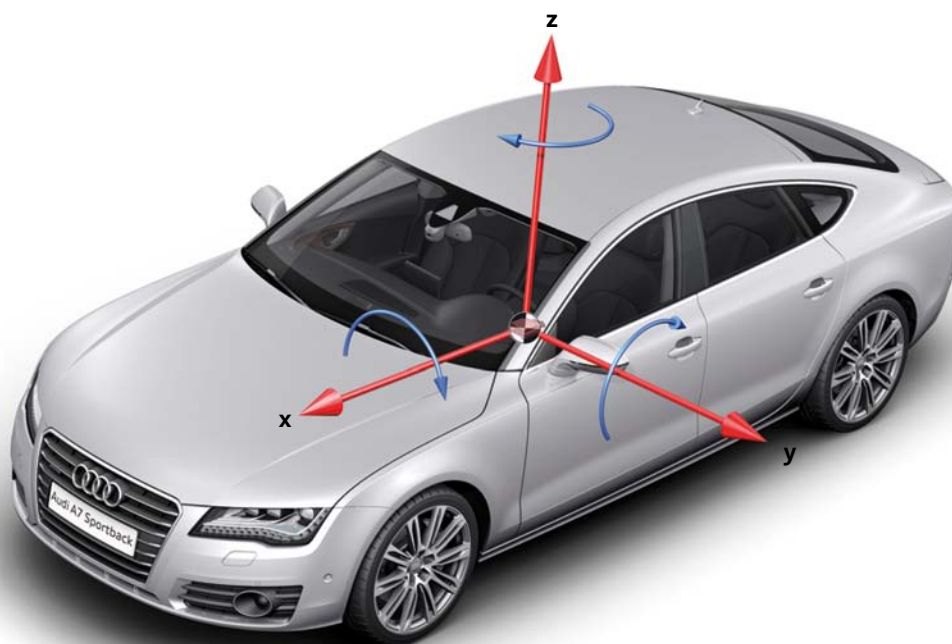
En cas de coefficients d'adhérence faibles, l'ESC ne peut plus, dans certaines circonstances, déterminer avec suffisamment de précision la vitesse réelle du véhicule à partir des valeurs de mesure des capteurs de vitesse. Le signal du transmetteur d'accélération longitudinale peut alors servir de signal de référence. Pour les fonctions d'assistant de démarrage en côte et d'assistant de démarrage, il est important de connaître l'angle d'inclinaison de la

chaussée. Le transmetteur d'accélération longitudinale fonctionne lui aussi selon le principe de la « masse sismique ». Suivant l'importance de l'angle d'inclinaison de la chaussée, l'effet de l'accélération terrestre (gravitation) sur la masse sismique varie également, et avec elle la valeur de mesure du capteur. Des modèles de véhicules plus anciens avec frein de stationnement électromécanique sont également dotés d'un transmetteur d'accélération longitudinale. Ces valeurs de mesure sont évaluées pour la fonction de frein de stationnement comme d'assistant de démarrage et d'assistant de démarrage en côte. Suivant le modèle de véhicule, le transmetteur d'accélération longitudinale fait soit partie du calculateur d'ABS J104, soit partie de l'unité de capteurs d'ESP G419 ou du calculateur d'électronique des capteurs J849.

Sur les véhicules actuels avec bus de données FlexRay (Audi A6, A7 et Audi A8), la détermination des mouvements du véhicule est assurée par le calculateur d'électronique des capteurs J849. Plusieurs versions de ce calculateur sont mises en œuvre en fonction de l'équipement du véhicule. Dans la version d'équipement maximum, des capteurs de détection des accélérations longitudinale, verticale et transversale ainsi que des couples autour des trois axes du véhicule x, y et z sont intégrés. Les signaux d'accélération transversale et longitudinale ainsi que la vitesse de lacet autour de l'axe vertical du véhicule (couple de lacet) sont importants pour la fonction ESC.



475\_068



475\_069



#### Renvoi

Vous trouverez des informations de détail sur la conception et le fonctionnement du calculateur d'électronique des capteurs dans le programme autodidactique 458.

## Assistance hydraulique au freinage d'urgence (HBA)

Des analyses sur le comportement de freinage dans des situations d'urgence montrent que la majorité des conducteurs n'actionne pas l'accélérateur avec suffisamment de force. Les forces de freinage physiquement réalisables ne sont pas atteintes, il y a « gaspillage » de la course de freinage.

L'objectif de l'HBA est d'augmenter, en cas de freinage d'urgence, la pression de freinage de sorte à réaliser une course de freinage aussi courte que possible tout en conservant la dirigeabilité du véhicule.

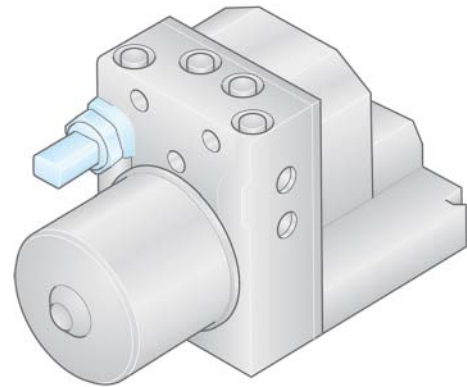
L'HBA est une extension fonctionnelle de l'ESC et est intégrée dans tous les modèles Audi actuels. Pour des raisons de sécurité, elle ne peut pas être désactivée par le conducteur.

### Déroulement d'un freinage avec régulation HBA

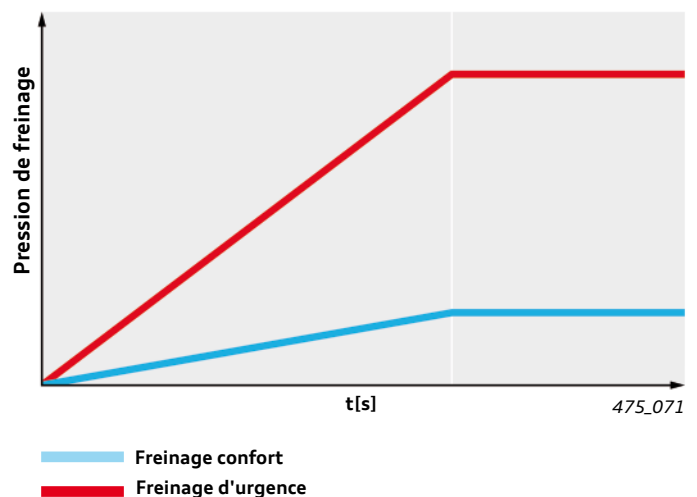
Les conditions suivantes doivent être remplies pour l'activation de l'HBA :

- La pression de freinage pilotée par le conducteur doit correspondre à une valeur minimale (env. 30 bars).
- La vitesse d'établissement de la pression de freinage doit correspondre à une valeur minimale.
- Le contacteur de feux stop de la pédale de frein doit être actionné (le conducteur freine).

Dans le cas d'un freinage d'urgence, le conducteur actionne la pédale de frein à une vitesse nettement supérieure et avec une force plus importante que dans le cas d'un freinage préventif (freinage confort). Il s'ensuit une augmentation très rapide de la pression de freinage. Alors que, dans le cas d'un freinage confort, la vitesse d'établissement de la pression de freinage se situe approximativement dans une plage de 30 à 60 bars/s, elle est le multiple de cette valeur dans le cas d'un freinage d'urgence. La logique de régulation reconnaît la situation de freinage d'urgence par évaluation de la vitesse d'augmentation de la pression de freinage. Cette information est fournie par les capteurs de pression intégrés dans l'unité de commande hydraulique ESC. Le processus de régulation consécutif comporte trois phases.



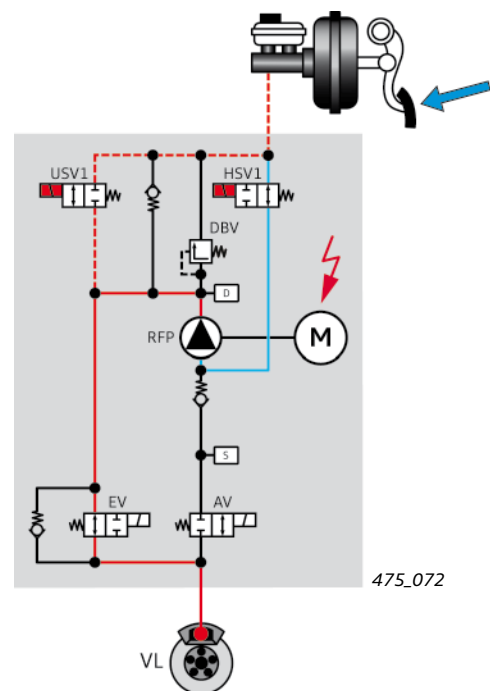
475\_070



475\_071

### Phase 1

Un seuil de vitesse défini de la génération de la pression de freinage induite par le conducteur est dépassé, la situation de freinage d'urgence est détectée. L'établissement actif de la pression de freinage est amorcé. Il y a pour cela pilotage des clapets de commutation haute pression et des vannes d'inversion. La pompe de refoulement est pilotée et aspire le liquide de frein par les clapets de commutation haute pression. La pression de freinage pilotée par le conducteur fait l'objet d'une augmentation supplémentaire par génération active de pression au niveau des quatre freins de roue. L'objectif est de déclencher aussi vite que possible la régulation ABS.

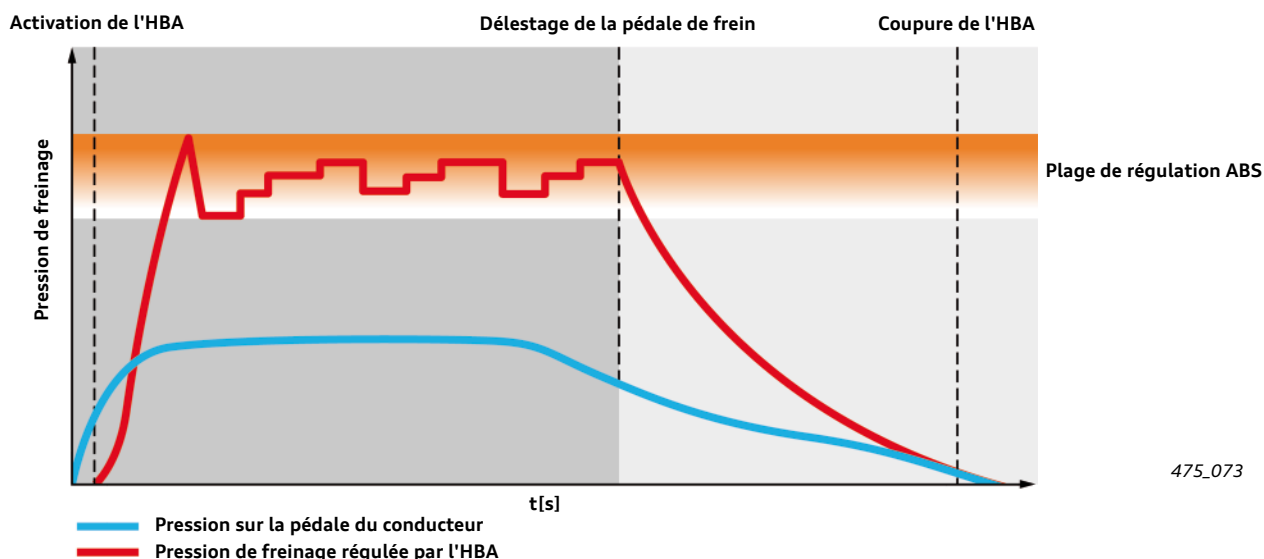


475\_072

## Phase 2

Du fait du freinage jusqu'à dans la plage de réglage ABS, le véhicule est décéléré par la meilleure décélération de freinage physiquement possible tout en conservant intégralement sa dirigeabilité.

La régulation ABS est assurée par les fonctions « génération de la pression de freinage », « maintien de la pression de freinage » et « réduction de la pression de freinage ».

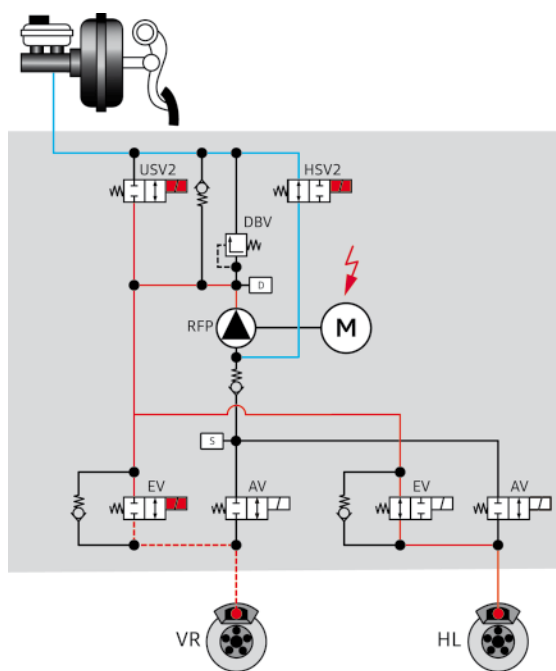


475\_073

Dans chaque circuit de freinage, il y a alors régulation avec la vanne d'aspiration assignée de la roue présentant la pression de freinage la plus faible, et de la roue présentant la pression de freinage la plus élevée avec la vanne d'inversion considérée.

Dans l'exemple indiqué, la pression de freinage dans le frein de roue avant droit est supérieure à l'arrière gauche. La pression de freinage avant droite doit, par « maintien de la pression de freinage », ne pas être augmentée plus, la pression arrière gauche peut continuer d'augmenter. La vanne d'aspiration correspondante pour la roue avant droite est pilotée. La liaison pompe-frein de roue est alors interrompue. Une nouvelle génération de pression peut avoir lieu au niveau de la roue arrière gauche du fait de la vanne d'aspiration ouverte.

S'il faut maintenir ici aussi la pression de freinage constante, la vanne d'aspiration correspondante est également fermée.



475\_074

## Phase 3

Le conducteur relâche la pédale de frein. Cela est détecté par évaluation du signal de pression du capteur de pression de freinage et la régulation HBA est interrompue.

### HBA sur les véhicules avec Adaptive Cruise Control (ACC)

Sur les véhicules avec ACC, la situation routière en amont du véhicule ACC est « observée » en permanence par les capteurs radar. Cela a également lieu avec l'ACC non activé par le conducteur. Si une situation représentant un risque d'accident potentiel élevé est détectée, les conditions d'activation du système HBA sont modifiées. La fonction est alors déjà activée plus tôt, lors d'une vitesse d'établissement de la pression de freinage plus faible donc. Ce déclenchement sensible permet une nouvelle réduction de la course de freinage en cas de freinages d'urgence.



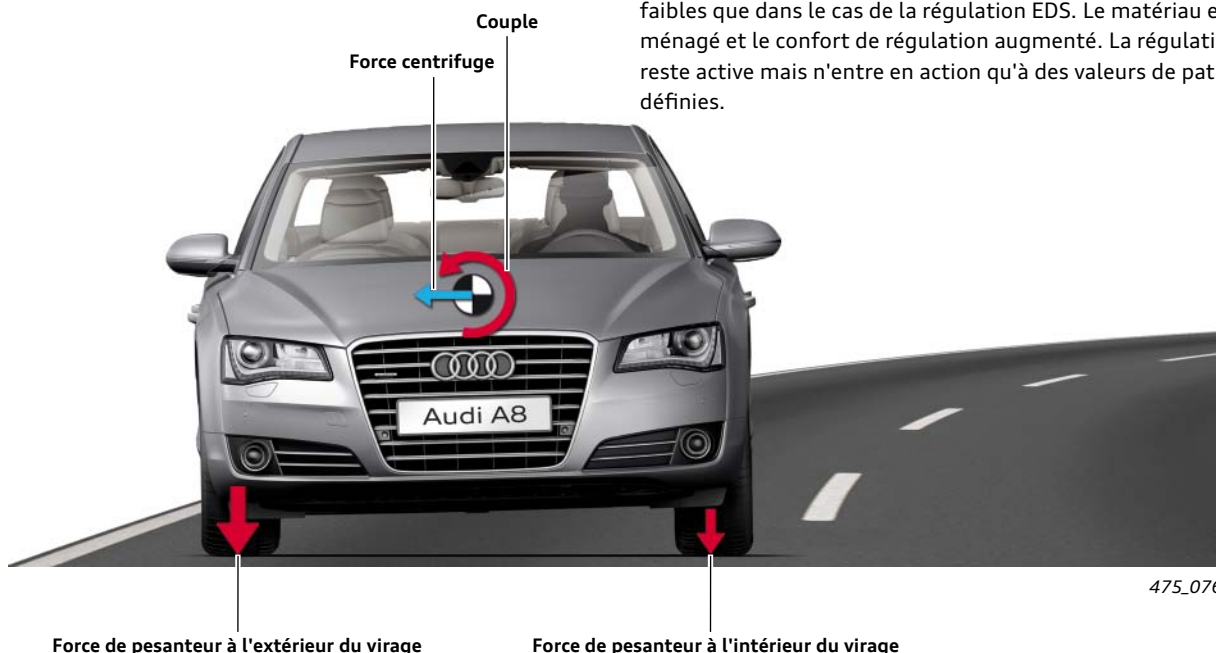
475\_075



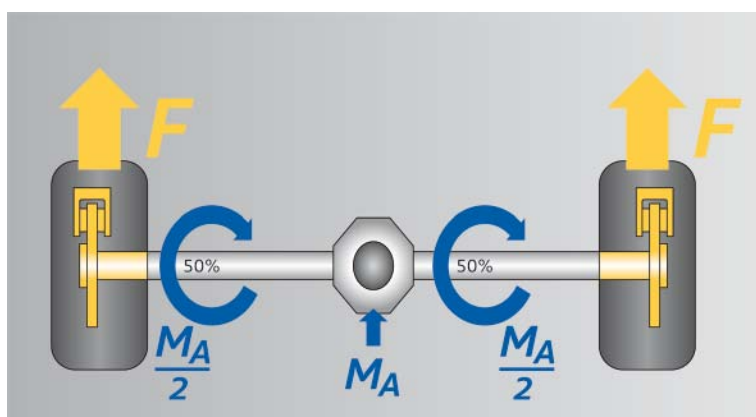
## Blocage transversal électronique (différentiel blocable inter-roues)

Le blocage transversal électronique sert à améliorer la traction dans les virages ainsi qu'à réduire/neutraliser la tendance au sous-virage et à augmenter la dynamique. Ce système est utilisé sur les modèles Audi à traction avant. Le blocage électronique transversal est une extension logicielle dans le calculateur d'ABS/ESC. La régulation est toujours activée en cas de besoin et ne peut pas être désactivée par le conducteur.

