

L'ESP, le dispositif de contrôle de trajectoire

L'électronique est entrée dans l'automobile par les équipements de confort et la gestion du moteur. Elle n'a investi le domaine du comportement routier qu'une dizaine d'années plus tard avec le système antiblocage de roues ABS. Les performances de celui-ci n'ont cessé de progresser depuis lors, avec des interactions avec le moteur, la transmission ou la charge du véhicule. Sont alors apparus les anti-patinages et des programmes spécifiques de comportement en virage, côte et descente.

Rien ne freine le cerveau des ingénieurs, et une extension au contrôle de la tenue de route pour d'autres situations fit son chemin. Ainsi apparut en 1995 le contrôle de trajectoire, appelé de façon plus commerciale « Programme électronique de stabilité » ou ESP (Electronic Stability Program). Cet équipement est aujourd'hui en cours de démocratisation puisqu'il a équipé 40% des véhicules vendus en Europe de l'Ouest en 2005. Ces performances et sa fiabilité sont d'un tel niveau qu'une grande partie des nouveaux véhicules sont développés exclusivement avec cette assistance qui étend même son emprise vers une gestion plus complète du châssis et vers plusieurs aides à la conduite.

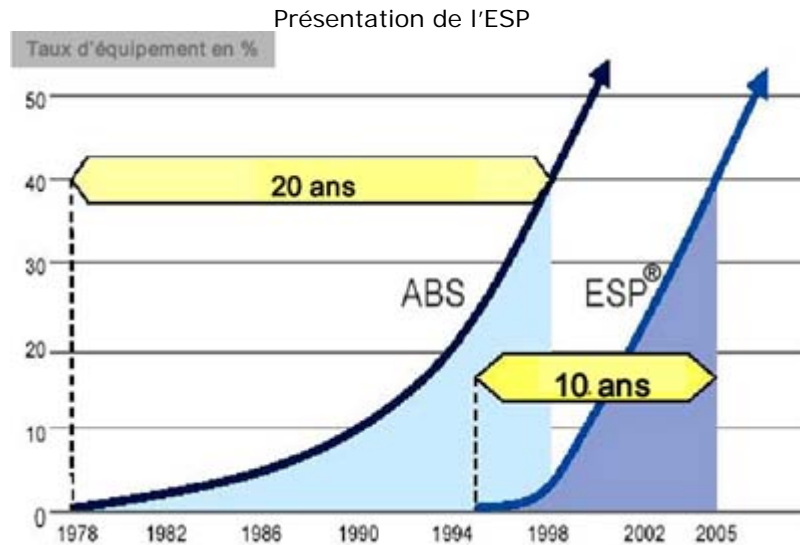


Test d'une Renault Megane sur pistes Bosch

Contenu :

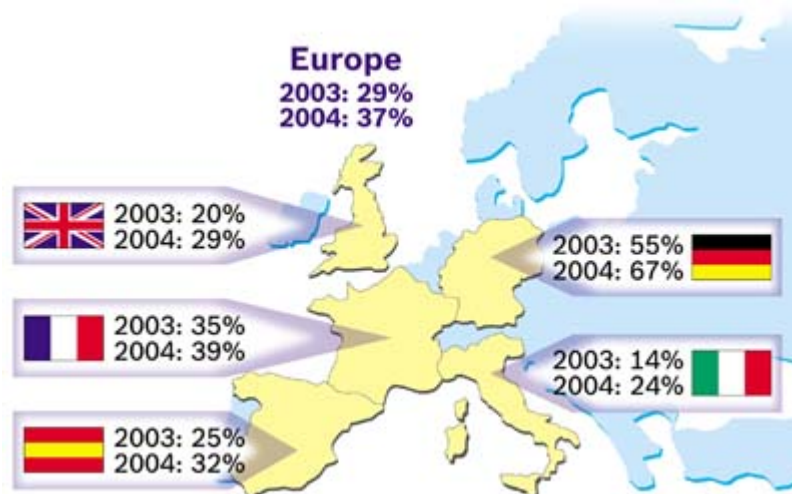
- Page 1 : Contenu,
- Page 2 : Présentation de l'ESP,
- Page 3 : Rappels sur l'équilibre dynamique d'un véhicule (1/2),
- Page 4 : Rappels sur l'équilibre dynamique d'un véhicule (2/2),
- Page 5 : Exemples d'interventions de l'ESP (1/2),
- Page 6 : Exemples d'interventions de l'ESP + vidéo (2/2),
- Page 7 : Implantation des composants et schéma électrique,
- Page 8 : Les capteurs de roue,
- Page 9 : Le capteur d'angle du volant,
- Page 10 : Le capteur de lacet,
- Page 11 : Le capteur d'accélération latérale,
- Page 12 : Le bloc hydraulique,
- Page 13 : Fonction annexe : les programmes "confort" et "sport",
- Page 14 : Fonctions annexes : le contrôle de roulis de la remorque et le programme anti-tonneau,
- Page 15 : Fonction annexe : la direction incitative,

- Page 16 : Autres fonctions annexes,
- Page 17 : Vers la gestion globale du châssis,
- Page 18 : Annexe : Mise au point de l'ESP (+ vidéos)



Progression des ventes des ABS et ESP

20 ans. C'est la période qui aura été nécessaire pour que le système anti-blocage des freins ABS s'impose dans l'automobile en Europe de l'Ouest, avec un taux d'équipement de 40% en 1998. Depuis juillet 2004, il est obligatoire dans la CEE. Il a marqué l'introduction de l'électronique sur le comportement du véhicule lors du freinage, avec une première décennie nécessaire pour installer la confiance autant chez les constructeurs qu'auprès des conducteurs. La réduction du coût de fabrication aidant, la commercialisation de l'ABS a vraiment décollé dans les années 90.



Vente de l'ESP en Europe

Cette période de rodage a largement facilité le lancement du système ESP. Vu pour la première fois en 1995 sur la Mercedes Classe S 600, il a atteint le taux d'équipement de 40% en seulement 10 ans sur ce même marché.