Dans chaque virage, la force centrifuge entre en action. Elle intervient au niveau du centre de gravité et agit radialement vers l'extérieur du virage. La conséquence en est un délestage des roues intérieures dans le virage et une sollicitation plus importante des roues extérieures dans le virage. Comme cela a déjà été expliqué au chapitre « Connaissances de base de la dynamique de roulage », des forces plus importantes au point de contact de la roue sont généralement transmissibles lorsque la charge exercée sur la roue augmente. Cela signifie que des forces d'entraînement plus élevées peuvent être transmises au niveau des roues extérieures dans le virage qu'à celui des roues intérieures au virage. Cela n'est toutefois pas possible dans le cas de la mise en œuvre d'un différentiel conventionnel pour la compensation du régime.

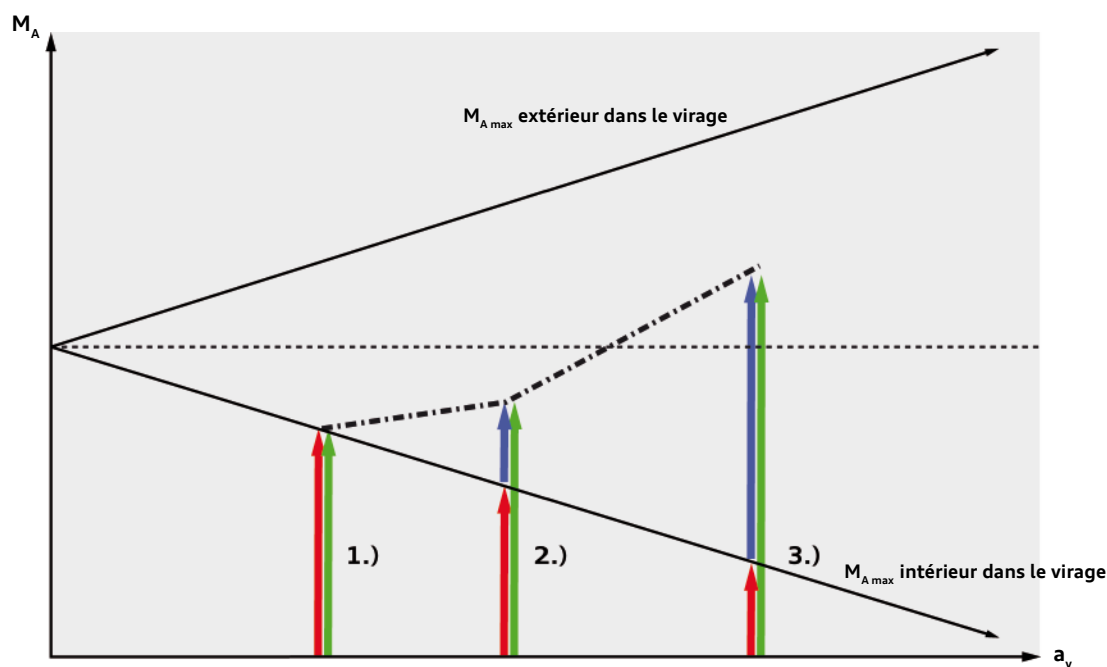


Du fait de la force centrifuge attaquant au centre de gravité de la carrosserie du véhicule, il en résulte un couple sollicitant plus fortement les roues extérieures dans le virage. Force de la pesanteur à l'extérieur du virage > force de la pesanteur à l'intérieur du virage



Un différentiel conventionnel divise toujours le couple total de la propulsion à parts égales (de 50 %) entre les deux roues motrices.





475\_078

- Couple d'entraînement à l'intérieur du virage
- Couple d'entraînement à l'extérieur du virage
- Couple de freinage

Le graphique représente la transmission des couples d'entraînement des roues  $M_A$  en fonction de l'accélération transversale  $a_y$ . On peut généralement voir que les couples maximum transmissibles au niveau de la roue extérieure dans le virage augmentent lorsque l'accélération transversale augmente. Au niveau de la roue intérieure, ils diminuent dans la même proportion environ.

#### 1.) Virage avec différentiel ouvert sans intervention du blocage transversal :

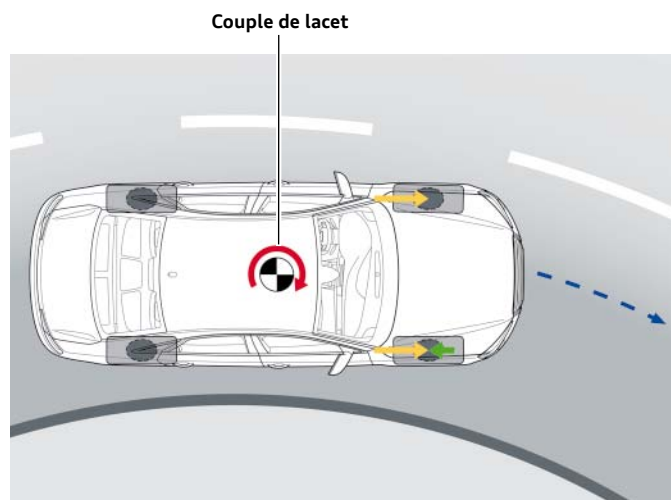
Les couples transmissibles sont, au niveau de la roue motrice extérieure dans le virage sollicitée, tout aussi élevés qu'au niveau de la roue motrice intérieure dans le virage délestée. Des couples d'entraînement plus élevés pourraient toutefois être transmis au niveau de la roue motrice extérieure dans le virage. Cela n'est pas possible sans interventions de freinage supplémentaires avec un différentiel conventionnel.

#### 2.) + 3.) Virage avec différentiel ouvert et intervention du blocage transversal :

Du fait de la génération active de pression de freinage, un couple de freinage supplémentaire est appliqué au niveau de la roue intérieure dans le virage délestée. Ce couple de freinage supplémentaire augmente le couple total au niveau de cette roue, étant donné qu'un couple d'entraînement supplémentaire est nécessaire pour surmonter le couple de freinage. Il en résulte l'action d'un couple d'entraînement plus élevé (d'une valeur équivalente au couple total à l'intérieur du virage) au niveau de la roue extérieure.

La force d'entraînement plus élevée du côté extérieur du virage provoque un couple (couple de lacet) autour de l'axe vertical du véhicule. Ce couple de lacet assiste le conducteur lors du braquage et se traduit alors par une agilité (dynamique) nettement plus élevée du véhicule.

Le blocage transversal électronique n'est pas activé en cas de très faibles valeurs de frottement entre le pneumatique et la chaussée. La fonction ne peut pas être désactivée par le conducteur.



475\_079

## Commande de couple à sélection de roue

La commande de couple à sélection de roue fait son apparition sur les véhicules avec transmission quattro. Le système est un perfectionnement du blocage transversal électronique. Des interventions de freinage automatiques individuelles sont ainsi possibles sur les quatre roues. Le fonctionnement correspond dans ses grandes lignes à celui du blocage transversal électronique.

La commande de couple à sélection de roue est également déjà active par des interventions de freinage avant qu'un patinage à l'accélération élevé ne puisse s'établir. Le comportement routier reste nettement plus longtemps neutre. Le sous-virage lors du

braquage et de l'accélération est pratiquement neutralisé. Les interventions de régulation de l'ESC ont lieu nettement plus tard, à condition qu'elles soient encore nécessaires. Comme le blocage transversal électronique, la commande du couple à sélection de roue n'est pas active lorsque le coefficient de friction entre pneus et chaussée est très faible.

La commande de couple à sélection de roue est elle aussi une extension logicielle dans le calculateur d'ABS/ESC. La régulation est toujours activée en cas de besoin et ne peut pas être désactivée par le conducteur.



### Marche en ligne droite :

La charge sur la roue et le couple d'entraînement sont répartis uniformément.



### Virage sous charge :

Du fait de la force centrifuge, il y a déport de la charge sur la roue vers le côté extérieur dans le virage.

Par des interventions de freinage au niveau des roues intérieures dans le virage, le couple d'entraînement est dévié sur les roues extérieures dans le virage.

Le couple de lacet en résultant assiste le véhicule tournant dans le virage.



475\_080

## Systèmes d'assistance au démarrage

Sur les modèles Audi, il est fait appel à trois systèmes différents pour assister le conducteur lors de démarrages. L'« assistant de démarrage EPB » est exclusivement réalisé sur les véhicules à frein de stationnement électropneumatique (EPB) et utilise la fonction EPB. Nous n'aborderons pas ce système plus avant, car il fonctionne sans intervention de freinage active.

Les deux autres systèmes, l'« assistant de démarrage en côte » et l'« assistant de démarrage » utilisent l'hydraulique ABS/ESC pour l'assistance au démarrage.

Le logiciel de régulation correspondant est intégré dans le calculateur d'ABS/ESC.

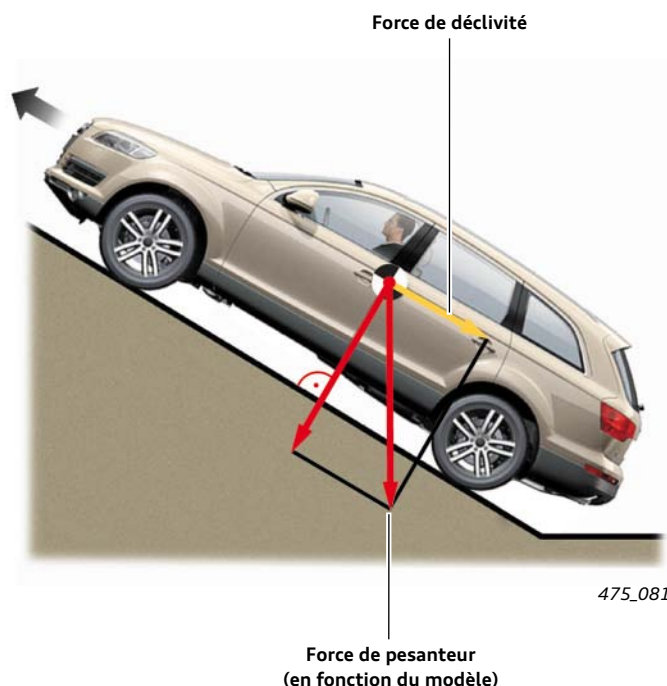
### Assistant de démarrage en côte

L'assistant de démarrage en côte a été proposé pour la première fois sur l'Audi A3 millésime 2006.

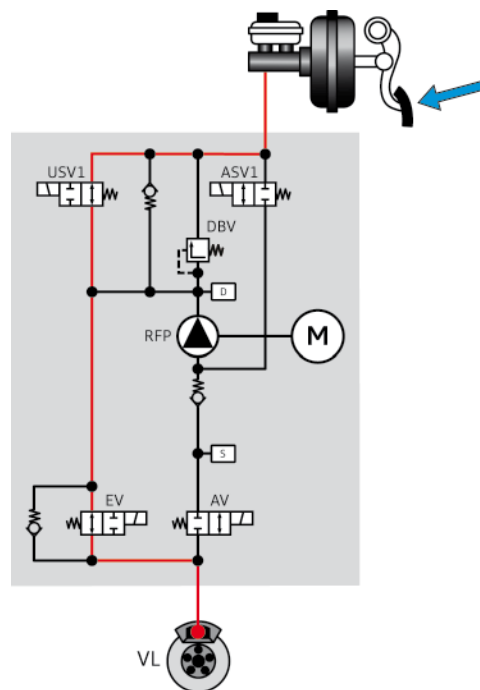
Le système a été développé pour faciliter pour le conducteur le démarrage en côte, en cas de circulation peu fluide notamment. Plus l'inclinaison de la pente est importante, plus la composante de la force de pesanteur faisant reculer le véhicule non freiné dans la pente est importante : la force de déclivité. Un moment critique lors du démarrage en côte est la période entre le passage du pied de la pédale de frein à l'accélérateur jusqu'à l'établissement du couple requis du moteur de propulsion. Si cette période est trop longue, le véhicule recule avant qu'un couple suffisant pour l'entraînement du véhicule ne soit disponible. C'est là qu'intervient l'« assistant de démarrage en côte ».

L'assistant de démarrage en côte est activé lorsque les conditions suivantes sont remplies :

- Le véhicule est arrêté, la détection est assurée par le capteur de vitesse.
- Sur les Audi A3, Q3 et TT, la porte du conducteur doit être fermée. Le moteur de propulsion tourne.
- La déclivité de la chaussée (montée) est supérieure à env. 3-5 %. La détection est assurée par le capteur d'accélération longitudinale (voir page 37).



Durant le freinage par le conducteur, les vannes d'inversion sont ouvertes dans l'unité hydraulique ESC. La pression de freinage pilotée par le conducteur est acheminée aux freins de roue.



475\_082

Lorsque le conducteur relâche la pédale de frein, les vannes d'inversion de l'unité hydraulique ESC sont fermées. La pression de freinage préalablement pilotée par le conducteur est ainsi conservée, le véhicule ne peut pas rouler en arrière. Cette fonction d'arrêt est limitée dans le temps à env. 1,5 s maximum. Une fois la période maximale écoulée, le pilotage des vannes est coupé. Cela est suffisant pour changer le pied de place en vue de démarrer immédiatement. En règle générale, la transposition a lieu plus rapidement, si bien que le conducteur accélère déjà au bout de moins de 1,5 s. La logique de régulation détermine sur la base de l'inclinaison de la pente le couple moteur requis pour éviter que le véhicule ne roule en marche arrière. Une fois ce couple moteur atteint, les vannes sont ouvertes à nouveau avant la durée de pilotage maximale de 1,5 s.

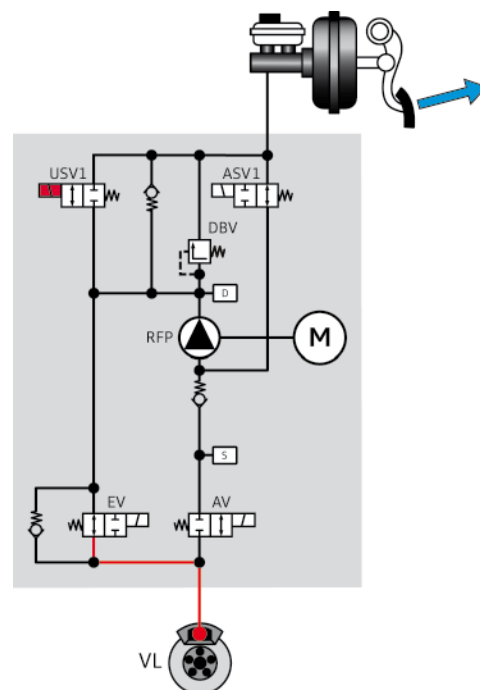
L'angle d'inclinaison de la chaussée est déterminé par le capteur d'accélération longitudinale (suivant le modèle de véhicule, dans le calculateur d'ABS/ESC, dans l'unité de capteurs G419) ou par le calculateur d'électronique des capteurs J849.

Le couple moteur momentané est transmis au calculateur d'ABS/ESC par le calculateur du moteur via un message sur le bus.

La fonction ne peut pas être désactivée par le conducteur.

Actuellement, cette fonction fait partie de l'équipement de série sur tous les véhicules avec boîte automatique. Elle est proposée en option sur les Audi A1, A3, TT et Q3 à boîte mécanique.

Sur l'Audi Q7, la fonction est réalisée par le servofrein actif et non pas par l'hydraulique d'ABS/ESC.



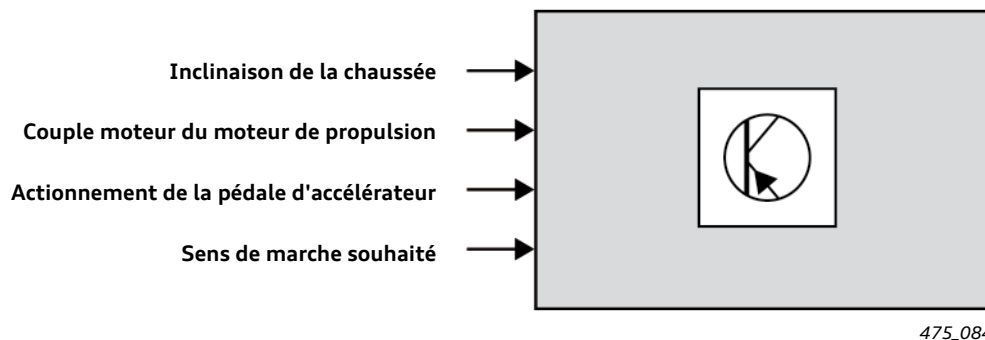
475\_083

Sur les véhicules avec boîte mécanique, les informations représentées sur le graphique sont utilisées pour la détermination du point de desserrage du frein de service. Sur les véhicules avec boîte automatique, l'inclinaison de la pente est également prise en compte dans la régulation.

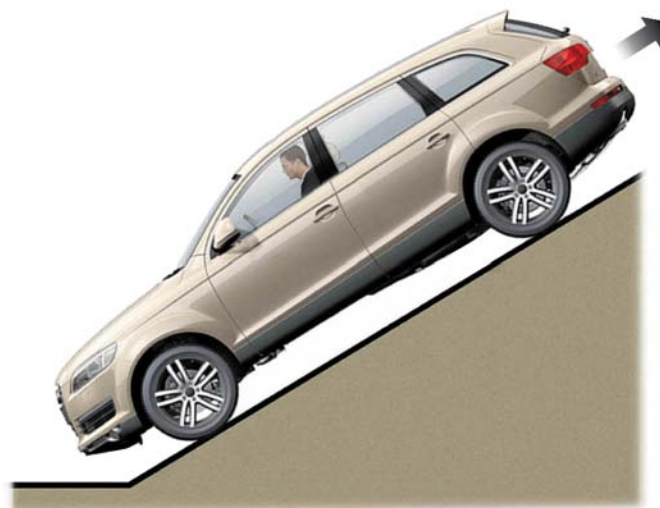
Via un message sur le bus du calculateur du moteur, le logiciel de régulation reçoit des informations sur l'actionnement de l'accélérateur. Ici, c'est principalement la vitesse d'actionnement de la pédale qui est évaluée. L'actionnement de l'accélérateur caractérise le moment du redémarrage par le conducteur.

Sur les véhicules avec système start-stop et boîte mécanique, le rapport engagé est détecté par les capteurs correspondants et pris en compte dans la régulation.

Sur les véhicules sans système start-stop et avec boîte mécanique, la détection du sens de marche souhaité s'effectue par évaluation du contacteur des feux de recul.



L'assistant de démarrage en côte est également activé lorsque le démarrage en montée s'effectue en marche arrière. L'engagement de la marche arrière est signalé au calculateur d'ABS/ESC par un message sur le bus.



475\_086

## Assistant de démarrage

L'assistant de démarrage est un perfectionnement de l'assistant de démarrage en côte. Contrairement à l'assistant de démarrage en côte, le système peut être activé et désactivé par le conducteur. En outre, lorsque la fonction est activée, le véhicule est maintenu à l'état freiné durant toute la durée d'immobilisation du véhicule, indépendamment de l'angle d'inclinaison de la chaussée. La condition est dans ce cas que le véhicule ait été freiné jusqu'à immobilisation par le conducteur.

L'assistant de démarrage exploite également la fonction du frein de stationnement électromécanique (EPB) et dépend par conséquent de l'équipement du véhicule.



475\_087

Touche de fonction Auto Hold E540

### L'assistant de démarrage réalise trois fonctions :

- ▶ Lorsque le conducteur freine le véhicule jusqu'à immobilisation, l'assistant de démarrage maintient le véhicule à l'état freiné durant tout le temps de l'arrêt. Cela déleste le conducteur, qui ne doit plus actionner le frein pendant toute la durée de l'immobilisation pour éviter que le véhicule ne se mette à rouler.
- ▶ Lors du démarrage, le frein est desserré lorsque le couple du moteur de propulsion suffit à éviter que le véhicule ne roule dans le cas d'une chaussée inclinée.
- ▶ Si le véhicule est arrêté avec l'assistant de démarrage activé, le frein de stationnement est automatiquement activé dans les conditions suivantes :
  - ▶ la boucle de ceinture du conducteur est ouverte
  - ▶ la porte du conducteur est ouverte
  - ▶ le contact d'allumage (borne 15) est coupé



475\_088



475\_089



475\_090



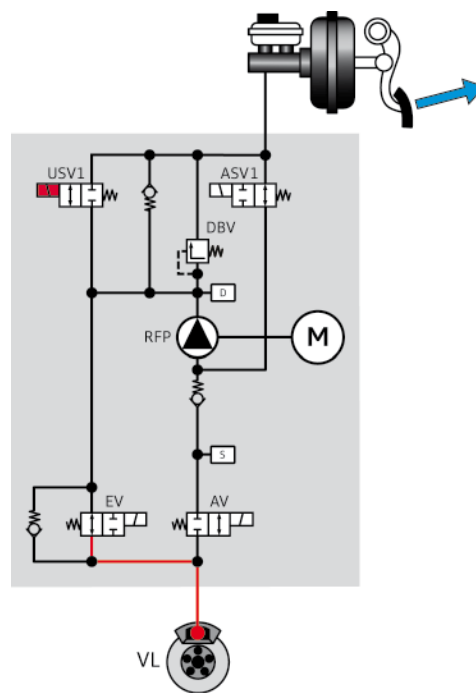
Pour l'activation de l'assistant de démarrage, les conditions suivantes doivent être remplies :

- ▶ La porte du conducteur et la boucle de ceinture du conducteur sont fermées
- ▶ Le moteur de propulsion tourne
- ▶ L'assistant de démarrage a été activé en actionnant la touche Auto Hold E540
- ▶ L'ESC et l'EPB fonctionnent sans défaut

### Fonctionnement

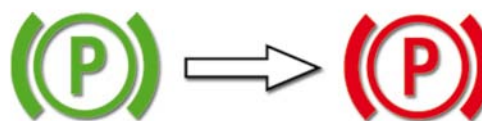
À l'arrêt du véhicule, les vannes d'inversion dans l'unité de commande hydraulique ESC sont fermées. La pression de freinage appliquée précédemment par le conducteur est ainsi maintenue. Si la pression de freinage pilotée par le conducteur est trop faible pour maintenir le véhicule à l'arrêt en toute sécurité, une pression de freinage supplémentaire est générée par l'ESC.

Comme les bobines des vannes s'échauffent lors du pilotage, leur durée de la commande est limitée dans le temps. Une fois la température maximale d'env. 200 °C atteinte, il y a « transfert » au frein de stationnement électromécanique (EPB). Le frein de stationnement est alors fermé mécaniquement et le véhicule est maintenu à l'état freiné durant toute la période d'immobilisation.



475\_083

Le conducteur est informé de l'activation de la fonction par la LED dans la touche et un affichage (P) dans le combiné d'instruments. Si l'EPB prend le relais de la fonction de freinage, la couleur de l'affichage dans le combiné d'instruments passe de vert à rouge. Lorsque le conducteur poursuit son trajet, le frein s'ouvre à nouveau lorsque le couple moteur suffit à éviter que le véhicule ne recule.



475\_085

L'assistant de démarrage est proposé en option sur les modèles Audi actuels A4, A5, S5 et Q5.

Sur les modèles A6, A7 et A8, l'assistant de démarrage fait partie de l'équipement de série.

L'assistant de démarrage n'est pas proposé en Amérique du Nord.



### Renvoi

Pour d'autres informations sur l'assistant de démarrage, voir le programme autodidactique 394.

## Assistant de descente

L'assistant de descente aide le conducteur lors de descentes en tout terrain.

Sous l'effet de la force de déclivité, un véhicule roulant en descente est accéléré même si le conducteur n'actionne pas l'accélérateur. L'assistant de descente réalise un freinage sélectif par roue du véhicule pour garantir une vitesse constante du véhicule. La dirigéabilité du véhicule est en outre améliorée par une répartition ciblée de la force de freinage.

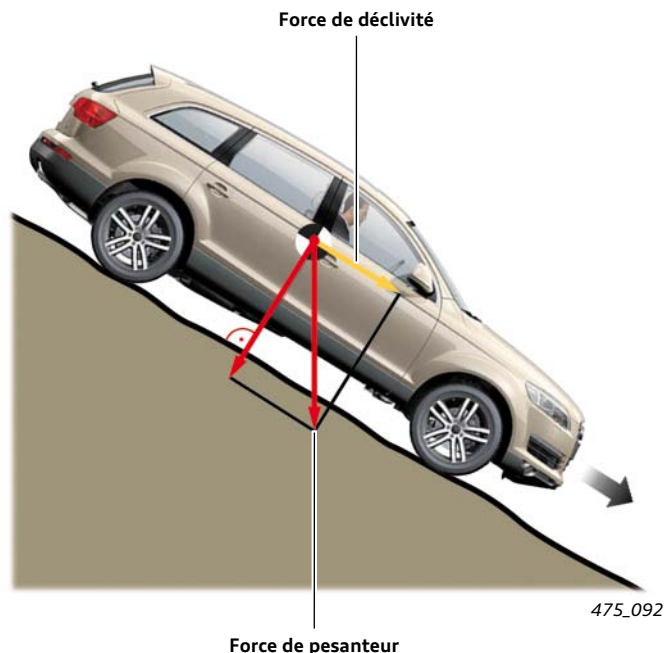
La fonction est réalisée par un logiciel supplémentaire dans le calculateur d'ABS/ESC. Elle est proposée en dotation de série sur les modèles Audi Q7 et Q5.

Le principe de fonctionnement est identique sur les deux modèles : lorsque le couple d'inertie du moteur de propulsion ne suffit plus à éviter une accélération du véhicule, des interventions de freinage actives ont lieu. La pompe de refoulement est pilotée et les roues considérées sont freinées par génération d'une pression de freinage. Comme dans le cas de l'EDS ou de l'ESC, il est fait appel pour l'assistant de descente aux sous-fonctions de génération de la pression de freinage, de maintien de la pression de freinage et de la réduction de la pression de freinage. La régulation ABS reste activée.

Les applications se différencient sur des points de détail dans l'Audi Q5 et l'Audi Q7.

Sur l'Audi Q7, la fonction est activée par actionnement de la touche d'ASR et d'ESC et l'enclenchement du mode offroad.

Sur l'Audi Q5, le conducteur peut activer la fonction à l'aide d'une commande distincte.



Commande d'ASR/ESC sur l'Audi Q7



Commande d'activation de l'assistant de descente sur l'Audi Q5

**L'assistant de descente est activé automatiquement lorsque les conditions suivantes sont remplies :**

#### **Audi Q5**

- ▶ La fonction est activée à l'aide de la touche.
- ▶ La vitesse du véhicule s'inscrit dans une plage de 9 à 30 km/h (véhicules avec boîte mécanique) ainsi que 4 à 30 km/h (boîte automatique).
- ▶ La pente est de l'ordre de 10 %.
- ▶ L'accélérateur et le frein ne sont pas actionnés.

L'assistant de descente est également activé lorsqu'aucun rapport n'est engagé, que la boîte est en position N ou bien en en marche arrière en descente.

Le conducteur peut à tout moment augmenter ou réduire la vitesse en actionnant l'accélérateur ou le frein. Durant l'actionnement, la régulation est coupée. Lorsque le conducteur retire son pied de la pédale, la nouvelle vitesse réglée est maintenue.

#### **Audi Q7**

- ▶ Le mode offroad est actif.
- ▶ La vitesse du véhicule est inférieure à 20 km/h
- ▶ La pente est de l'ordre de 10 %.
- ▶ L'accélérateur et le frein ne sont pas actionnés.



475\_095

## Séchage des disques de frein

Dans le cas d'une chaussée mouillée, il n'est pas possible d'éviter que de l'eau et des impuretés se déposent sur les disques de frein et les garnitures d'embrayage. Cela exerce une influence négative sur le freinage. Au moment initial de l'application de la garniture de frein sur le disque de frein, le film d'eau réduit sensiblement la friction entre garniture et disque. L'action de freinage escomptée ne prend effet qu'une fois l'humidité éliminée ou évaporée.

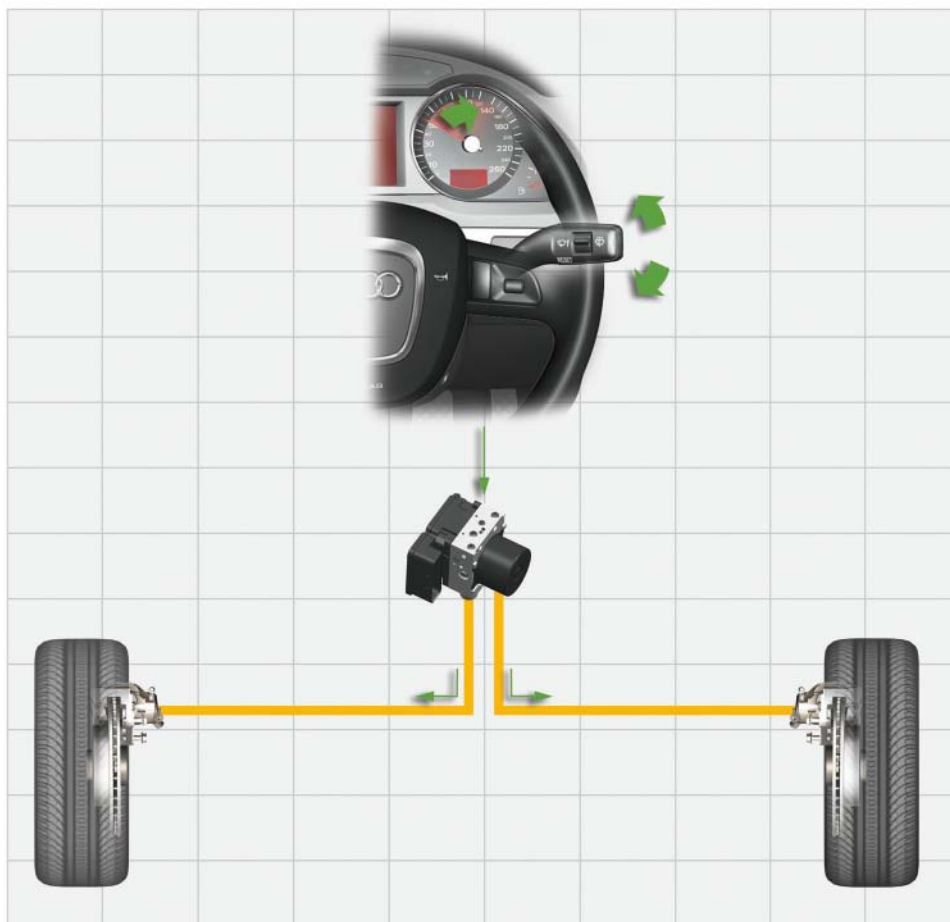
Cela provoque le « gaspillage » d'une précieuse course de freinage. Il n'est pas possible d'éviter complètement ce comportement par des systèmes techniques. La fonction de séchage des disques de frein permet toutefois de réaliser une amélioration considérable. Le séchage des disques de frein est une extension logicielle dans le calculateur d'ABS/ESC et est réalisé sur tous les modèles Audi actuels. La fonction ne peut pas être désactivée par le conducteur.

### Fonctionnement :

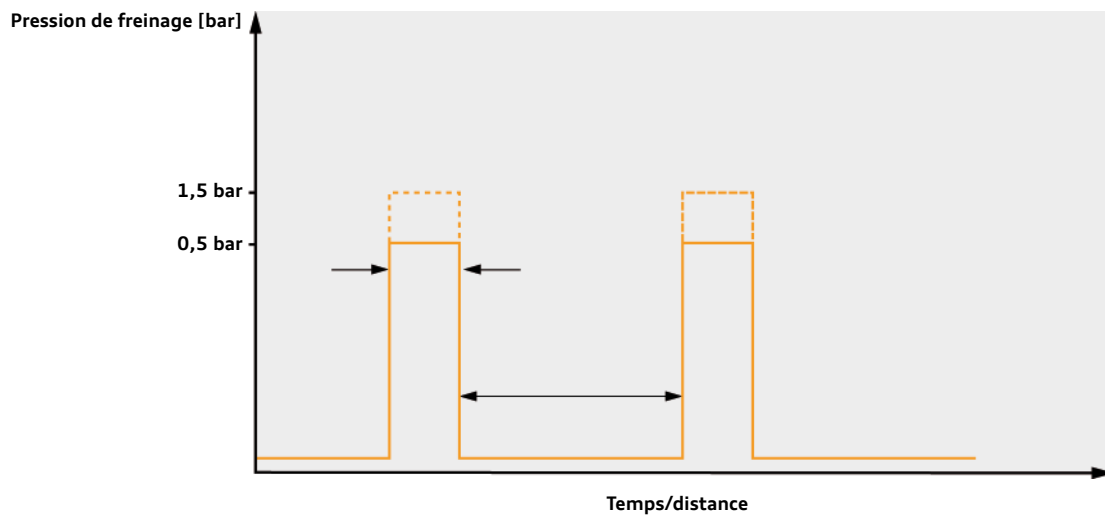
En cas de détection d'eau sur la chaussée, les garnitures de frein des freins de roue de l'essieu avant sont périodiquement appliquées sur les disques de frein avec une faible pression de freinage (entre 0,5 et 1,5 bar, selon le modèle de véhicule). Le film d'eau/impuretés entre garniture et disque est ainsi éliminé. Du fait de la faible pression de freinage, le conducteur ne perçoit pas la régulation et il ne se produit pas d'usure notable de la garniture ni du disque de frein. La durée d'application de la garniture de frein est très courte et ne prend, en fonction du modèle, que quelques secondes.

La périodicité d'application des garnitures de frein dépend elle aussi des modèles ; il peut s'agir d'intervalles fixes ou cela peut dépendre du trajet.

La détection de la chaussée mouillée s'effectue par évaluation de l'actionnement des essuie-glace. Lorsque les essuie-glace sont actionnés par le conducteur ou automatiquement dans le cas d'un équipement avec capteur de pluie (balayage intermittent inclus), la régulation est activée dès qu'une vitesse minimale définie est dépassée.