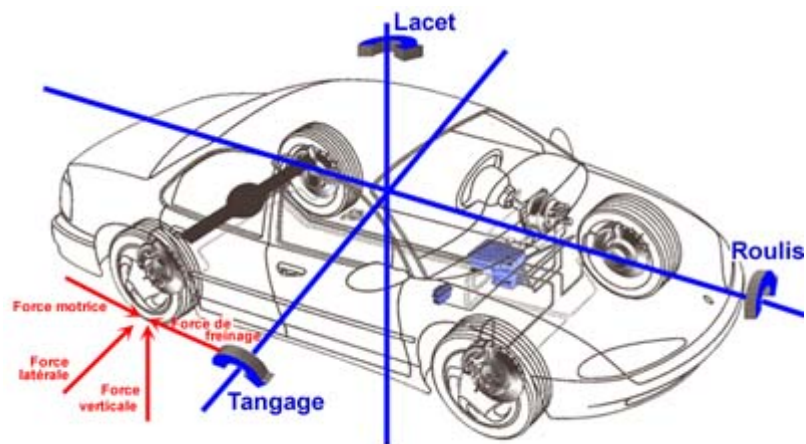
Le rôle de l'ESP est d'aider le véhicule à prendre la trajectoire voulue par le conducteur, malgré les aléas de la route – changements d'adhérence ou virages trop prononcés – et le comportement de la voiture influencé par sa vitesse, sa répartition de charge ou l'état de ses pneumatiques. Il intervient dans la dynamique de la voiture en utilisant individuellement le système de freinage de chaque roue. Ce freinage n'est donc plus produit par le conducteur, mais par le boîtier ESP lui-même.

Plusieurs études basées sur des relevés d'accidents, montrent tout l'intérêt de l'ESP. Celle réalisée en 2002 par DaimlerChrysler démontre que tous les véhicules de la marque ayant cet équipement en série ont vu leur taux de participation dans les " accidents de conduite " en Allemagne chuter de plus de 25%. Les " accidents de conduite " sont des accidents dans lesquels les conducteurs perdent le contrôle de leur voiture sans aucune autre cause externe.

Chez Toyota, on pense que le gain de sécurité est encore plus élevé. Sur une base d'environ 1 million d'accidents avec blessures, on est arrivé à la conclusion que l'utilisation d'une voiture équipée de l'ESP pourrait réduire le nombre " d'accidents de conduite " par moitié.

Rappels sur l'équilibre dynamique d'un véhicule (1/2)

Lorsqu'un véhicule est à l'arrêt, sur un sol plat pour simplifier la présentation, les seules forces existantes sont celles verticales du sol sur les roues en réaction à celle générée par la masse de la voiture appliquée au centre de gravité.



Dès que le véhicule est en mouvement, une multitude de forces sont appliquées. Une courbe ou un vent de travers induira des forces aussi latérales que les pneumatiques s'efforceront de contrer. Les accélérations, les freinages ou l'aérodynamisme, pour ne citer que ces actions, créeront des forces longitudinales. Les forces verticales que nous avons à l'arrêt subsistent, mais peuvent être altérées par le profil et l'état de la route.

Ce n'est pas tout. L'interaction des forces dirigées vers les trois axes génère des couples créant des transferts d'appui entre les roues du véhicule :

- Une force latérale induit un roulis modifiant les forces verticales (dans un virage, tout comme les passagers sont entraînés vers le côté, les roues extérieures sont plus chargées que celles à l'intérieur).
- Une force longitudinale génère un tangage modifiant aussi les forces verticales (lors d'un freinage, les roues arrière sont délestées au profit de celle à l'avant).
- Enfin, le pivotement du véhicule en entrées et sorties de virage crée un couple de lacet autour de l'axe vertical passant par son centre de gravité.



Peugeot 307 lors du test d'évitement

Rappels sur l'équilibre dynamique d'un véhicule (2/2)

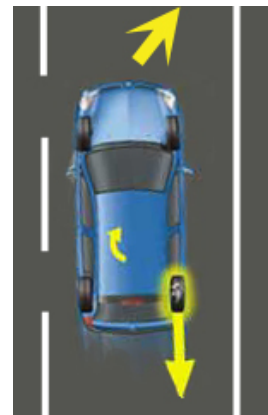
En jouant avec ces différentes forces, il est théoriquement possible de contrôler la direction d'un véhicule, tout en conservant les roues directrices bien droites... !

En effet, si une seule roue est freinée, le déséquilibre crée un couple de lacet pouvant faire pivoter le véhicule. Par exemple, si la roue arrière droite est freinée, celle-ci « tire » l'arrière de la voiture. L'essieu arrière aura tendance à pivoter vers la gauche et le véhicule à se diriger vers la droite. Un changement de direction peut alors être créé, soit de faible amplitude avec uniquement la déformation des pneus, soit de plus grande amplitude si ces derniers devaient perdre une partie de leur adhérence.

Ce cas se rencontre involontairement quand un freinage est effectué lorsque les roues d'un côté sont sur un sol plus adhérent que celles de l'autre côté (exemples : gravier sur le bas côté, plaques humides sur la chaussée ou problème technique sur un frein ou un pneumatique).

Ce constat n'a pas échappé aux ingénieurs et constitue la base de l'action du système ESP.

Il est ainsi possible d'éviter sous-virage et survirage pour que la voiture suive la trajectoire souhaitée par le conducteur. L'ESP peut aussi améliorer le comportement d'un châssis « mal né » ou lui donner un caractère neutre ou légèrement sous-vireur ou survireur. Par contre, l'ESP ne peut corriger la défaillance d'adhérence d'une roue ou d'un essieu qu'en puisant dans celle des autres, pour peu qu'il leur en reste. Autrement dit, l'ESP améliore le comportement, mais la valeur totale d'adhérence de la voiture n'est pas augmentée.



Le sous-virage :
les roues avant perdent leur capacité directionnelle et le véhicule a tendance à " tirer tout droit ".



Le survirage :
les roues arrière perdent leur pouvoir de guidage latéral et le véhicule a tendance à se diriger vers l'intérieur du virage.

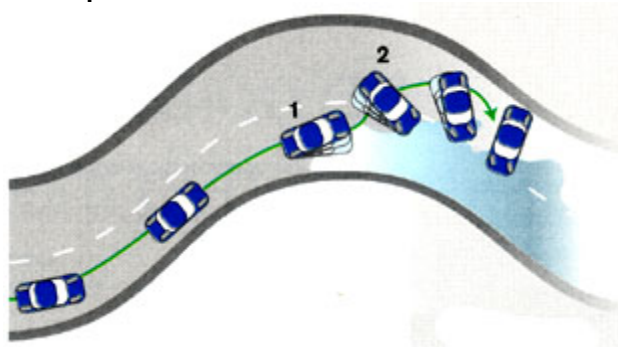
Exemples d'interventions de l'ESP (1/2)

L'ESP intervient sur le système de freinage de chaque roue pour aider le véhicule à prendre la trajectoire voulue par le conducteur. Il contrôle ainsi :

- la vitesse du véhicule,
- sa dérive latérale,
- et sa vitesse de lacet (rotation autour de lui-même sur un axe vertical).

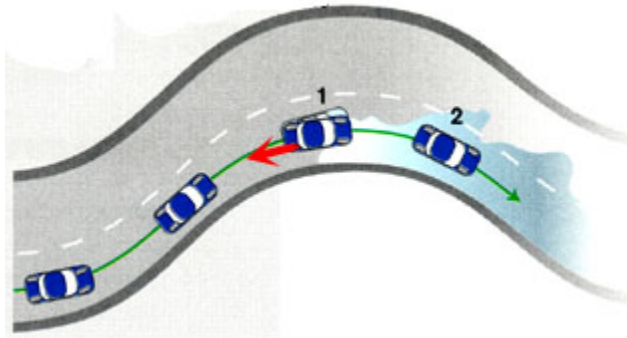
Voici 3 exemples simples qui permettent de rentrer progressivement dans le fonctionnement de l'ESP.

Exemple 1 : Virage avec flaques d'eau



Sans ESP

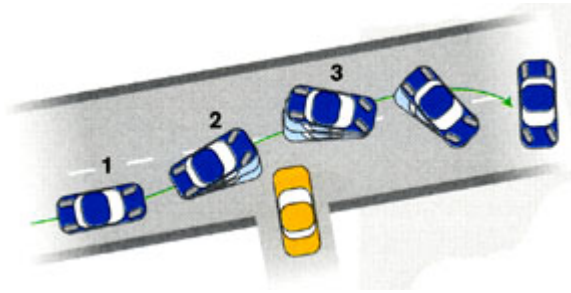
- Le véhicule rencontre un sol humide inattendu au milieu du virage.
- (1) : Le train avant perd son adhérence, le véhicule sous-vire et sort de la trajectoire.
- (2) : En retrouvant le sol sec, le train avant reprend l'adhérence et fait survirer le véhicule.



Avec ESP

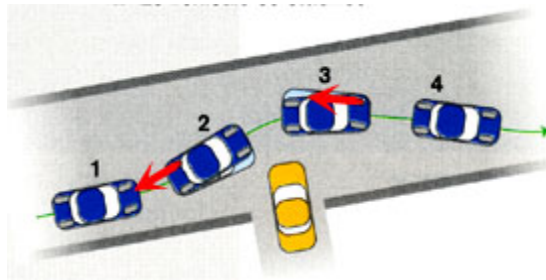
- (1) : L'ESP détecte un début de sous-virage (début de perte d'adhérence du train avant). L'ESP freine immédiatement la roue arrière droite, créant ainsi un couple de rotation au châssis dans le sens des aiguilles d'une montre. Cette action aide le véhicule à tourner vers la droite et à rester sur la trajectoire souhaitée.
- (2) : Le véhicule est sur la trajectoire souhaitée.

Exemple 2 : Situation d'évitement d'un obstacle



Sans ESP

- (1) : Le conducteur freine.
- (2) : Le conducteur tourne brutalement le volant vers la gauche. Cette manœuvre rapide fait sous-virer le châssis. En conséquence, le conducteur braque encore plus les roues directrices.
- (3) : Le conducteur tourne rapidement le volant dans l'autre sens, ce qui a pour effet de balancer l'arrière du véhicule. La voiture commence un long survirage, l'angle de dérive est trop accentué et le châssis n'est plus contrôlable.

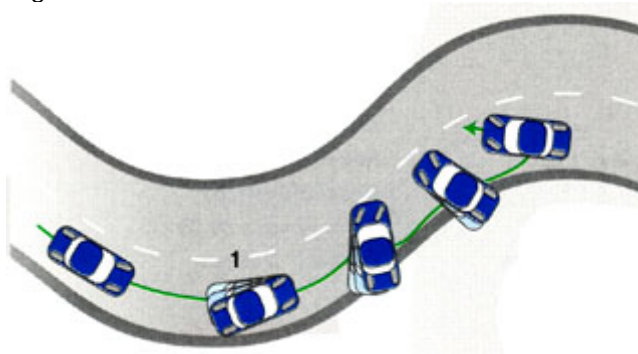


Avec ESP

- (1) : Le conducteur freine.
- (2) : L'ESP détecte un début de sous-virage. Il freine immédiatement la roue arrière gauche, créant un couple de rotation au châssis dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Le sous-virage est maîtrisé.
- (3) : Le conducteur tourne rapidement le volant dans l'autre sens, au risque de faire décrocher l'essieu arrière. L'ESP détecte ce début de survirage et freine immédiatement la roue avant gauche, créant un couple de rotation au châssis dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Le survirage est maîtrisé et la voiture prend la trajectoire correspondant à la position du volant.

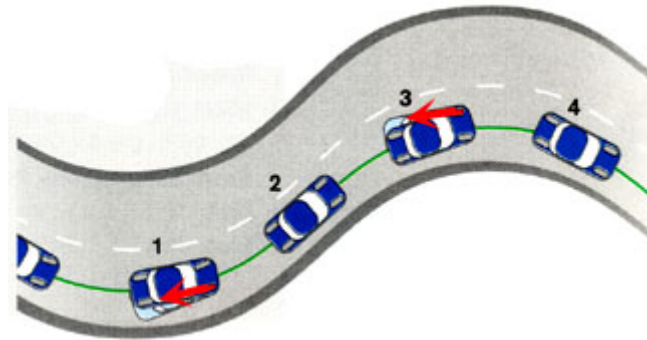
Exemples d'interventions de l'ESP + vidéo (2/2)

Exemple 3 : Suite de virages



Sans ESP

- (1) : Le virage est abordé à une vitesse excessive. Le train arrière perd son adhérence latérale.
- Le véhicule n'est plus contrôlable.