475\_096

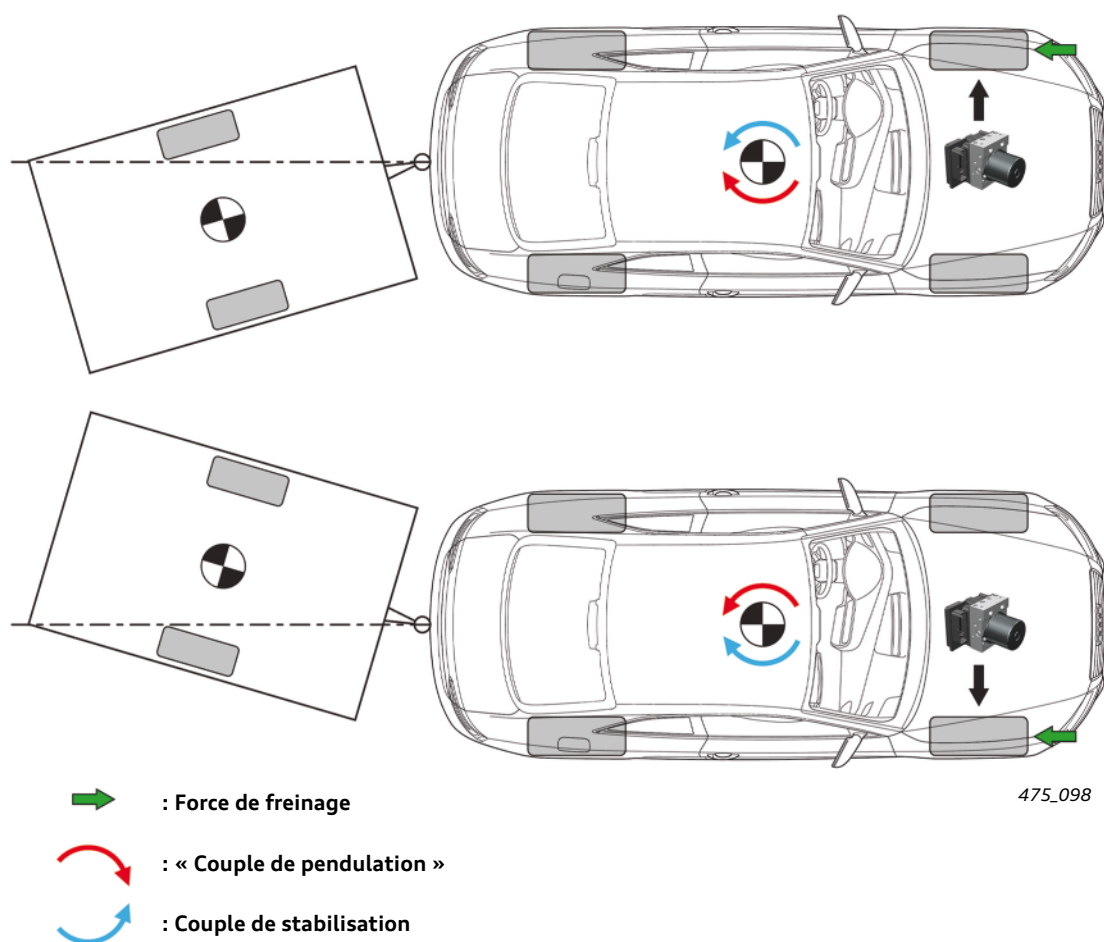


475\_097

## Stabilisation de l'attelage

Les légers mouvements pendulaires d'une remorque peuvent, dans certaines situations de conduite, augmenter jusqu'à provoquer un état de marche critique. Cette situation se produit généralement à partir d'environ 75 km/h. Les excitations provoquant des oscillations (par ex. état de la route, rainurage, vent latéral) renforcent l'amplitude de l'oscillation. Si l'on ne quitte alors pas la plage de vitesse critique, l'oscillation se transforme en véritable « balancement ». Les oscillations de la remorque se transmettent également au véhicule tracteur.

Ces mouvements de lacet autour de l'axe vertical du véhicule sont détectés par le capteur de vitesse de lacet G202 ou par le calculateur d'électronique des capteurs J849 et évalués par le calculateur d'ABS/ESC J104. Si besoin est, de brèves interventions de régulation ESC stabilisantes sont réalisées alternativement au niveau de l'essieu avant et de l'essieu arrière au début de la régulation. Si cela ne suffit pas, il faut quitter au plus vite la plage de vitesse critique. Pour cela, le calculateur d'ABS/ESC charge le calculateur du moteur de réduire le couple moteur afin de diminuer la vitesse du véhicule. Les quatre roues sont simultanément freinées par l'ESC.



La stabilisation de l'attelage est mise en œuvre sur les véhicules avec dispositif d'attelage monté d'usine. Une remorque attelée ou raccordée électriquement est automatiquement détectée par le calculateur d'ABS/ESC.

La stabilisation de l'attelage est une extension logicielle dans le calculateur d'ABS/ESC. Elle ne peut pas être désactivée par le conducteur.

En cas de rééquipement avec un dispositif d'attelage composé de pièces d'origine Audi, le calculateur d'ABS/ESC de la société Bosch est, dans le cas de systèmes ESC, recodé en ligne. Il convient également de modifier le container de données cibles de la base de données SVM (gestion de la version du logiciel).

Dans le cas de systèmes ESC de la société Continental, la stabilisation de l'attelage est automatiquement activée en cas de besoin si un calculateur de remorque est monté et détecté par le calculateur d'ABS/ESC.



### Nota

Cette fonction n'est disponible qu'en cas d'équipement d'un dispositif d'attelage d'usine ou d'un rééquipement avec des pièces d'origine Audi.



## Fading Brake Support (FBS)

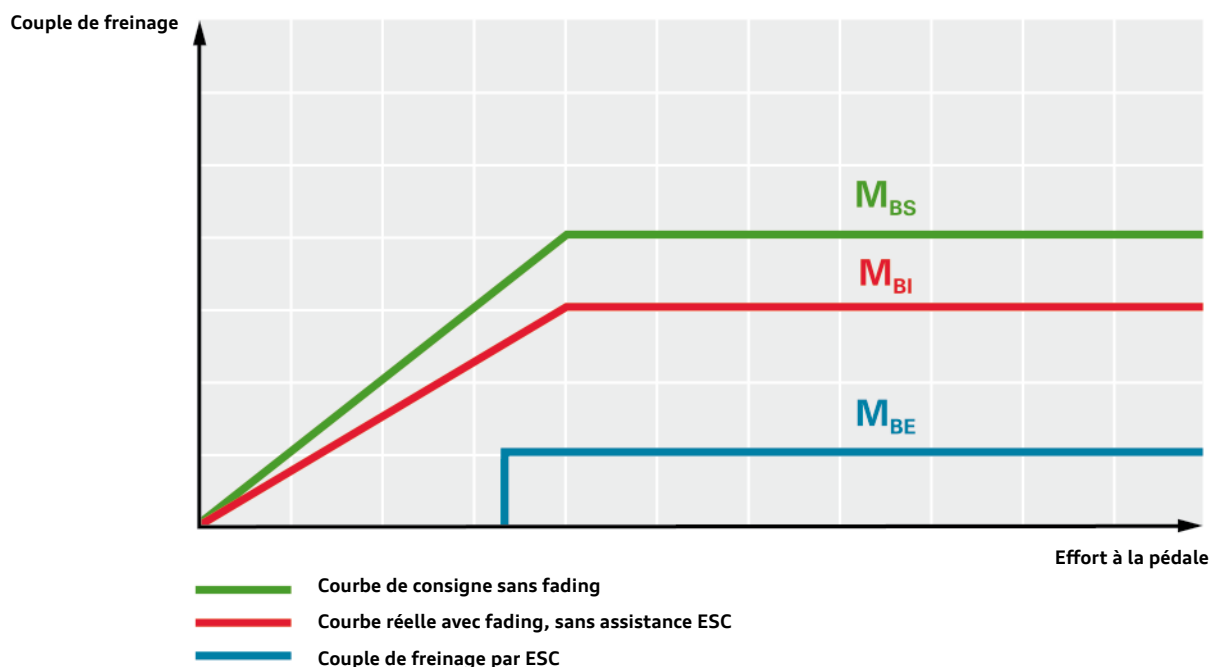
Dans le cas d'une sollicitation très élevée du système de freinage, un « fading » (perte de freinage) peut apparaître. La force de freinage diminue alors, bien que le conducteur maintienne constante, voire augmente la pression sur la pédale de frein. Cet effet est provoqué par de hautes températures du disque de frein et de la garniture de frein. Le coefficient de friction entre disque et garniture diminue, la force de freinage transmise chute. Cette perte de force de freinage est compensée par une génération supplémentaire de pression de freinage de la pompe ESC.

La logique de régulation implantée dans le calculateur d'ABS/ESC évalue la pression de freinage pilotée par le conducteur au niveau des roues freinées.

Si la décélération de la roue pour une pression de freinage élevée ne correspond pas aux valeurs de consigne paramétrées, le calculateur détecte un fading. Lorsque les seuils paramétrés sont dépassés, la régulation FBS entre en action.

Le calculateur d'ABS/ESC réalise un établissement actif de la pression de freinage en plus de la pression de freinage initiée par le conducteur. La valeur de la pression de freinage réalisée est calculée pour que l'action du freinage sur le véhicule soit identique à celle d'un freinage sans fading. Le conducteur remarque la régulation par une nette détérioration du confort de freinage ; la régulation active n'est pas affichée.

Dès que la pression de freinage est à nouveau réduite sensiblement par le conducteur, la régulation est désactivée.



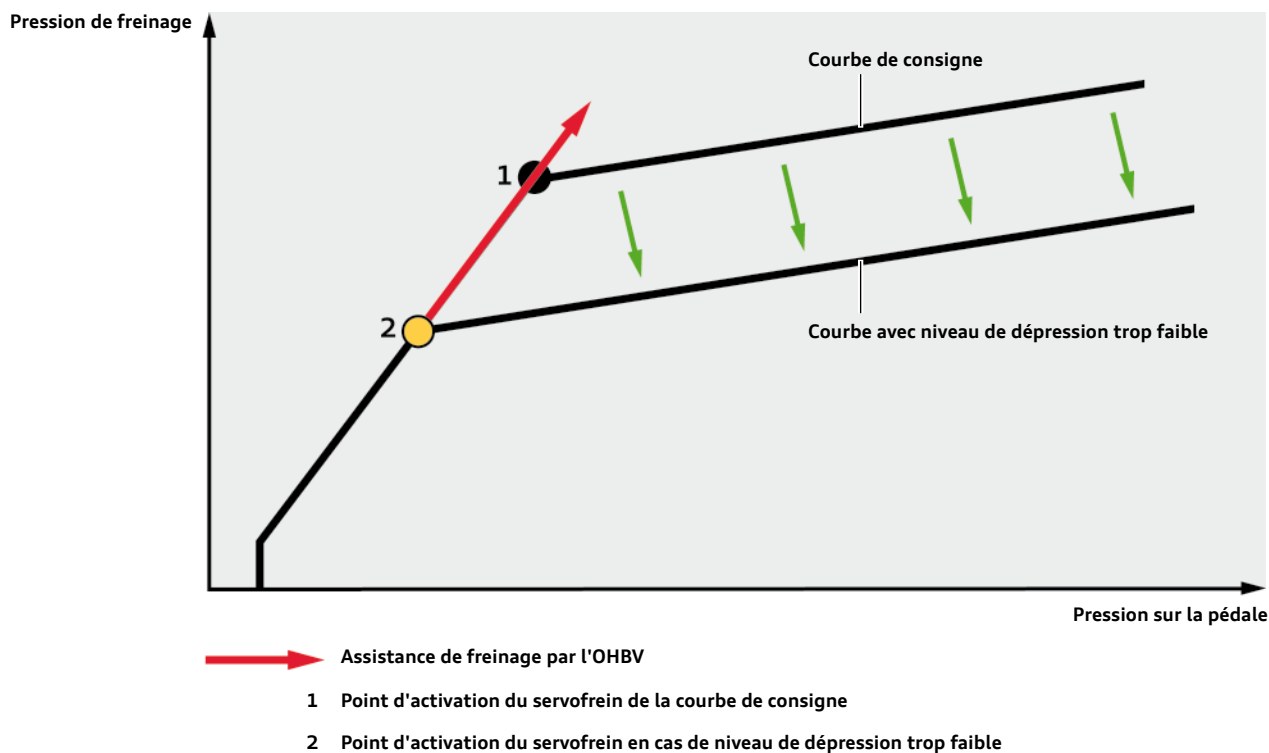
475\_099

$$M_{BI} + M_{BE} = M_{BS}$$

## Assistance de freinage hydraulique optimisée (OHBV)

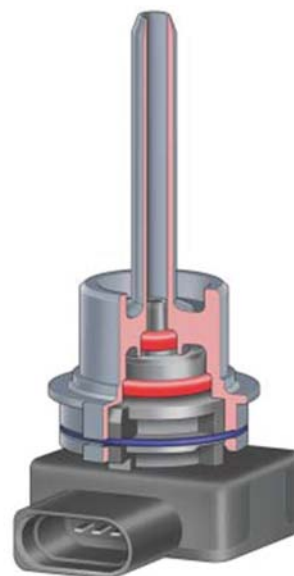
Le mode d'alimentation en dépression du servofrein le plus efficace est l'exploitation de la dépression de la tubulure d'admission du moteur à combustion. En fonction des versions de moteur et de boîte utilisées, la dépression de la tubulure d'admission ne suffit toutefois pas toujours à des états de charge définis. Cela peut par exemple être le cas sur les moteurs à essence à boîte automatique, durant la phase de départ à froid notamment. Si, dans ce cas, le papillon est grand ouvert, la dépression de la tubulure d'admission chute. Du fait du manque de dépression, le point d'activation du servofrein est atteint plus tôt. Il ne se produit alors plus d'autre assistance de freinage. Une nouvelle génération de pression de freinage n'est alors encore possible que si le conducteur augmente la pression sur la pédale de frein.

La dépression nécessaire peut généralement être fournie par un générateur distinct (par ex. une pompe à dépression électrique/mécanique). Le manque de dépression peut également être compensé par un établissement actif de pression de freinage. Le calculateur ESC compare la dépression requise (consigne) avec la valeur réelle dans la tubulure d'admission. En cas d'enregistrement d'un écart défini, le calculateur amorce une génération active de pression en vue de l'assistance du conducteur. La pression de freinage considérée au niveau des freins de roue est alors réglée à la valeur qui existerait en cas d'alimentation en dépression suffisante. Le conducteur remarque à peine cette « aide », pour lui, le rapport entre la pression de la pédale et la force de freinage réalisée reste la même. C'est également l'objectif de la régulation : le conducteur ne doit pas être perturbé par un comportement de freinage inhabituel de son véhicule.



475\_130

La fonction OHBV a été mise en œuvre sur la première fois en 2004 sur l'Audi A3. Un capteur de pression différentielle y était utilisé pour la mesure de la pression/dépression. Le point d'activation du servofrein était déterminé par mesure des pressions dans les deux chambres du servofrein. Le point d'activation est atteint en cas d'équilibre de pression. Si cela se produisait pour une pression de freinage trop faible, la fonction OHBV était activée par amorçage d'une génération de pression de freinage. Actuellement, il est procédé à une mesure directe de la dépression dans la tubulure d'admission par un capteur logé dans la conduite allant de la tubulure d'admission au servofrein.



475\_131

## Indicateur de contrôle de la pression des pneus (RKA)



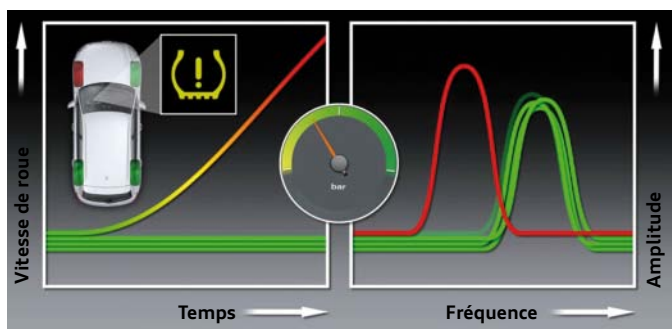
L'ESP est également, sur pratiquement tous les nouveaux modèles AUDI, le responsable du système de contrôle de pression des pneus à mesure indirecte de la deuxième génération, baptisé chez VW/AUDI indicateur de contrôle de la pression des pneus + (RKA+). Le RKA+ est un module entièrement logiciel utilisant l'ESP comme calculateur hôte. Il serait par principe envisageable de loger ce logiciel dans n'importe quel autre calculateur du véhicule disposant d'une ROM, RAM et d'une vitesse du processeur suffisantes. Le logement dans l'ESP présente l'avantage décisif que les signaux de vitesse de roue requis par le RKA+ y sont déjà délivrés dans la qualité requise. Il n'est pas nécessaire de tenir compte de sorties de détecteurs de vitesse distincts, avec des câbles de signal supplémentaires dans le véhicule.

Le RKA+ exploite les signaux bruts des capteurs de vitesse pour une analyse des circonférences de roulement des roues et l'évaluation d'oscillations caractéristiques des pneus (analyse spectrale) pour conclure indirectement qu'il y a perte possible de pression. Les signaux lus en plus, tels que vitesse de lacet ou couple moteur, permettent de détecter l'état de marche et de plausibiliser ainsi les informations de vitesse de roue lues.

L'analyse spectrale complète les informations de l'évaluation de la circonférence de roulement et permet, en plus de l'affichage de la position du pneu concerné par la perte d'air, la détection d'une perte progressive de pression des pneus par diffusion. Le spectre évalué des oscillations des pneus dans le sens de la circonférence (voir graphique 1) montre alors une augmentation de l'amplitude des oscillations des pneus en cas de perte de pression, tandis que la fréquence propre chute simultanément.

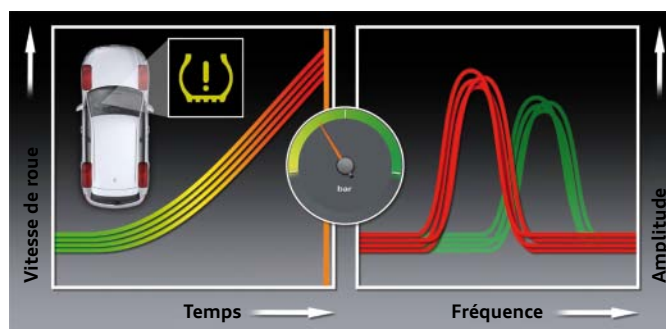
Le graphique 1 représente schématiquement une courbe de signaux en cas de perte de pression avant gauche. Pour identifier ce « cas de panne », la variation de la circonférence de roulement est évaluée.

Pour détecter une perte progressive de pression au niveau de plusieurs roues, il est essentiellement fait appel aux informations de l'analyse des oscillations (voir graphique 2).



Détection d'une perte de pression sur une roue (cas de panne)

475\_101



Détection d'une perte de pression sur toutes les roues (diffusion)

475\_102

Des systèmes de contrôle de la pression des pneus à mesure directe comme indirecte exigent en cas de niveau différent de la pression des pneus (essieu avant/essieu arrière, pleine charge/charge partielle), une commande système par le client, lorsque :

- l'on procède à un remplacement des roues/pneus (été/hiver) ou en cas de remplacement sur le véhicule (avant/arrière, gauche/droite).

- des pressions varient dans un ou plusieurs pneus, en raison par exemple d'importantes modifications de la charge, de la traction d'une remorque ou après avoir réparé une crevaisson.

Le client doit avoir paramétré sur les 4 pneus les pressions des pneumatiques prescrites (indiquées sur l'autocollant des pressions de remplissage ou dans la notice d'utilisation) et avoir enregistré cet état de consigne des pressions des pneus.