Avec ESP

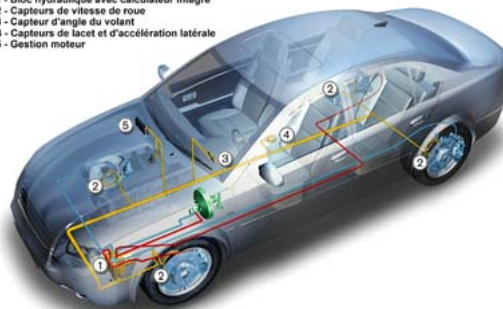
- (1) : Le virage est abordé à une vitesse excessive. L'ESP mesure une vitesse de lacet (rotation du véhicule autour de lui-même) plus importante que celle calculée en fonction de la vitesse du véhicule et de l'angle de braquage. Il en déduit un début de perte d'adhérence du train arrière. La roue avant droite est freinée pour créer un couple s'opposant au survirage.
- (2) : Le véhicule a retrouvé sa stabilité.
- (3) : Même situation, mais pour un virage à droite.

Autres situations rencontrées :

- En cas de fort sous-virage d'une traction avant, l'ESP peut réduire ou couper temporairement le couple moteur. Cette action a pour effet à la fois de créer un léger transfert de poids de l'arrière vers l'avant et d'augmenter la capacité de guidage des pneus avant en transférant l'effort de traction en force latérale. Pour de petites interventions sur les moteurs à essence, l'ESP agit sur le retard à l'allumage ou sur la coupure de l'injection suivant la stratégie choisie par chaque constructeur. Pour des corrections plus importantes, l'ESP réduit l'ouverture du papillon (motorisé). Avec les moteurs diesels, il est assez simple de contrôler le débit de gazole.
- L'ESP peut réduire ou couper le couple moteur en cas de survirage.
- Les systèmes ESP des dernières générations peuvent intervenir sur une, deux ou trois roues simultanément pour accroître le couple de lacet et réduire la vitesse du véhicule si nécessaire.

Implantation des composants et schéma électrique

- 1 - Bloc hydraulique avec calculateur intégré
- 2 - Capteurs de vitesse de roue
- 3 - Capteur d'angle du volant
- 4 - Capteurs de lacet et d'accélération latérale
- 5 - Gestion moteur



Implantation des composants - Bosch



Implantation des composants - TRW

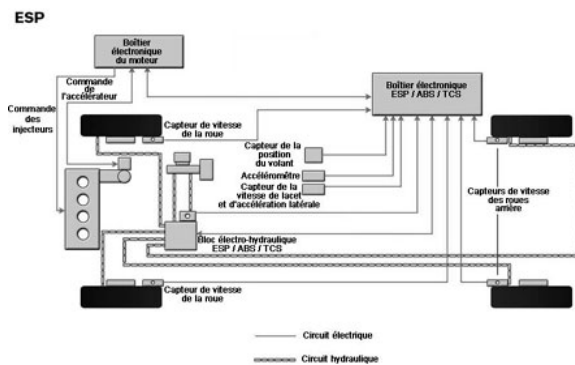


Schéma électrique du système ESP (Nissan Primera)

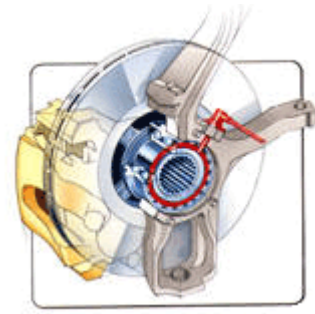
Les capteurs de roue

Chaque roue est munie d'un capteur de vitesse intégré dans le moyeu. Ils permettent de calculer la vitesse du véhicule, mais aussi de mesurer les blocages **individuels pour l'ABS et l'ESP**.

Il existe 2 types de capteur.

1 - Le capteur passif, aussi appelé inductif, est composé d'un aimant permanent et d'une bobine. Placé face à une roue dentée en rotation, il reçoit une variation de champ magnétique.

Ce dernier est transformé en courant alternatif dont la fréquence varie avec la vitesse de rotation. En raison de ses caractéristiques, il ne peut mesurer des faibles vitesses de rotation.

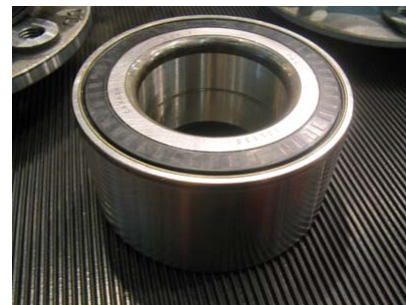


2 - Le capteur actif est placé face à un disque multipolaire remplaçant la couronne dentée. La tension de sortie est indépendante de la vitesse de rotation, il peut ainsi mesurer des régimes très faibles, voire proches de l'immobilisation du véhicule.

Cette caractéristique est très utile pour d'autres fonctions comme le système de navigation ou l'aide au démarrage en côte.



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



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

Le capteur d'angle du volant

Le capteur d'angle du volant donne l'information du braquage des roues directrices, et donc de la trajectoire voulue par le conducteur. Plusieurs technologies sont utilisées : potentiomètre, capteur optique ou magnétique à effet hall.





La rotation d'un volant pouvant atteindre 4 tours, un programme électronique et une multitude de capteurs internes permettent à la fois de compter le nombre de tours et la position très exacte du volant. De plus, certains capteurs sont dotés d'une pignonnerie afin d'augmenter la précision de la mesure.



Capteur optique intégré dans le combiné de bord de l'Opel Astra
Photo ANEX

Le capteur de lacet



Capteur de lacet mécanique Bosch - année 1996

Le capteur de lacet mesure la vitesse de rotation du véhicule autour de l'axe vertical de son centre d'inertie. Il est donc généralement situé idéalement dans cet axe, souvent entre la console centrale et le passage entre les deux sièges avant. Cas particulier, TRW produit un bloc hydraulique ESP, placé dans le compartiment moteur, avec capteur de lacet intégré. La vitesse de lacet est recalculée mathématiquement en fonction de l'écart de position entre le boîtier et l'axe réel. L'essai de cette version sur la neige nous a montré que le signal est suffisant, mais l'est-il pour une berline familiale qui demande un comportement neutre (sans aucune dérive) ? Le but de l'opération est une réduction du coût de l'équipement. Sans aller vers cette solution extrême, déjà plusieurs modèles ont placé le capteur sous le siège conducteur par facilité de montage ou par manque de place.