Le comportement des pneumatiques pour ces valeurs de pression (soit dans l'optique du système RKA+ les circonférences de roulement et oscillations caractéristiques) est alors appris par le système et comparé en tant que référence avec l'état réel du comportement des pneumatiques.

Si le système détecte des écarts explicites par rapport à l'état de référence appris, une alerte de pression des pneus est délivrée.

Si une perte importante de pression n'est détectée qu'au niveau d'un pneu (cas de panne), l'alerte est référencée à la position. Si plusieurs pneus sont concernés, il y a délivrance d'une alerte de perte de pression générale.



Alerte de perte de pression des pneus avec indicateur de position

475\_091



#### Renvoi

Vous trouverez des informations détaillées sur les systèmes RKA et RKA+ dans l'émission TV Service du 02.12.2010 sur Audi Training Online.

## Détection d'un porte-bagages

Pour la première fois sur un SUV, un porte-bagage monté est, sur l'Audi Q5, détecté et pris en compte dans la logique de régulation ESC. Un porte-bagages exerce une influence essentielle sur la hauteur du centre de gravité d'un véhicule. Sur l'Audi Q5, le comportement de régulation ESC est adapté à la hauteur modifiée du centre de gravité.

Dans la barre de toit de série, il a été monté un transmetteur de Hall relié par un câble discret au calculateur d'ABS/ESC. Dans la barre transversale, de série également, se trouve un aimant permanent, qui déclenche le signal du capteur correspondant lorsque les barres transversales sont montées.



Calculateur d'ABS/ESC

Barre transversale avec aimant permanent

Barre de toit avec transmetteur de Hall

475\_103

# Systèmes externes

## Frein de stationnement électromécanique - fonction de freinage d'urgence (EPB)

Pour la fonction de base mécanique de l'ouverture et de la fermeture du frein de stationnement, l'EPB n'a pas besoin des composants du système ESC.

Une fonction spéciale de l'EPB est la fonction de freinage d'urgence. Comme dans le cas d'un frein de stationnement mécanique conventionnel, le conducteur peut également actionner l'EPB durant la marche en cas de situations d'urgence (par ex. en cas de défaillance de la commande des freins classique). Dans le cas notamment de vitesses élevées, on encourt dans le cas d'un tel freinage le risque que les forces de freinage au niveau de l'essieu arrière deviennent si élevées qu'il n'est plus possible de transmettre de forces de guidage latéral (voir chapitre « Connaissances de base de la dynamique de roulage », à partir de la page 5).

Le véhicule n'est alors plus dirigeable et il y a un risque important d'accident. Pour éviter cette situation, l'ESC assiste la fonction de freinage d'urgence. L'avantage par rapport aux freins de stationnement classiques est notable.



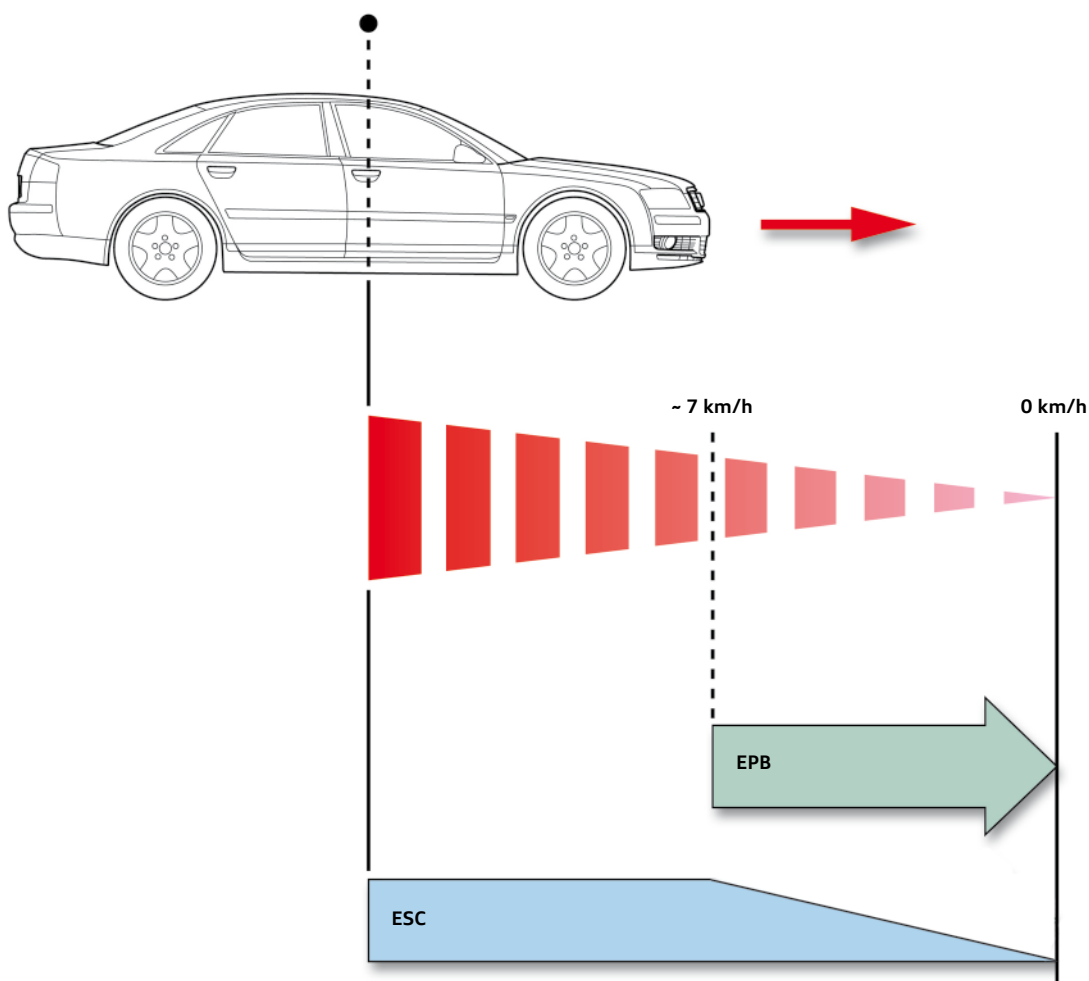
475\_104

Contacteur de pression pour frein de stationnement F234

### Principe de fonctionnement :

Si le conducteur actionne, à des vitesses supérieures à env. 8 km/h le contacteur de pression du frein de stationnement F234 (en tirant sur la commande), le véhicule est décéléré par l'ESC. Une génération active de pression a lieu au niveau des quatre roues. La pression augmente jusqu'à ce que la décélération appliquée soit atteinte (env. 6 m/s<sup>2</sup>) ou, par temps de pluie/neige, jusqu'à la régulation ABS.

L'EPB commence à fermer dès que la vitesse du véhicule a été réduite à une valeur inférieure à env. 7 km/h. La pression de freinage de l'ESC est réduite lorsque l'EPB est entièrement fermé. Un signal d'avertissement sonore retentit durant l'actionnement du contacteur de pression. La fonction de freinage d'urgence est interrompue dès que l'on relâche la touche ou que l'on réaccélère.



475\_105

## Régulateur de vitesse (GRA+)

Le régulation de vitesse assiste le conducteur en réalisant, à partir de 30 km/h, la vitesse que souhaite ce dernier. Les systèmes classiques la réalisent exclusivement en agissant sur la puissance délivrée par le moteur de propulsion. Ces régulations atteignent leurs limites lorsque l'on roule sur des tronçons de route présentant une forte pente. En dépit de la réduction de la puissance de propulsion, le véhicule est accéléré par action de la force de déclivité.

Le système GRA+ maîtrise également ces états de marche. En plus de l'influence exercée sur la gestion du moteur, l'ESC est, en cas de besoin, « chargé » de réaliser des interventions de freinage. L'ESC réalise les freinages par l'intermédiaire des fonctions « génération de la pression de freinage », « maintien de la pression de freinage » et « réduction de la pression de freinage ».

La logique de régulation de la fonction GRA fait partie du calculateur du moteur.



475\_106



475\_106a



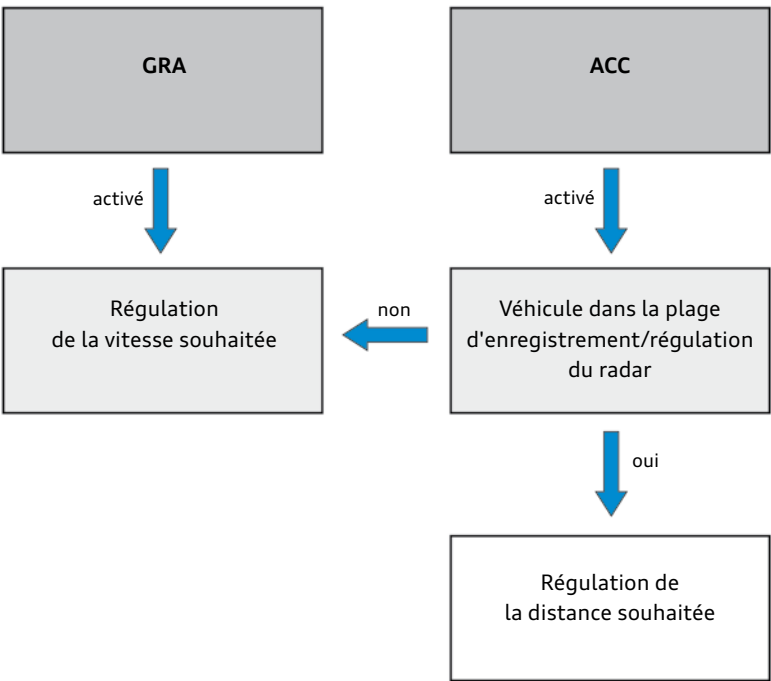
# Adaptive Cruise Control (ACC)

L'ACC est un perfectionnement du régulateur de vitesse (GRA). Tandis que le GRA réalise une vitesse choisie par le conducteur, l'ACC peut également réaliser la distance, sélectionnable par plages, par rapport au véhicule qui précède.

Cela est possible en utilisant des capteurs radar appréhendant une vaste zone devant le véhicule.  
Le calculateur de régulation de distance détermine la distance d'un véhicule roulant devant et la vitesse relative du propre véhicule par rapport au véhicule qui précède.



**Renvoi**  
Pour des informations détaillées sur le principe de fonctionnement de l'ACC, prière de consulter les programmes autodidactiques 289 et 458.

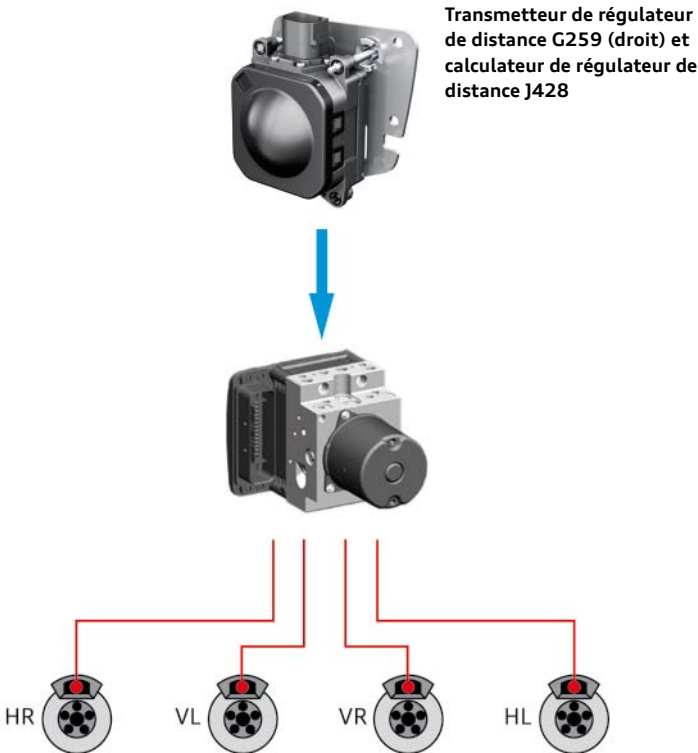


475\_107

## Intégration de l'ESC dans la régulation ACC :

### Régulation de la distance dans un cas non critique

La distance souhaitée par rapport au véhicule qui précède sélectionnée par le conducteur est essentiellement réalisée par réduction de la puissance du moteur. Si la décélération atteinte n'est pas suffisante, le calculateur du régulateur de distance « charge » le calculateur d'ABS/ESC de freiner automatiquement le véhicule. Le calculateur d'ABS/ESC transmet alors une génération active de la pression de freinage aux quatre freins de roue. La décélération maximale de freinage est ici limitée à environ 40 % de la décélération maximale. Cette limitation est réalisée pour ne pas déconcerter le conducteur et garantir un bon confort de conduite. La réalisation de la pression de freinage requise a lieu par l'intermédiaire des fonctions « génération de la pression de freinage », « maintien de la pression de freinage » et « réduction de la pression de freinage ».



475\_108

### Régulation de la distance dans un cas critique

Dans certaines situations routières, la distance sélectionnée par rapport à un véhicule qui précède n'est plus réalisable en dépit du freinage par l'ESC. Dans la pratique, c'est le cas si un véhicule qui précède freine brusquement ou si un véhicule venant d'une autre file de circulation s'insère entre le véhicule doté de l'ACC et le véhicule qui précède.

Dans ces situations, il est nécessaire que le conducteur augmente la pression de freinage en « freinant aussi » et augmente le freinage à une valeur >40 % de la décélération maximale.

Si le calculateur du régulateur de distance détecte que le freinage automatique ne permet plus de réaliser la distance souhaitée, cela est signalé optiquement et acoustiquement au conducteur.



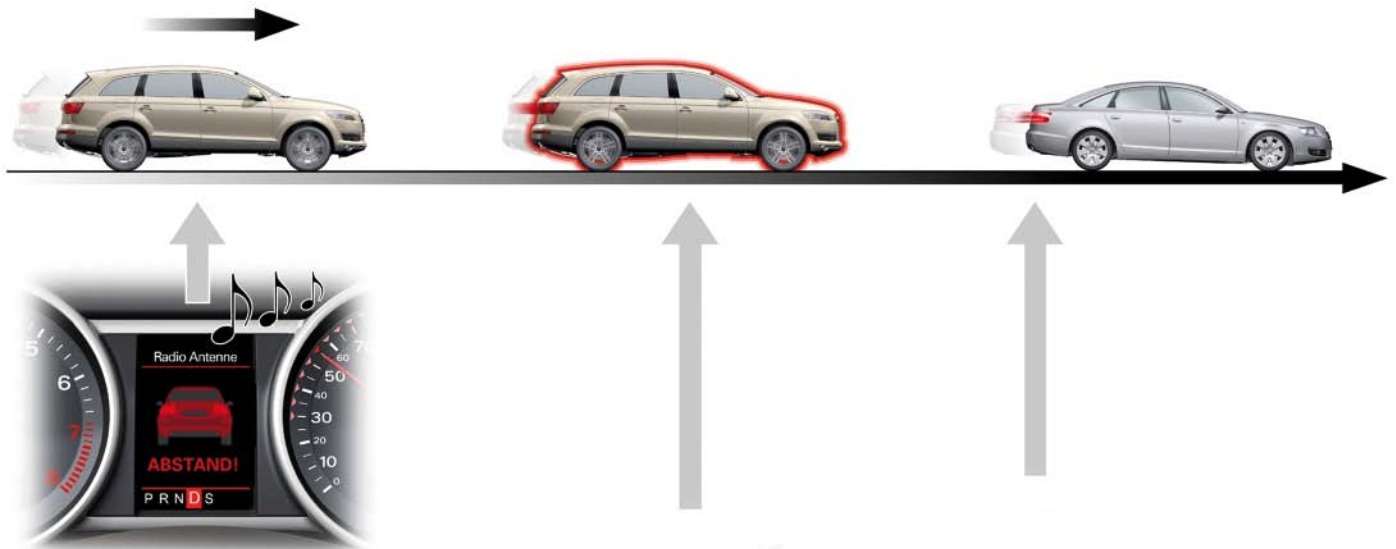
475\_109

### Audi braking guard

Audi braking guard est une extension de la fonction ACC. Le système avertit le conducteur d'une collision imminente avec un véhicule qui précède.

Si le conducteur ne réagit pas lors de l'avertissement, le calculateur du régulateur de distance amorce, environ 0,9 s à 1,5 s avant la dernière opportunité de freinage pour éviter la collision, une génération de pression à court terme par le calculateur d'ABS/ESC. Cette secousse d'alerte nettement perceptible par le conducteur ne sert pas à la décélération du véhicule, mais à l'avertir une fois de plus qu'une réaction immédiate de sa part est indispensable pour éviter la collision imminente.

Approximativement au moment de l'avertissement préalable, il y a préremplissage du système de freinage avec une pression de freinage d'env. 2 bars par génération active de pression par l'ESC. Cette mesure sert à réduire les temps morts du système de freinage ainsi qu'à nettoyer/sécher les disques de frein par application des garnitures de frein sur les disques de frein. Simultanément, les critères de déclenchement de l'assistant de freinage hydraulique (HBA) sont modifiés. Le déclenchement de l'HBA a alors lieu dès de faibles vitesses de la pédale.



- Avertissement optique et acoustique
- Préremplissage du système de freinage
- Réponse plus sensible de l'HBA

Avertissement d'urgence par secousse de freinage

Importante décélération du véhicule roulant devant

475\_110

L'Audi braking guard fonctionnant comme décrit ici équipe les modèles Audi actuels A8, A7, A6, Q5, Q7, A4 et A5/S5 avec ACC.

### Audi braking guard comme fonction d'Audi pre sense

Le système Audi pre sense a été mis en œuvre sur la première fois sur les modèles Audi A7 11 et A8 10 et est décrit dans le programme autodidactique 456. L'Audi pre sense sert à alerter le conducteur dans des situations à risque et à l'assister dans le cadre des possibilités techniques.

L'une des sous-fonctions essentielles du système Audi pre sense sur les véhicules avec ACC est l'Audi braking guard avec fonctionnalité étendue.

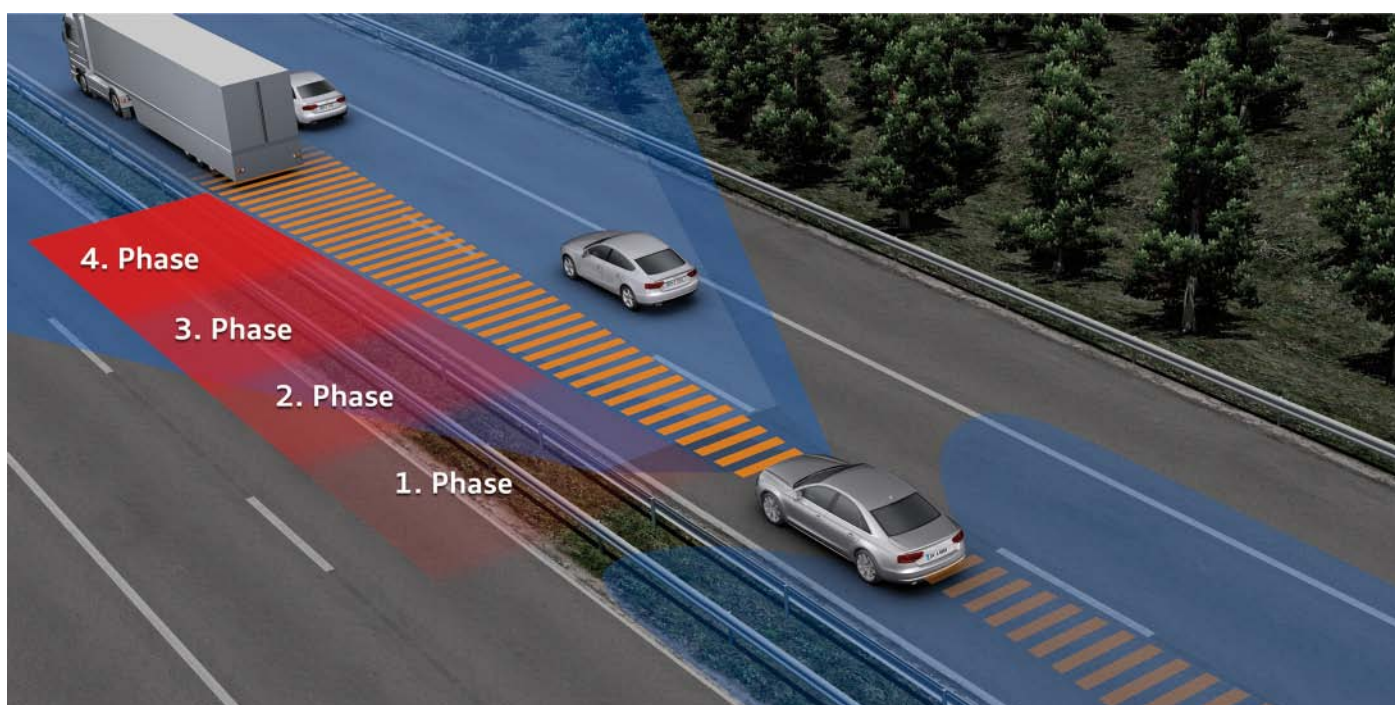
C'est la première fois ici qu'un freinage automatique (sans influence du conducteur) du véhicule est effectué en cas de collision par l'Audi braking guard.

### Fonctionnement

La description ci-dessous se limite aux activités effectuées par l'ESC en combinaison avec Audi braking guard.



475\_111



475\_112

### Phases 1 + 2

Durant la phase 1, les fonctions précédemment décrites d'avertissement optique et acoustique, le préremplissage du système de freinage ainsi que la commutation de l'HBA ont lieu. L'alerte urgente a lieu en phase 2.

### Phase 3

Ensuite, durant la phase 3, l'ESC augmente la pression de freinage à environ 50 % de la décélération maximale pour une durée d'env. 1 s. Les véhicules circulant derrière sont avertis de la situation de danger par le clignotement des feux de détresse.

### Phase 4

500 ms environ avant la collision, une nouvelle augmentation de la pression de freinage à la valeur de la décélération maximale du véhicule a lieu. La collision ne peut maintenant plus être évitée par le conducteur, mais grâce à la puissance de freinage totale, il y a une nouvelle réduction de la vitesse d'env. 12 km/h maximum. Bien que le conducteur n'exécute aucune activité pour éviter l'accident, le système Audi braking guard réduit globalement la vitesse d'impact d'env. 40 km/h maximum. Les conséquences de l'accident sont alors beaucoup moins graves.

La réalisation du freinage automatique est assurée par la fonction « génération de pression de freinage » également utilisée pour la fonction ESC et EDS.

La phase 4 n'est généralement déclenchée que si le véhicule est également équipé du système Audi side assist. Avec cet équipement (ACC et Audi side assist), la fonction pre sense est proposée sous la dénomination Audi pre sense plus. Grâce à la fonction Audi side assist, les véhicules circulant derrière sont inclus dans la détermination du potentiel de risque. La phase 4 n'est amorcée que si, en raison de la circulation qui suit, il n'existe aucun risque supplémentaire lié à une décélération totale.

Contrairement à la fonction de base ACC, l'Audi braking guard réagit également en présence de cibles immobiles. Dans ces cas, l'alerte optique et acoustique du conducteur a lieu et, si nécessaire, la secousse d'avertissement est déclenchée. Il n'est toutefois pas procédé à un freinage actif.

Depuis le millésime 2012, une nouvelle fonction a été mise en œuvre comme sous-fonction de l'Audi braking guard (première utilisation sur l'Audi A4, puis sur les A6, A7, A8). Cette fonction réalise un freinage d'urgence en cas de collision avec un véhicule roulant devant à des vitesses inférieures à 30 km/h. L'ESC réalise alors, « pour le compte » de l'ACC, une génération rapide de la pression de freinage pour une décélération de l'ordre de  $8 \text{ m/s}^2$ . Cette fonction est également désactivée si le conducteur désactive l'Audi braking guard.

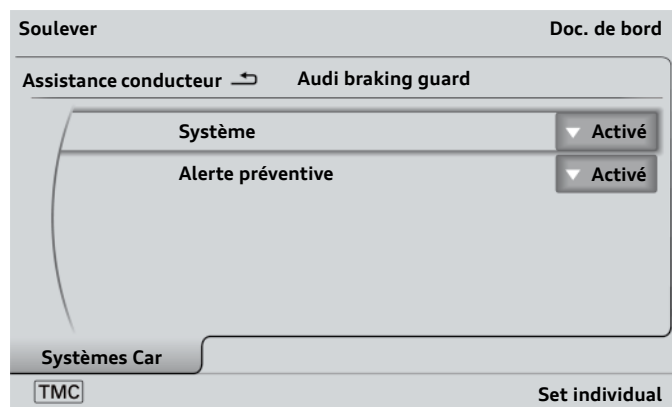


#### Renvoi

Vous trouverez des informations détaillées sur l'Audi pre sense dans le programme autodidactique 456.

#### Commande

Les fonctions d'alerte de distance/collision optique/acoustique (avertissement préalable) ainsi que la fonction intégrale Audi braking guard peuvent être désactivées dans la MMI si on le souhaite.



475\_113

#### Stop-and-go

Sur les modèles de véhicules actuels Audi A6, A7 et A8, la fonction stop-and-go est réalisée sur les véhicules avec ACC. Si le véhicule qui précède, enregistré par l'ACC, vient à s'arrêter, le véhicule doté du système ACC est freiné si nécessaire jusqu'à immobilisation complète sans activité du conducteur.

Si le véhicule redémarre près un temps d'arrêt court, le véhicule ACC réaccélère automatiquement. Les freinages nécessaires à la réalisation de cette fonction sont réalisés par la fonction « génération de la pression de freinage » de l'ESC.



475\_114



#### Renvoi

Vous trouverez des informations détaillées sur la fonction stop-and-go dans le programme autodidactique 458 ainsi que dans les notices d'utilisation des modèles de véhicules respectifs.



# Systèmes mandatés par l'ESC

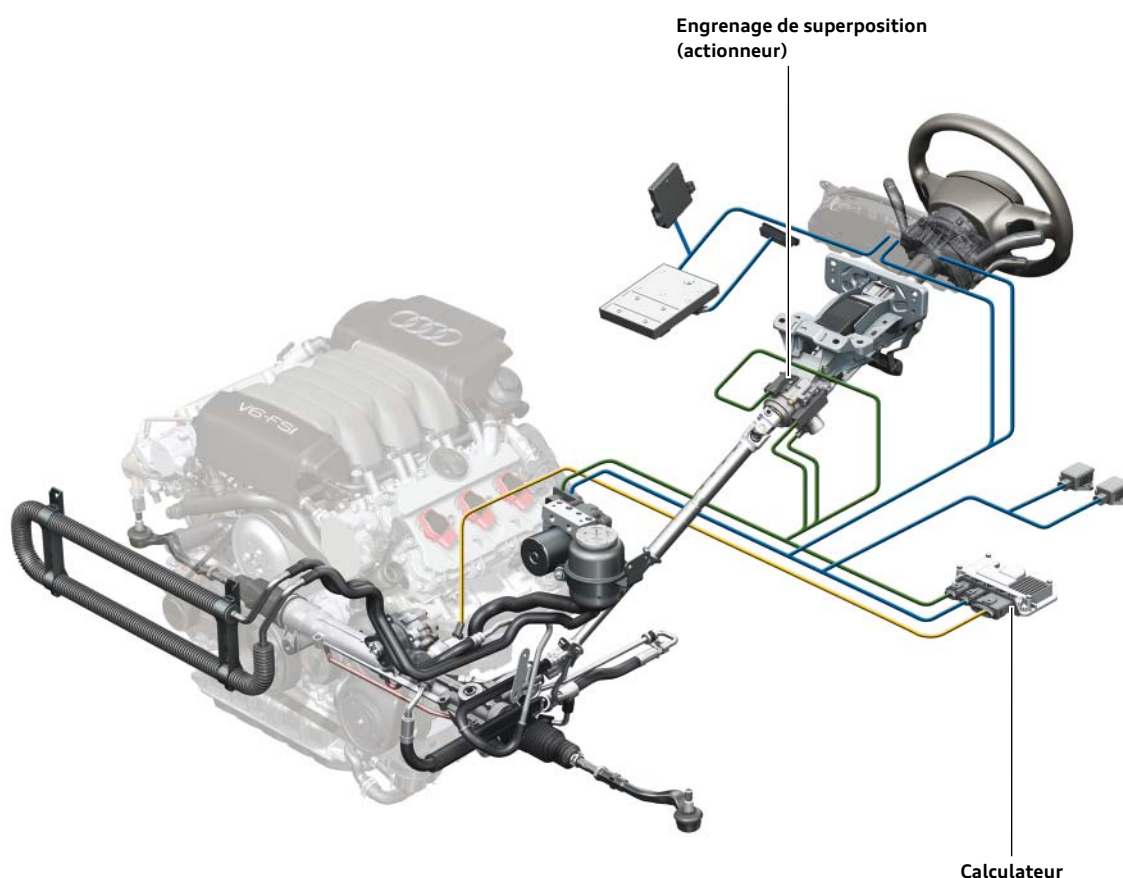
## Direction dynamique

L'Audi A4 08 a été le premier véhicule Audi à être doté d'une direction dynamique. Ce système de direction est en mesure de modifier l'angle de braquage des roues avant indépendamment du conducteur. Cela a permis de réaliser une démultiplication variable de la direction.

En interaction avec l'ESC et ses capteurs, le système est également activé en cas de menace d'états de marche critiques. Dans ces situations de conduite spécifiques, une stabilisation de l'état de marche peut être réalisée par correction de l'angle de braquage. La direction dynamique assiste l'ESC dans une plage de dynamique de roulage limite par une variation ciblée du braquage des roues avant.

Deux avantages principaux en résultent :

- La stabilité globale du véhicule est améliorée par des interventions simultanées de freinage et de direction, la sécurité active s'en trouve considérablement augmentée.
- Dans des situations routières moins critiques, il est possible de renoncer partiellement, voire totalement, à des interventions de freinage ESC, ce qui rend la stabilisation du véhicule plus harmonieuse et confortable. Le véhicule se conduit, du fait de la réduction des interventions de freinage sur des chaussées à faible coefficient d'adhérence (neige par ex.) avec une maniabilité nettement supérieure à celle d'un véhicule qui n'est stabilisé que via des interventions de freinage.



L'ESC exploite la fonction de direction dynamique dans le cas d'un véhicule survireur et sous-vireur ainsi que lors du freinage sur des chaussées présentant des coefficients d'adhérence différents ( $\mu$ -split).



### Renvoi

Vous trouverez des informations détaillées sur la conception et le fonctionnement de la direction dynamique dans le programme autodidactique 402.

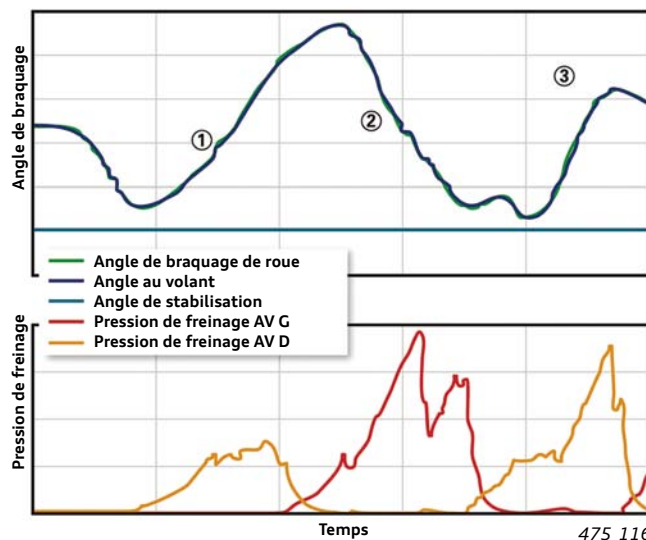
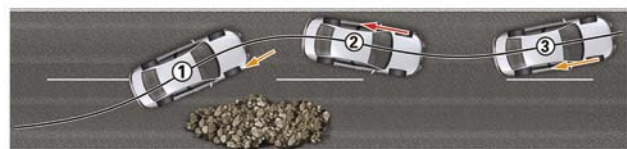
L'intervention de régulation dans le cas d'un véhicule survireur illustre l'interaction de l'ESC et de la direction dynamique.

### Véhicule survireur

Lors d'un survirage, l'ESC stabilise le véhicule en faisant intervenir la direction dynamique. Il est procédé à un contre-braquage ciblé en vue d'éviter le dérapage de l'arrière du véhicule.

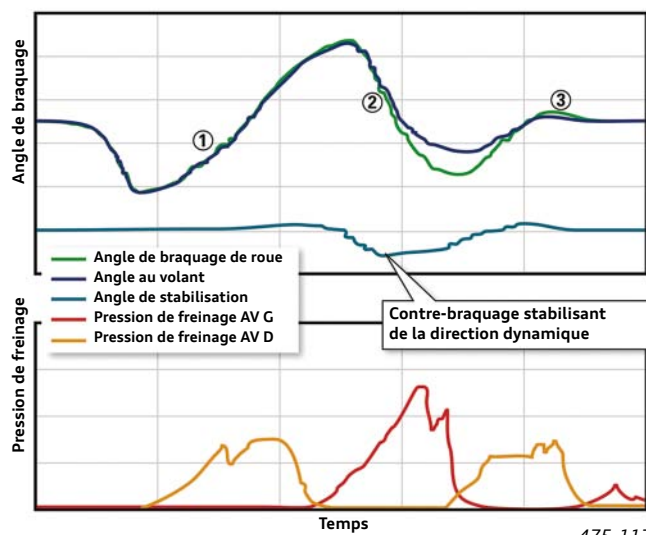
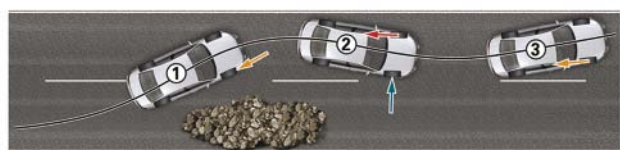
Une situation typique pouvant facilement provoquer le survirage d'un véhicule est un changement rapide de file de circulation. Lors du redressement du véhicule pour emprunter la nouvelle file de circulation, l'arrière du véhicule risque de déraiper, à vitesses élevées notamment. Le conducteur amorce généralement le contre-braquage stabilisant trop tard ou n'y procède pas du tout. La conséquence en sont des interventions de freinage importantes de l'ESC. Sur le graphique, cela se reconnaît aux courbes de pression de freinage.

Les interventions de régulation en cas de sous-virage ainsi que de freinage sur des chaussées présentant des coefficients d'adhérence différents ( $\mu$ -split) sont décrites dans le programme autodidactique 402.



Avec la direction dynamique, le contre-braquage stabilisant s'effectue automatiquement, sans que le conducteur ne le remarque. Cela réduit considérablement la manœuvre de direction à effectuer par le conducteur. Il suffit qu'il règle l'angle de braquage nécessaire dans une situation routière stable comparable.

Les interventions de freinage de l'ESC sont également considérablement réduites. En comparaison des courbes de pression de freinage du graphique du dessus, on remarque que les pressions maximales sont nettement plus faibles. Il en résulte donc, en cas de changement de file de circulation, non seulement une stabilité routière améliorée, mais aussi une vitesse de passage plus élevée.





## Driver Steering Recommendation (DSR)

Cette fonction sert à assister le conducteur lors de freinages sur des chaussées présentant des coefficients d'adhérence différents entre les roues des côtés droit et gauche du véhicule et la chaussée. La condition préalable pour la fonction DSR est que le véhicule soit équipé d'une direction électromécanique.