C'est grâce en grande partie à ce capteur qu'il est possible de déterminer les sous-virages et survirages. L'ESP détermine, dans un premier temps, la vitesse de lacet qui devrait être appliquée à la voiture. Lorsque le conducteur tourne le volant, avec une vitesse donnée du véhicule, il y a théoriquement création d'un lacet (vitesse et couple). Ensuite, si le conducteur ne modifie plus son braquage pendant toute la durée du virage, la valeur du lacet reste faible. Celui-ci réapparaît nettement à la fin du virage lorsque le conducteur remet ses roues en ligne droite. L'ESP calcule donc cette vitesse de lacet théorique et la compare à celle, bien réelle, mesurée par le capteur. Ainsi, une vitesse de lacet mesurée inférieure à celle attendue indiquera un sous-virage (la voiture n'aura pas braqué assez) et une vitesse de lacet mesurée supérieure à celle attendue indiquera un survirage (la voiture aura trop tourné).



Capteurs de lacet micromécaniques Bosch - année 2005

Les capteurs des premiers systèmes ESP étaient mécaniques à vibrations. Ils sont aujourd'hui supplantés par la micromécanique. Ils ont ainsi gagné en précision de mesure et en encombrement.



Sur une Opel Astra, l'ensemble capteur de lacet et d'accélération latérale (2) est placé idéalement entre les deux sièges avant, entre le levier de frein à main et la prise EOBD (1). Plus en arrière, on remarque le boîtier électronique de déclenchement de l'airbag (3).

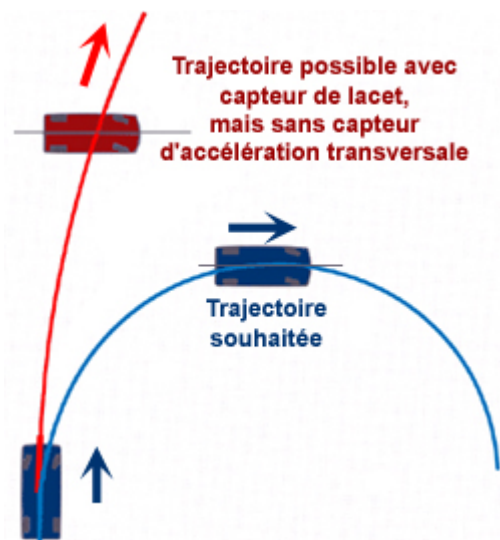
Photo ANEX

Le capteur d'accélération latérale

Le rôle de ce capteur n'a pas encore été évoqué dans les exemples d'interventions de l'ESP présentés précédemment en raison de son utilisation dans un cas bien particulier du comportement du véhicule. Sans ce capteur, l'ESP ne peut faire la différence entre une trajectoire qui a été respectée dans un virage et un comportement avec perte d'adhérence simultanée des 4 roues, si bien que la valeur du capteur de lacet est conforme à celle attendue.

Dans les deux situations, les voitures sont parallèles, mais celle du deuxième cas n'est plus sur la route. Ce cas arrive, par exemple, sur une route enneigée où la voiture s'écarte progressivement de la trajectoire, tout en restant parallèle à celle-ci, et glisse doucement des 4 roues vers le fossé.

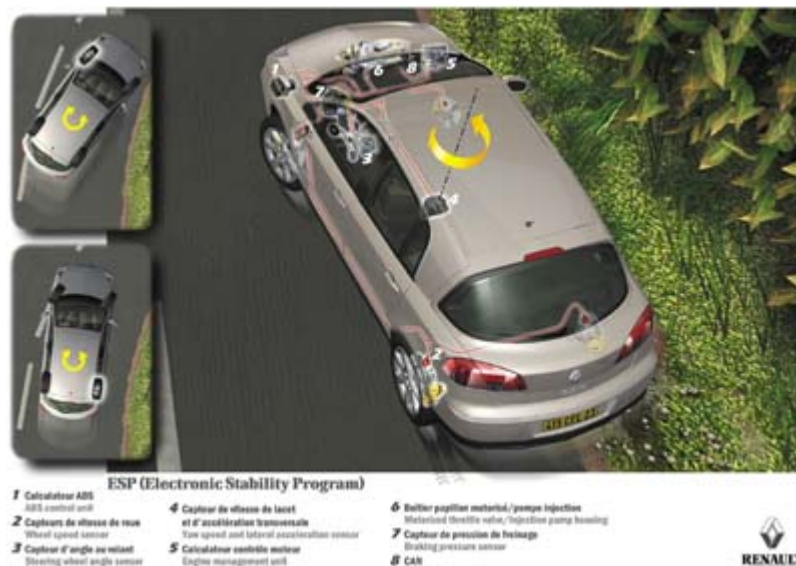
Le capteur d'accélération latérale permet alors de mesurer l'adhérence transversale. Comme pour le lacet, l'ESP détermine la force latérale (force centrifuge) qui devrait être appliquée à la voiture en fonction de sa vitesse et de l'angle de braquage et la compare à celle mesurée. Dans l'exemple ci-contre, l'ESP confirme que la vitesse de lacet est conforme à celle attendue, mais pas l'accélération transversale. Il en déduit donc une perte d'adhérence et intervient sur le freinage de plusieurs roues pour essayer de maintenir le véhicule sur la trajectoire.



Quelles roues faut-il freiner ? Il est clair que, si les deux essieux commencent à perdre leur adhérence, c'est que la vitesse d'entrée en virage est trop élevée. Le dosage du freinage est alors un équilibre permanent entre les côtés droit et gauche pour rester parallèle à la trajectoire, et la puissance appliquée sur les freins pour ralentir rapidement la voiture tout en gardant suffisamment de capacité de retenue latérale des pneus... .

Grâce à ce capteur, il est aussi possible d'autoriser un angle de dérive au véhicule. C'est une fonction particulièrement appréciée par les voitures sportives, permettant ainsi l'apparition d'un survirage, de retarder l'intervention de l'ESP et de laisser un peu d'initiative et de sensation au pilote.

Le capteur d'accélération latérale est composé d'une masse placée en bout de ressort. Elle se déplace sous l'action de la force centrifuge (accélération latérale) créée par la vitesse dans un virage. Du déplacement de cette masse, mesuré par un système à effet Hall, est déduit l'accélération latérale. Il est maintenant systématiquement intégré dans le boîtier du capteur de vitesse de lacet, placé au centre du véhicule.

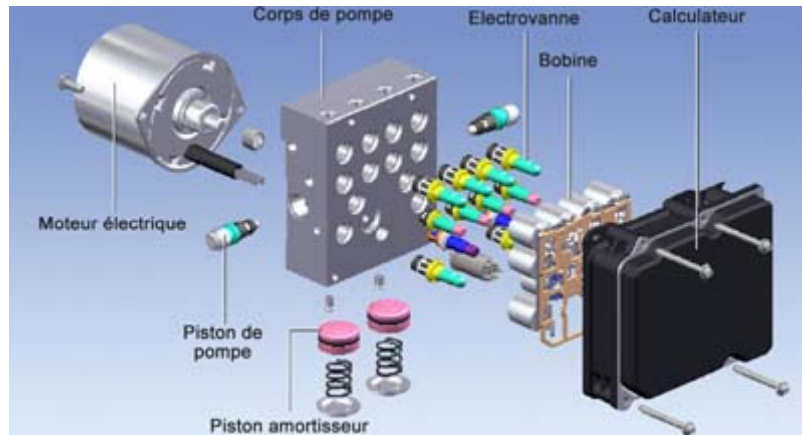


Le bloc hydraulique

Le rôle du bloc hydraulique est de générer une pression dans le circuit de frein de la roue sélectionnée. Pour des raisons légales et de sécurité, tous les composants sont doublés afin de proposer deux circuits indépendants pour 2 x 2 roues (circuit en général en croix). Il est composé d'une pompe hydraulique à 2 pistons, de 2 fois 6 électrovannes et de 2 amortisseurs de pulsations.

Évolutions des caractéristiques du boîtier hydraulique Bosch

Bloc hydraulique	1995 ESP 5.0	1997 ESP 5.3	1998 ESP 5.7	2002 ESP 8
Poids (kg)	3.8	3.2	3.1	2.3
Volume boîtier (cm ³)	3 500	2 500	2 400	1 600
Capacité du calculateur (kBite)	56	256	256	768



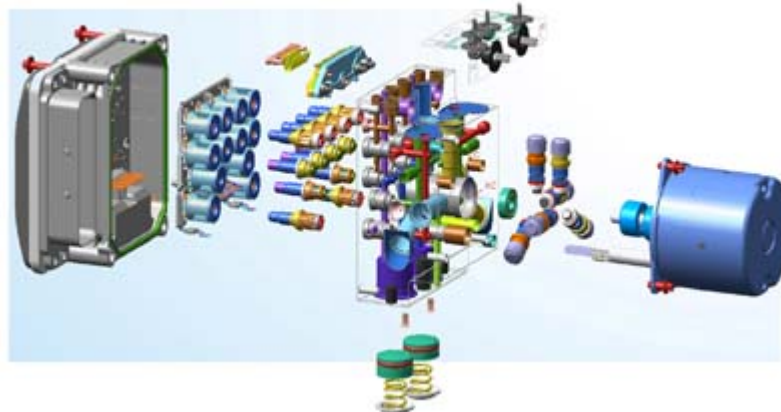
ESP 5.0

Les boîtiers électroniques et hydrauliques permettent aujourd’hui une fréquence d’intervention jusqu’à 150 fois par seconde et régulent des pressions jusqu’à 200 bars.

La pompe hydraulique tourne en mode « tout ou rien ». Des systèmes récents, comme l’ESP 8.0 de Bosch et l’EBC 450 de TRW, contrôlent le débit de la pompe grâce à la variation du régime du moteur électrique – de 600 à 3000 tr/mn (chiffres TRW). L’intérêt est une réduction du travail des électrovannes du bloc. Le système devient aussi plus silencieux.

De futurs systèmes de sécurité et d’aide à la conduite, présentés dans la suite de ce dossier, feront de plus en plus appel à l’ESP. Le bloc devra alors augmenter sa capacité hydraulique afin d’intervenir plus souvent. La pompe passera ainsi de 2 à 6 pistons, ce qui réduira les vibrations à la pédale de frein et le bruit des régulations. Ces modifications augmenteront poids et encombrement du bloc hydraulique.

ESP[®] premium



ESP 8.0 Premium Bosch

Chez l'équipementier Bosch, l'ESP 5.0 est prévu pour un temps de fonctionnement de 50 heures. Il est vrai qu'il ne fonctionne en moyenne que quelques minutes par an pour une utilisation courante de la voiture. Par sécurité, le programme électronique préfère bloquer ensuite le bloc hydraulique (freinage sans ESP) plutôt que de craindre un mauvais fonctionnement dû à l'usure des électrovannes. Les futurs systèmes à capacité hydraulique augmentée auront une durée de vie de 150 heures.

Le boîtier électronique est aussi intégré au bloc hydraulique, améliorant ainsi la fiabilité (réduction des connexions et facilité de montage) et réduisant le coût du produit. Environ 30% du soft sont dédiés aux prestations de l'ESP, les 70% restants aux contrôles de sécurité.



Fonction annexe : les programmes "confort" et "sport"

Les constructeurs ont aujourd'hui la possibilité de choisir un comportement " confort " ou " sport " de leur ESP.

Avec un programme " confort ", la priorité est mise sur la sécurité. L'ESP ne permettra aucun dérapage des roues au point que le conducteur ne s'apercevra de l'intervention du système que dans très peu de cas. Ce programme est plutôt choisi pour des grosses berlines. Il faut ajouter que les suspensions des grosses berlines étant souvent réglées souple, il est préférable que l'ESP évite tout excès de vitesse avant que les mouvements de la caisse ne viennent perturber la tenue de route. Le conducteur perd, par contre, la sensation de maîtrise de son véhicule puisque l'ESP intervient avant lui.

Si le programme " sport " est choisi, le conducteur aura la possibilité d'apporter des corrections de trajectoires avant que l'ESP n'intervienne. C'est un programme sélectionné pour les véhicules à tendance sportive où le plaisir de conduite est un critère d'achat. Par contre, l'ESP intervient de façon plus brutale. Cela est dû au fait que le véhicule a déjà commencé sa dérive et des forces de freinage plus élevées sont nécessaires pour le remettre en ligne.