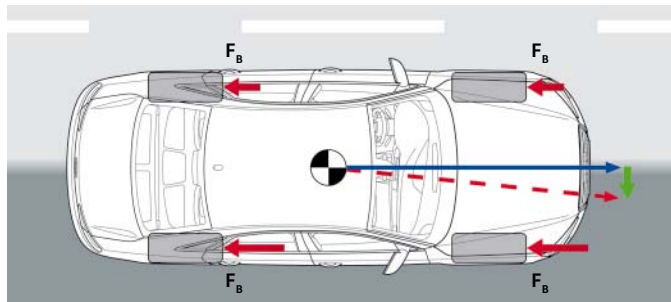
Dans l'exemple représenté, les roues du côté gauche du véhicule se trouvent sur la chaussée verglacée, celles du côté droit sur la chaussée sèche. Des forces de freinage ( $F_B$ ) plus élevées sont par conséquent transmissibles au roues droites. Lors du freinage, il s'ensuit la génération d'un couple autour de l'axe vertical du véhicule en direction des coefficients d'adhérence plus élevés. Dans notre exemple, le véhicule « tire » (mouvement de lacet) vers la droite lors du freinage. La flèche rouge en pointillés indique l'écart par rapport à la trajectoire souhaitée. Pour maintenir la trajectoire du véhicule, le conducteur doit compenser ce couple de lacet par une réaction de contre-braquage (dans notre exemple braquage vers la gauche).

C'est là qu'intervient la fonction DSR.

Elle intègre la direction électromécanique dans la régulation du couple de lacet. Sur la base de la vitesse du véhicule (déterminée par évaluation des signaux des capteurs de vitesse) et de la vitesse de lacet (déterminée par le capteur de vitesse de lacet), le calculateur d'ABS J104 calcule l'impulsion de direction nécessaire. Le calculateur J104 transmet sa « demande d'action de direction » au calculateur J500 de la direction. Par activation du moteur électrique, la crémaillère est brièvement déplacée dans le sens prescrit avec une force maximale au volant d'env. 2-3 Nm.

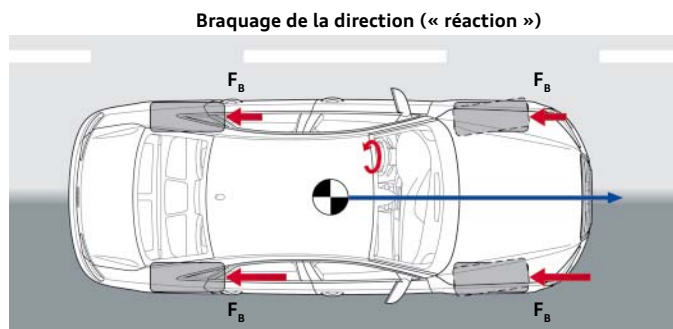
Cette impulsion de direction signale au conducteur dans quel sens le volant doit être tourné. Bien que le conducteur ne perçoive généralement pas consciemment cette impulsion de direction, il déplace intuitivement le volant dans le sens « correct » de stabilisation.

La fonction DSR est mise en œuvre de série sur les modèles Audi actuels A3, Q3, A6 et A7. La fonction est réalisée par une extension du logiciel dans le calculateur d'ABS/ESC. Elle est toujours activée en cas de besoin et ne peut pas être désactivée par le conducteur.



475\_118

➔ Écart par rapport à la trajectoire souhaitée



475\_119

↶ Braquage de la direction

# Stratégie de régulation

Outre le système ESC proprement dit, les différents « sous-systèmes », tels qu'EBV, ABS, EDS, ASR, travaillent sous la « désignation générique » d'ESC. Pour éviter des conflits entre les différents systèmes, leurs opérations de régulation sont harmonisées. L'objectif primordial est toujours la conservation de la sécurité. L'un des principaux « systèmes de base » est la répartition électronique de la force de freinage EBV. L'importance de cette fonction tient au fait qu'un surfreinage des roues de l'essieu arrière entraîne toujours la perte du guidage latéral et provoque l'instabilité du véhicule. En cas de défauts systèmes, l'EBV est pour cette raison le dernier système à être désactivé.

Une priorisation univoque et toujours valable des systèmes n'est pas possible. Le besoin de régulation dépend de la situation routière concrète. Il est par conséquent possible que des régulations momentanément actives soient coupées au profit d'autres systèmes ou que la régulation de systèmes différents ait lieu en parallèle (au même moment). Dans la majorité des états de marche, l'ESC reste toutefois le système présentant la priorité la plus élevée.

# Commande et information du conducteur

Comme il s'agit, dans le cas de l'ESC et de ses sous-systèmes, de systèmes de sécurité routière, il est indispensable que le conducteur n'exerce aucune influence sur les systèmes ayant une incidence sur la sécurité. Les fonctions de commande par le conducteur s'y rapportant ainsi que les informations du système à l'adresse du conducteur sont indiquées ci-après.

Le seul élément de commande de l'ESC est la touche d'ASR et ESC. En actionnant la touche, le conducteur peut influencer sur la fonction de l'ASR et de l'ESC. Les modifications en résultant au niveau du fonctionnement dépendent du modèle de véhicule considéré. Le tableau représente la logique respective de la touche des modèles Audi actuels.

| Modèle de véhicule                               | Logique de la touche | Logique de la touche d'ASR et ESC                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1, A3*, S3, TT                                  | une position         | ► L'actionnement désactive l'ASR et restreint les interventions ESC                                                                                                                                                                                                                            |
| Q3                                               | une position         | ► L'actionnement désactive l'ASR                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Q5**, Q7, A4 allroad quattro, A6 allroad quattro | une position         | ► L'actionnement active le « mode offroad »                                                                                                                                                                                                                                                    |
| A4, A5, S4, S5                                   | deux positions       | ► Une durée d'actionnement inférieure à 3 s désactive l'ASR (avec traction avant uniquement possible jusqu'à 50 km/h, à partir de 70 km/h, il y a activation automatique)<br>► Une durée d'actionnement supérieure à 3 s désactive l'ASR et l'ESC (uniquement possible si l'ACC est désactivé) |
| A6, A7                                           | une position         | ► L'actionnement fait passer l'ESC en « mode sport »<br>► L'ASR reste activé avec des restrictions sur les véhicules à traction avant et est désactivé sur les véhicules à transmission quattro<br>► Les interventions ESC sont restreintes                                                    |
| A8                                               | une position         | ► L'actionnement fait passer l'ESC en « mode sport »<br>► Les interventions ESC sont restreintes                                                                                                                                                                                               |
| R8                                               | deux positions       | ► Une durée d'actionnement inférieure à 3 s fait passer l'ASR et l'ESC en « mode sport »<br>► Les interventions ASR/ESC sont restreintes<br>► Une durée d'actionnement supérieure à 3 s désactive l'ASR et l'ESC                                                                               |

\* valable pour l'Audi A3 12

\*\* Sur l'Audi Q5, une détection automatique de conditions offroad est réalisée. La réalisation technique a lieu par évaluation des oscillations de la roue, déterminées à partir des signaux de vitesse. Par actionnement de la commande d'ASR/ESC, la détection des conditions offroad a lieu plus vite que dans le cas de la détection automatique.



475\_121

Commande d'ASR/ESC sur l'Audi A7

La logique de commande différente de la touche d'ASR et d'ESC est liée au comportement dynamique du véhicule spécifique au modèle.

La désactivation de l'ASR est surtout judicieuse lors d'un démarrage sur sol meuble, d'une conduite avec des chaînes à neige et d'une « manœuvre de dégagement » d'un véhicule bloqué. En raison du patinage à l'accélération plus élevé, la traction est améliorée dans le cas de ces conditions routières.

Suivant le modèle de véhicule, l'ESC est, lors d'un freinage par le conducteur, activé à nouveau ou non pour la durée du freinage. Un ESC désactivé par le conducteur est automatiquement réactivé lors d'un redémarrage.

Sur certains modèles de véhicules, la désactivation de l'ESC n'a pas lieu. L'actionnement de la touche active un mode sport spécial. Des angles de flottage nettement plus grands sont possibles avant que l'ESC n'intervienne pour stabiliser le véhicule.



475\_094a

#### Touche d'ASR/ESC et commande d'assistant de descente sur l'AUDI Q5

Dans le cas de modèles de véhicules également prévus pour rouler en tous chemins, le « mode offroad ESC » est activé lorsque l'on actionne la commande d'ASR/ESC. Les seuils des régulations ESC sont définis de sorte à atteindre la traction la meilleure possible du véhicule.

En fonction du modèle et de l'équipement du véhicule, il peut se produire dans des circonstances définies une activation forcée d'un ESC désactivé. C'est le cas en présence de défauts d'autres systèmes (de la régulation électronique de l'amortissement par ex.) risquant d'entraîner une modification du comportement routier.

Sur l'Audi Q7, l'activation du mode offroad ESC provoque si besoin est l'activation de l'assistant de descente. Sur l'Audi Q5, il existe une commande distincte pour cette fonction.

L'état actuel du système ESC et de ses sous-systèmes est indiqué au conducteur, lorsque leur fonctionnement est correct (aucun défaut du système) par le témoin d'ESC K155. Après avoir mis le contact d'allumage (borne 15), une vérification des témoins est effectuée. Les témoins sont pilotés pendant trois secondes environ. Durant cette période, un contrôle interne du système a lieu.

Si le système ne présente aucun défaut, les témoins sont à nouveau éteints. L'ESC est maintenant prêt à fonctionner. Une intervention ASR ou ESC est indiquée par le clignotement du témoin K155. Après actionnement de la commande d'ASR et d'ESC, le témoin K216 s'allume jusqu'à la coupure de l'allumage ou un nouvel actionnement de la touche (logique de la touche, voir page 68).

| État du système                                 | État K118<br>système de freinage                                                  | État K47<br>ABS                                                                   | État K155<br>ESC et ASR                                                           | État K216<br>ESC et ASR                                                              | Remarque                                                              |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Borne 15 activée,<br>contrôle du témoin         |  |  |  |   |                                                                       |
| Système sans<br>défaut et prêt à<br>fonctionner | Pas d’affichage                                                                   | Pas d’affichage                                                                   | Pas d’affichage                                                                   | Pas d’affichage                                                                      |                                                                       |
| Intervention ASR/<br>ESC                        | Pas d’affichage                                                                   | Pas d’affichage                                                                   |  | Pas d’affichage                                                                      | K155 clignote                                                         |
| Commande d'ASR<br>et ESC actionnée              | Pas d’affichage                                                                   | Pas d’affichage                                                                   | Pas d’affichage                                                                   |  | En cas de<br>freinage, l'ESC peut<br>être activé automati-<br>quement |

# Opérations du Service

Ce chapitre fournit un aperçu général des opérations de service du système ESC. En raison de l'utilisation de systèmes de différents fabricants ainsi que des adaptations spécifiques aux modèles, il

existe des différences de détail au niveau des opérations du Service.

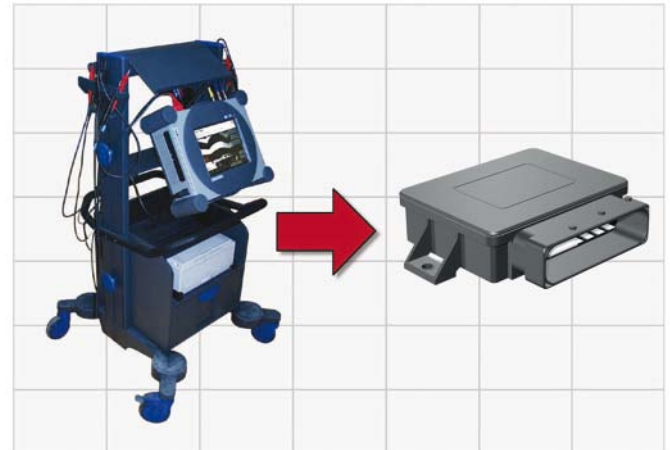
Veillez par conséquent tenir compte des ouvrages SAV et utiliser les systèmes SAV prévus à cet effet.

## Diagnostic du système

Tous les systèmes ESC utilisés sur les modèles Audi actuels sont aptes au diagnostic.

Les défauts détectés dans le cadre de l'autodiagnostic sont inscrits dans la mémoire d'événements du véhicule et peuvent être lus avec un testeur de diagnostic du véhicule approprié.

Les défauts système sont en outre signalés au conducteur par des témoins et messages de texte.



475\_123

| État du système                 | État K118<br>système de freinage | État K47<br>ABS | État K155<br>ESC | Remarque                                                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Défaillance ASR/ESC             | Pas d'affichage                  | Pas d'affichage |                  | EBV, EDS et ABS restent actifs                                            |
| Défaillance ASR/<br>ASR/EDS/ESC | Pas d'affichage                  |                 |                  | Une fonction EBV d'urgence est conservée                                  |
| Défaillance totale              |                                  |                 |                  | Tous les systèmes sont désactivés - se rendre immédiatement à l'atelier ! |

## Dépose et repose/remplacement du calculateur ABS/ESC et du groupe hydraulique

Le calculateur et l'unité hydraulique sont, sur les modèles Audi A3 et A8 actuels, dissociables. Sur ces modèles, un calculateur défectueux peut être remplacé séparément. En cas de défaut de l'unité hydraulique, il faut toujours remplacer l'unité complète (calculateur et unité hydraulique).

Après remplacement d'un calculateur ou de l'unité ABS/ESC complète, il faut effectuer les opérations consécutives indiquées à la page suivante.



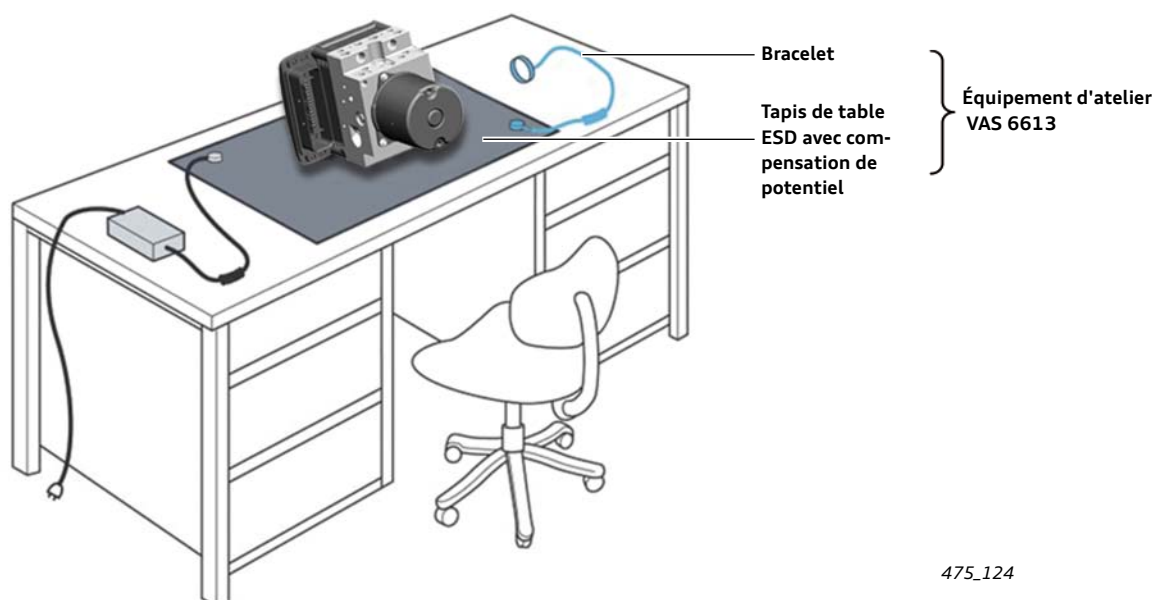
| Modèle de véhicule actuel | Remplacement séparé du calculateur possible | Opérations consécutives après remplacement                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1                        | Non                                         | Purge d'air - codage du calculateur - calibrage des capteurs* - diagnostic des actionneurs                                                                                                                                        |
| A3                        | Oui                                         | Purge d'air - codage du calculateur - calibrage des capteurs* - réglage de base vannes d'aspiration et de coupure - adaptation du blocage transversal électronique - diagnostic des actionneurs - essai de conduite et du système |
| Q3                        | Non                                         | Purge d'air - codage du calculateur - calibrage des capteurs* - exécutions d'adaptations** - diagnostic des actionneurs                                                                                                           |
| TT                        | Non                                         | Purge d'air - codage du calculateur - calibrage des capteurs* - diagnostic des actionneurs - essai de conduite et du système                                                                                                      |
| Q7                        | Non                                         | Purge d'air - codage du calculateur - calibrage des capteurs* - diagnostic des actionneurs - essai de conduite et du système                                                                                                      |
| A4, A5, Q5                | Non                                         | Purge d'air - codage du calculateur (en ligne) - diagnostic des actionneurs - essai de conduite et du système                                                                                                                     |
| A6, A7                    | Non                                         | Purge d'air - codage du calculateur - calibrage du transmetteur d'angle de braquage - diagnostic des actionneurs                                                                                                                  |
| A8                        | Oui                                         | Purge d'air - codage du calculateur - calibrage du transmetteur d'angle de braquage - diagnostic des actionneurs                                                                                                                  |
| R8                        | Non                                         | Purge d'air - codage du calculateur - calibrage des capteurs* - diagnostic des actionneurs - essai de conduite et du système                                                                                                      |

\*: Transmetteur d'angle de braquage, capteurs de pression de freinage, d'accélération transversale et longitudinal, le capteur d'accélération longitudinale n'est monté que sur les véhicules avec transmission intégrale ou assistant de descente.

\*\*: Comme ce calculateur est également utilisé par d'autres marques du Groupe, différentes fonctions (par ex. stabilisation de l'attelage) doivent être validées par des adaptations correspondantes après codage.

La purge d'air du système de freinage est toujours nécessaire lorsque les conduites de freinage ont été ouvertes. Cela est toujours nécessaire après dépose et repose de l'unité hydraulique. Pour séparer le calculateur du groupe hydraulique, il faut également déposer l'unité complète. Sur l'Audi A8, il est indispensable pour la dépose du calculateur d'utiliser un poste de travail avec protection ESD (équipement d'atelier VAS 6613), pour éviter les dommages au calculateur dus à une charge électrostatique.

Après repose de l'unité hydraulique, il faut toujours procéder au diagnostic des actionneurs. Il est ainsi garanti que les conduites allant aux freins de roue soient reliées aux positions correctes de l'unité hydraulique.



Le codage d'un calculateur d'ABS/ESC neuf s'effectue en ligne sur tous les modèles Audi actuels. Une liaison en ligne est établie avec la base de données SVM (SVM = gestion des versions logicielles). Les valeurs de codage sont alors transmises sans faire quoi que ce soit (et sans affichage des contenus) dans le calculateur d'ABS/ESC.



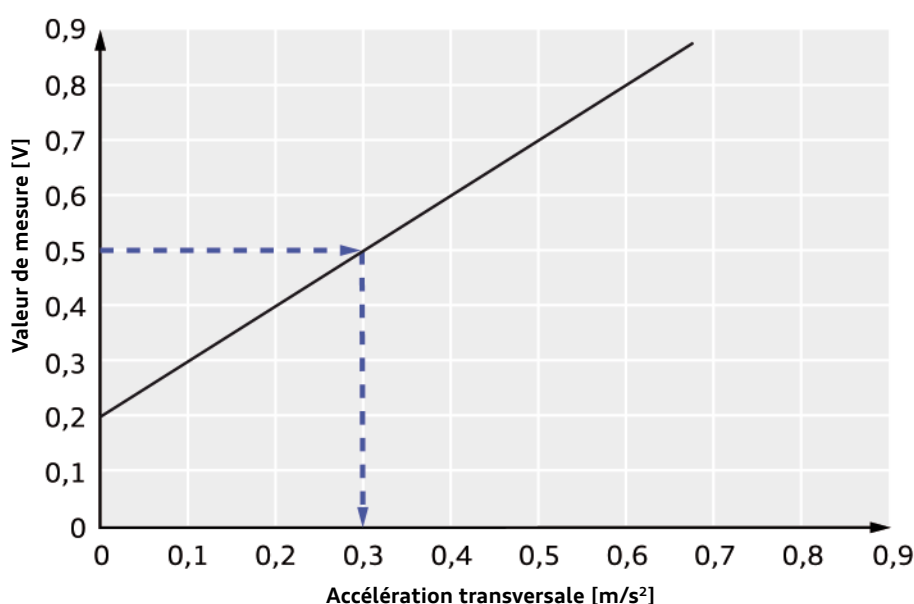
475\_029a

En fonction du modèle du véhicule et de la version ESC, il faut, après codage du calculateur d'ABS/ESC, calibrer certains capteurs (voir tableau à la page 72). Pour pouvoir évaluer les valeurs de mesure (chiffres numériques) d'un capteur, le calculateur doit au moins connaître l'état physique réel pour une valeur de mesure. Les caractéristiques des capteurs sont mémorisées dans le calculateur. Si le calculateur connaît une affectation valeur de mesure-valeur réelle, il peut calculer pour toutes les autres valeurs de mesure les valeurs (physiques) réelles correspondantes.

Dans l'exemple indiqué, ce principe est représenté pour la courbe fictive d'un capteur d'accélération transversale :

La courbe représentée est mémorisée dans le calculateur. Le calculateur « sait » ainsi quelle variation de la valeur de mesure correspond à quelle variation de l'accélération transversale. Lors du calibrage, le véhicule doit être immobile.

Le calculateur lit la valeur envoyée et l'interprète comme étant l'état immobile du véhicule (accélération transversale = 0). Dans notre exemple, cette valeur de mesure est de 0,2 V. Le calculateur de l'exemple fictif sait, en raison de la caractéristique déjà mémorisée, qu'une variation de la valeur de mesure de 0,1 V correspond à une variation de l'accélération transversale de 0,1 m/s<sup>2</sup>. Par la suite, le calculateur sait affecter à chaque valeur de mesure une valeur d'accélération transversale. La valeur de mesure 0,5 V est par exemple interprétée comme accélération transversale de 0,3 m/s<sup>2</sup>.



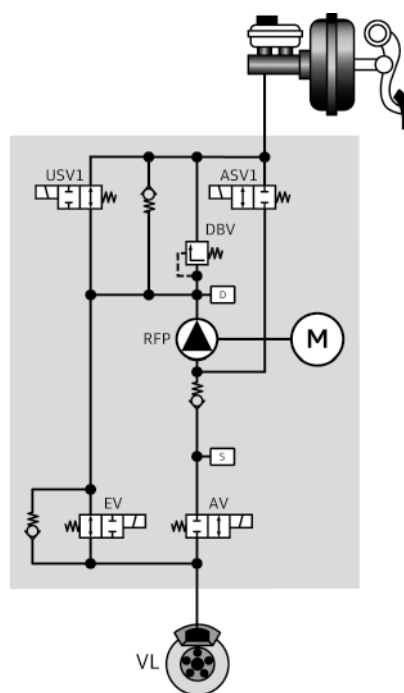
475\_125

L'essai de conduite et du système est, après remplacement du calculateur et après calibrage (si nécessaire) des capteurs, indispensable pour les modèles de véhicule qui reçoivent les valeurs de mesure d'accélération transversale, de vitesse de lacet et d'accélération longitudinale via l'unité de capteurs ESP G419.

L'essai de conduite et du système est nécessaire pour vérifier la plausibilité des valeurs de mesure des capteurs. Un cycle de conduite défini est prévu à cet effet. Le calculateur « connaît » les manœuvres de conduite individuelles et peut alors vérifier et mettre en relation les valeurs de mesure reçues des capteurs.

#### Réglage de base des vannes d'aspiration et d'inversion (vannes de coupure) sur l'Audi A3 :

Des vannes spéciales sont utilisées comme vannes d'aspiration et d'inversion (vannes de coupure) dans l'ESC MK60EC, qui équipe le modèle Audi A3 actuel jusqu'au millésime 2012. Ces vannes peuvent réaliser, en fonction de leur pilotage électrique, des sections de vanne variables (sections de débit). La condition requise pour la séparation du groupe hydraulique et du calculateur est d'effectuer un réglage de base des vannes dans le Service après avoir remplacé le calculateur. La caractéristique d'activation des vannes est déterminée par le réglage de base.



475\_126

#### Adaptation du blocage transversal électronique sur l'Audi A3 :

Si l'Audi A3 est équipée d'un blocage transversal électronique, ce dernier doit être adapté après avoir remplacé le calculateur et procédé au codage. Cette adaptation permet de réaliser une harmonisation de la fonction de blocage transversal électronique avec le moteur de propulsion monté.

#### Dépose et repose/remplacement de l'unité de capteurs ESP G419

Après remplacement de l'unité de capteurs ESP G419, il est nécessaire de calibrer les transmetteurs d'accélération transversale et éventuellement longitudinale. Les valeurs de mesure de la nouvelle unité de capteurs varient, en raison de tolérance de pièces, de celles des composants déposés. En outre, la position de montage de l'unité de capteurs sur le véhicule et soumise à des tolérances.



475\_127

**Dépose et repose/remplacement du calculateur d'électronique des capteurs J849**

Après remplacement du calculateur J849, un calibrage du calculateur est nécessaire. Pour cela, le véhicule doit être immobile sur une surface plane. Dans cette position, le calculateur d'ABS/ESC lit les valeurs de mesure des capteurs et les mémorise comme état « véhicule immobile ». Comme les caractéristiques des capteurs sont mémorisées dans le calculateur d'ABS/ESC, le calculateur peut par la suite affecter toutes les autres valeurs de mesure d'un déplacement réel du véhicule et les convertir en valeurs physiques réelles.

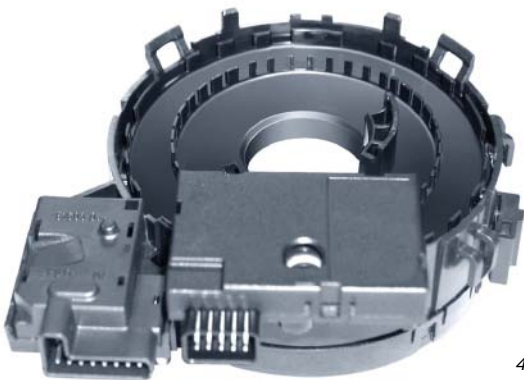


475\_128

**Dépose et repose/remplacement du transmetteur d'angle de braquage G85 :**

Après remplacement du transmetteur d'angle de braquage, ce dernier doit être calibré. La condition en est que le calculateur d'ESC soit codé. Le calibrage débute par une rotation définie du volant de direction par le mécanicien. Suivant le modèle de véhicule, il faut ensuite rouler brièvement en marche avant. Il est alors procédé à une comparaison des valeurs de mesure du capteur avec les capteurs de vitesse des différentes roues. La « position zéro » du capteur est alors déterminée (le signal du capteur en marche avant). Ce « signal zéro » constitue la base de la conversion consécutive de toutes les valeurs de mesures en valeurs réelles d'angle de braquage.

Sur l'Audi Q7, le transmetteur « perd » son initialisation lorsqu'il est débranché de la batterie du véhicule (borne 30). Ensuite, le transmetteur doit également être réinitialisé comme décrit.



475\_129

**Aperçu des systèmes ESC équipant les modèles Audi actuels**

| Modèle de véhicule | Système ESC          |
|--------------------|----------------------|
| A1                 | Bosch 8.2            |
| A3, S3             | Continental MK 60 EC |
| TT                 | Continental MK 60 E1 |
| Q3                 | TRW 450              |
| A4, S4, A5, S5, Q5 | Bosch 8.1            |
| Q7                 | Continental MK 25    |
| A6, A7, A8         | Bosch Premium        |
| R8                 | Bosch 8.0            |

# Contrôle des connaissances

Parmi les réponses indiquées, il peut y avoir une ou plusieurs réponses correctes.

Question 1 : Quelles forces peuvent être transmises entre les pneumatiques et la chaussée ?

- ☐ a) Exclusivement des forces de pesanteur et des forces de guidage latérales.
- ☐ b) Exclusivement des forces dans le sens longitudinal et transversal du véhicule.
- ☐ c) Forces de pesanteur, forces de guidage transversales, forces motrices et de freinage.

Question 2 : Quelle est la fonction de base du système antiblocage ABS ?

- ☐ a) L'ABS assure une meilleure traction.
- ☐ b) L'ABS écourte la course de freinage.
- ☐ c) L'ABS limite la pression de freinage afin de pouvoir encore transmettre des forces de guidage latérales.
- ☐ d) L'ABS fait en sorte que le véhicule reste dirigeable lors du freinage.

Question 3 : Quelles fonctions de régulation essentielles constituent la base des opérations de régulation de l'ESC ?

- ☐ a) Réduction et augmentation du couple de rotation du moteur de propulsion.
- ☐ b) Maintien de la pression de freinage, réduction de la pression de freinage et génération de la pression de freinage.
- ☐ c) Réduction et augmentation du débit d'injection ainsi que modification du point d'allumage.

Question 4 : Pourquoi le répartiteur électronique de la force de freinage EBV représente-t-il l'un des systèmes les plus importants pour la conservation de la sécurité de conduite ?

- ☐ a) L'EBV évite des forces de freinage excessives au niveau de l'essieu avant. Le véhicule reste ainsi dirigeable dans toutes les situations de conduite.
- ☐ b) L'EBV évite des forces de freinage excessives au niveau de l'essieu arrière.
- ☐ c) L'EBV évite un patinage à l'accélération trop élevée sur les véhicules avec traction avant.
- ☐ d) L'EBV évite que l'arrière du véhicule dérape lors du freinage.

Question 5 : Quels capteurs supplémentaires sont, en comparaison avec l'ABS, nécessaires à la réalisation de la fonction ESC ?

- ☐ a) Capteurs d'enregistrement de l'angle de braquage, de l'accélération transversale et longitudinale ainsi que de la vitesse de lacet.
- ☐ b) Capteurs d'enregistrement de l'accélération de la carrosserie.
- ☐ c) Capteurs d'enregistrement des vitesses des roues et de la pression de freinage.

Question 6 : Quels sont les emplacements de montage des capteurs d'accélération transversale et longitudinale et de la vitesse de lacet sur les modèles Audi actuels ?

- ☐ a) Les capteurs sont exclusivement montés dans l'unité de capteurs d'ESP G419.
- ☐ b) Les capteurs sont exclusivement montés dans l'unité de capteurs d'ESP G419 et dans le calculateur d'électronique des capteurs J849.
- ☐ c) Les capteurs sont exclusivement montés dans le calculateur J104.
- ☐ d) Les capteurs sont, en fonction des modèles, intégrés dans l'unité de capteurs G419, dans le calculateur d'électronique des capteurs J849, dans le calculateur d'ABS/ESC J104 ou dans le calculateur de frein de stationnement électrique J540.

Question 7 : Quelle affirmation est exacte ?

- ☐ a) L'activation de l'assistant de freinage hydraulique HBA s'effectue, sur les véhicules avec ACC, en fonction de la situation routière considérée.
- ☐ b) Qu'un véhicule soit équipé ou non de l'ACC n'exerce aucune influence sur les conditions d'activation de l'HBA.
- ☐ c) Sur le véhicule avec ACC, l'HBA est généralement désactivé. La fonction HBA est alors réalisée par l'ACC.

Question 8 : Quel avantage le blocage transversal électronique possède-t-il par rapport au blocage électronique de différentiel EDS ?

- ☐ a) Aucun.
- ☐ b) Le blocage transversal électronique est déjà activé même si l'on n'est pas encore en présence d'un patinage critique au niveau des roues.
- ☐ c) Les pressions de freinage sont, dans le cas du blocage transversal électronique, nettement plus faibles que dans le cas d'une régulation EDS.

Question 9 : Un véhicule est équipé de l'indicateur de contrôle de la pression des pneus RKA. Le conducteur a augmenté la pression des pneus avant de partir en vacances. Doit-il procéder à d'autres activités en ce qui concerne le système ?

- ☐ a) Aucune autre activité n'est nécessaire.
- ☐ b) Le conducteur doit se rendre à l'atelier SAV le plus proche pour y faire adapter les nouvelles pressions des pneus avec le testeur de diagnostic du véhicule.
- ☐ c) Le conducteur doit valider les pressions des pneus modifiées par une saisie via la MMI ou à l'aide de la touche de surveillance prévue.

Question 10 : Quelle est la réaction déclenchée lors de l'actionnement de la commande d'ASR/ESC ?

- ☐ a) L'ASR est désactivé sur tous les modèles Audi, l'ESC reste activé sans restrictions.
- ☐ b) L'ASR et l'ESC sont désactivés sur tous les modèles Audi.
- ☐ c) La réaction du système n'est pas identique sur tous les modèles Audi.
- ☐ d) La réaction du système dépend de l'objectif d'utilisation du véhicule. Ainsi, sur les véhicules également prévus pour rouler en tous chemins, le « mode offroad » est activé.

Question 11 : Pourquoi faut-il toujours effectuer un diagnostic des actionneurs après repose de l'unité hydraulique ABS/ESC ?

- ☐ a) Pour calibrer les transmetteurs de pression de freinage, d'accélération transversale et longitudinale.
- ☐ b) Pour calibrer le transmetteur d'angle de braquage.
- ☐ c) Pour garantir que les conduites allant aux freins de roue soient reliées aux positions correctes de l'unité hydraulique.

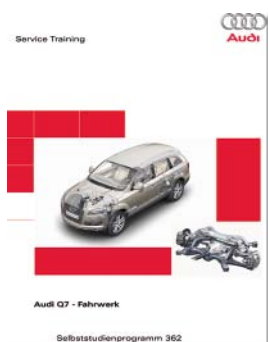
Question 12 : À quoi sert l'essai de conduite et du système ?

- ☐ a) À vérifier la plausibilité des valeurs de mesure des capteurs d'accélération transversale et longitudinale ainsi que de la vitesse de lacet.
- ☐ b) À calibrer le transmetteur d'angle de braquage.
- ☐ c) À vérifier le fonctionnement de l'ESC.

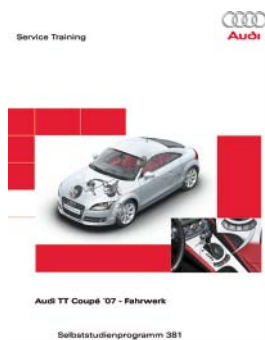


## Programmes autodidactiques (SSP)

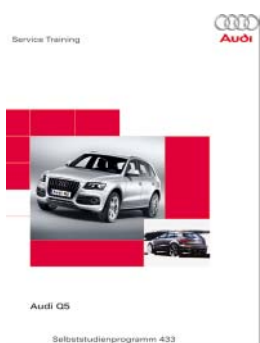
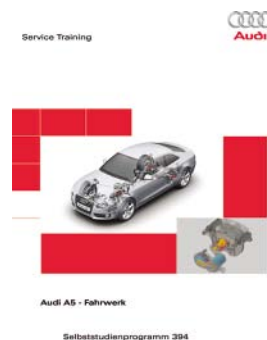
Vous trouverez de plus amples informations sur les systèmes ESC des véhicules Audi dans les programmes autodidactiques suivants.



**Progr. autodidact. 362**  
**Progr. autodidact. 381**  
**Progr. autodidact. 394**



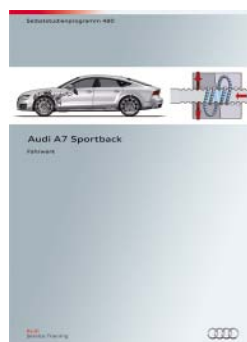
**Audi Q7 - Liaisons au sol, référence : A05.5S00.15.40**  
**Audi TT Coupé 07 - Liaisons au sol, référence : A06.5S00.26.40**  
**Audi A5 - Liaisons au sol, référence : A07.5S00.36.40**



**Progr. autodidact. 433**  
**Progr. autodidact. 458**  
**Progr. autodidact. 477**



**Audi Q5, référence : A08.5S00.49.40**  
**Audi A8 10 - Liaisons au sol, référence : A10.5S00.62.40**  
**Audi A1, référence : A10.5S00.70.40**



**Progr. autodidact. 480**

**Audi A7 Sportback - Liaisons au sol, référence : A10.5S00.73.40**



Sous réserve de tous droits  
et modifications techniques.

Copyright  
**AUDI AG**  
I/VK-35  
[service.training@audi.de](mailto:service.training@audi.de)

**AUDI AG**  
D-85045 Ingolstadt  
Définition technique 07/12

Printed in Germany  
A11.5S00.79.40