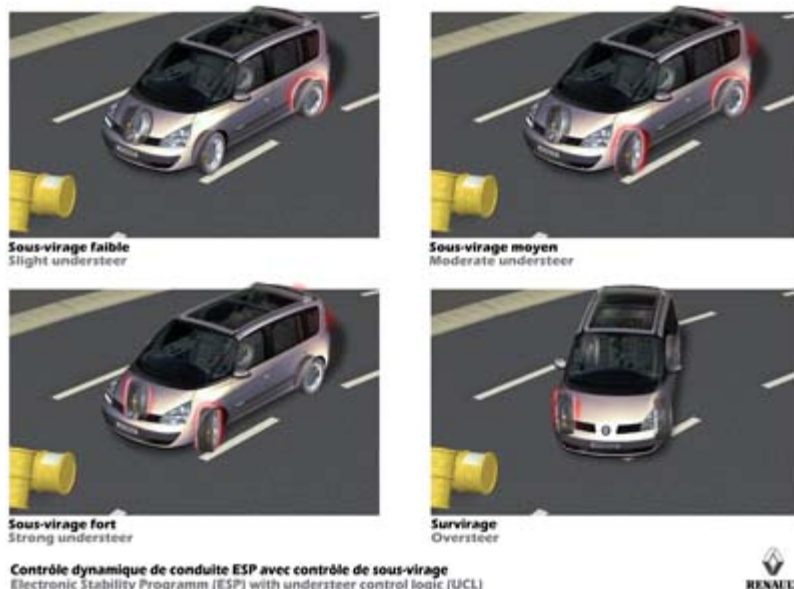


Des variantes à ces programmes existent. Il est possible d'interdire tout survirage à un véhicule à traction avant et de lui autoriser un léger sous-virage. De même, un véhicule sportif à propulsion pourra s'autoriser de larges dérapages du train arrière mais s'interdire les sous-virages.

Les véhicules qui offrent des performances élevées ont souvent la possibilité de déconnecter l'ESP. Dans ce cas, il est soit déconnecté totalement, soit partiellement en gardant des fonctions telles que l'antipatinage ou l'ABS.

Par exemple, les BMW Série 1 et 3 peuvent déconnecter l'ESP partiellement, une légère dérive du train arrière est possible, ou totalement. Pour cela, le bouton doit être maintenu appuyé plusieurs secondes.

De l'aveu de Bosch, il existe un cas où il est préférable de débrancher l'ESP : lors d'un démarrage sur du sable épais, du gravier ou de la neige tassée. La coupure de l'ESP entraîne de facto la désactivation du système antipatinage à l'accélération, ce qui évite aux roues de s'enliser.



Quelques modèles Renault disposent de plusieurs stratégies d'intervention suivant le niveau de sous-virage

Autre particularité, l'ESP de TRW, qui équipe la Peugeot 407 par exemple, a deux seuils de déclenchement. Le premier intervient dès les premiers symptômes de perte d'adhérence, mais de façon douce et progressive si bien qu'il est possible que le conducteur ne s'en aperçoive pas, priorité au confort de conduite donc. Si cette action n'a pas été suffisante, une deuxième intervention de l'ESP actionne plus brutalement les freins afin de corriger la trajectoire plus efficacement, priorité à la sécurité.

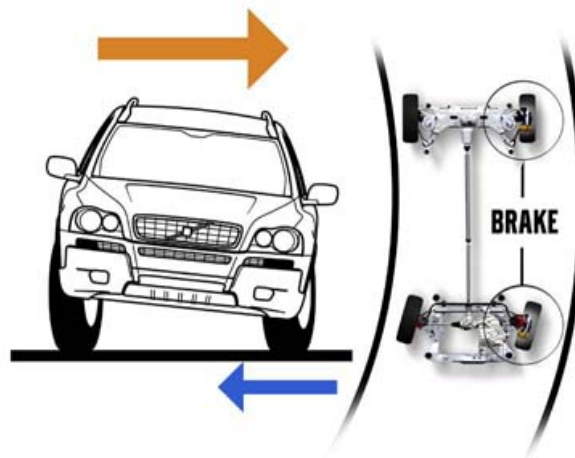
Fonction annexe : le contrôle de roulis de la remorque



Essai Volkswagen de contrôle de roulis de la remorque L'ensemble remorque/véhicule, fixé par l'attelage, forme un élément pendulaire parfois difficile à maîtriser à basse vitesse et qui peut aller jusqu'au retournement de la remorque (voire du véhicule). Quelques systèmes ESP intègrent un programme de contrôle de roulis de la remorque (TSC - Trailer Stability Control) sensible à sa prise de roulis. Si le cas est détecté, le système freine les 4 roues sans intervention du conducteur et jusqu'à un retour de la stabilité. La décélération est de 3 à 5 m/s². Le couple moteur est aussi réduit.

Le système reconnaît qu'une remorque est attelée par le branchement de la prise électrique d'alimentation des feux. Il intervient à partir d'une vitesse d'environ 65 km/h, même si l'ESP a été déconnecté par le conducteur. La BMW X5 a été la première voiture équipée d'un contrôle de roulis de la remorque.

Fonction annexe : le programme anti-tonneau



Contrôle anti-tonneau sur Volvo XC90



Capteur de tonneau Bosch

Certains modèles 4x4 et SUV sont dotés d'un programme électronique limitant le risque de tonneau. Ce système a recours à un capteur gyroscopique qui contrôle la vitesse et l'angle du roulis du véhicule.

Si l'angle calculé est à ce point important qu'il y a risque évident d'un tonneau, la fonction est activée. Il réduit la puissance du moteur et freine une ou plusieurs roues selon les besoins jusqu'à ce que la voiture sous-vire et que la stabilité soit rétablie.

Fonction annexe : la direction incitative

La direction incitative permet un positionnement adapté des roues directrices afin d'améliorer la stabilité du châssis en situation difficile en incitant le conducteur à positionner le volant dans un angle calculé. Il faut savoir qu'un conducteur détecte une situation de dérapage en 200 à 300 millisecondes, l'ESP en seulement 20 ms.

Lors d'un freinage appuyé sur un sol à adhérence différenciée entre les côtés droit et gauche, l'ABS corrige les pressions pour éviter le blocage des roues, mais la voiture tend alors à s'orienter vers le côté le plus adhérent. Le bon conducteur doit alors donner plusieurs légers coups de volant pour maintenir le véhicule en ligne. Les ingénieurs de développement se sont alors demandés pourquoi laisser le conducteur chercher le bon angle de braquage alors qu'il est connu par l'ESP. Le système semble simple. En connectant l'ESP à la direction à assistance électrique EPS (elle avait déjà l'information de la vitesse), il suffit de générer un léger couple de rotation au volant pour inciter le conducteur à lui donner immédiatement la position idéale.



La direction incitative sur Mercedes Classe A

Cette correction immédiate permet ainsi de mieux exploiter les capacités du châssis et de raccourcir la distance de freinage. Le système, appelé direction incitative, fonctionne dans plusieurs autres situations telles que le dérapage en virage ou le slalom d'évitement. Il réduit aussi le nombre d'interventions de l'ESP. Ce principe est déjà commercialisé sur les BMW Série 5 et Lexus GS, mais grâce à la direction active (légère rotation des roues directrices sans que le volant ne tourne).

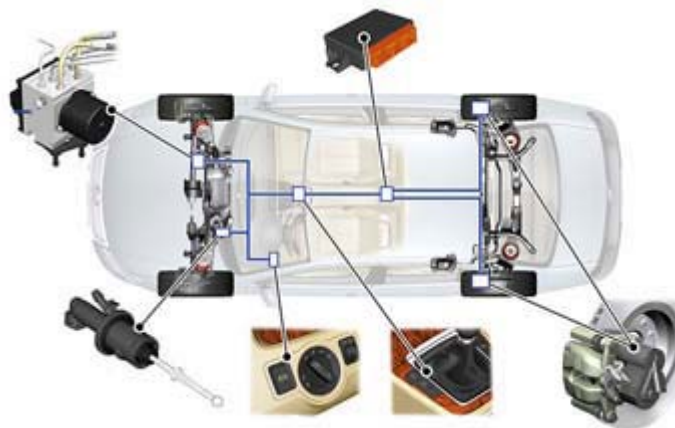
Le système agit aussi dans un deuxième cas de figure : le survirage. Un essai sur piste enneigée nous a littéralement bluffé. La voiture à 100 km/h en appui sur un large cercle, fonction débranchée, il faut se battre avec le volant pour ne pas partir en survirage exagéré. La fonction branchée, une légère force dans la colonne de direction nous invite à placer le volant dans le bon angle. La vitesse de roulage n'est pas plus élevée, mais la voiture est plus stable et demande moins de concentration au conducteur. Bien sûr, les ESP actuels peuvent déjà limiter le survirage, mais au prix d'un plus grand nombre d'interventions des freins, voire de la puissance du moteur. Résultat, la vitesse de passage en courbe est inférieure.

Une grande inconnue subsiste. Comment le système peut-il à la fois proposer une position adéquate du volant et connaître la trajectoire souhaitée par le conducteur par cette même information du volant ?

L'essai que nous avons pu réaliser en Suède chez TRW (système STC, pour Steering Torque Control) nous avait convaincus de l'efficacité de cette fonction. Mais la première commercialisation est à mettre au crédit du leader Bosch, sur les Mercedes Classes A et B.

Autres fonctions annexes

- Contrôle de la pression des pneumatiques : Le calculateur intègre un contrôle de la vitesse de rotation de chaque roue pour estimer une fuite d'air éventuelle d'un pneumatique.
- L'aide au démarrage en côte. L'ESP bloque les freins quelques secondes lors d'un démarrage en côte, évitant ainsi le recul du véhicule lorsque le pied droit passe de la pédale de frein à celle de l'accélérateur. La pression est ensuite automatiquement relâchée lorsqu'il y a suffisamment de couple moteur au niveau des roues.



Système Autohold de la VW Passat

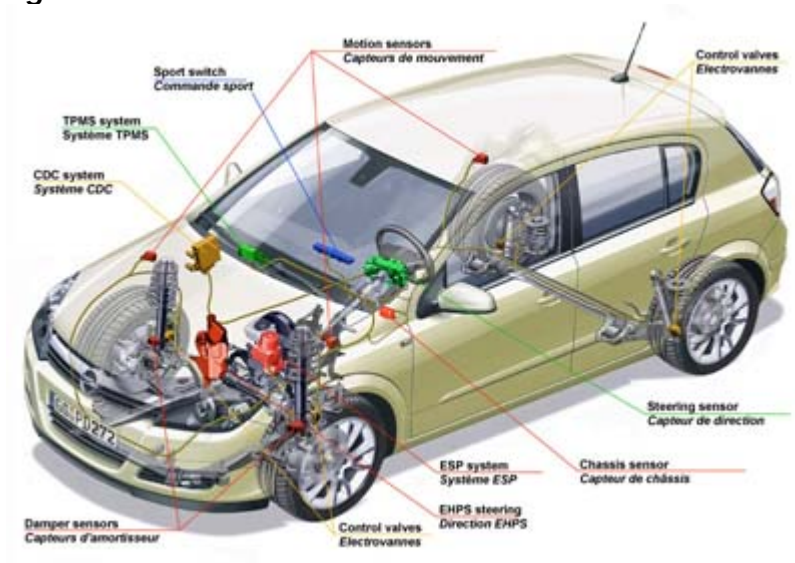
- Contrôle de la descente (4x4). Limitation de la vitesse et maintien du véhicule en ligne.
- Séchage des disques de frein. Les plaquettes de frein viennent momentanément « lécher » le disque en cas de pluie. L'information est donnée par le capteur de pluie monté derrière le pare-brise.
- Compensation de fading. L'ESP augmente la pression de freinage si la décélération maximale du véhicule n'est pas atteinte en raison de disques de frein trop chauds.
- Prise en compte de la variation du poids et du centre de gravité du véhicule (pour véhicule utilitaire léger).



Prise en compte de la variation du poids et du centre de gravité du véhicule

- Détection de route dégradée.
- Pré-remplissage du circuit de freinage. Il permet une entrée en fonction plus rapide des freins en cas de danger estimé.
- Assistance à la conduite en circulation dense. Freinage automatique d'environ 5 m/s² à faible vitesse lors d'une levée rapide de l'accélérateur.

Vers la gestion globale du châssis



Système IDS

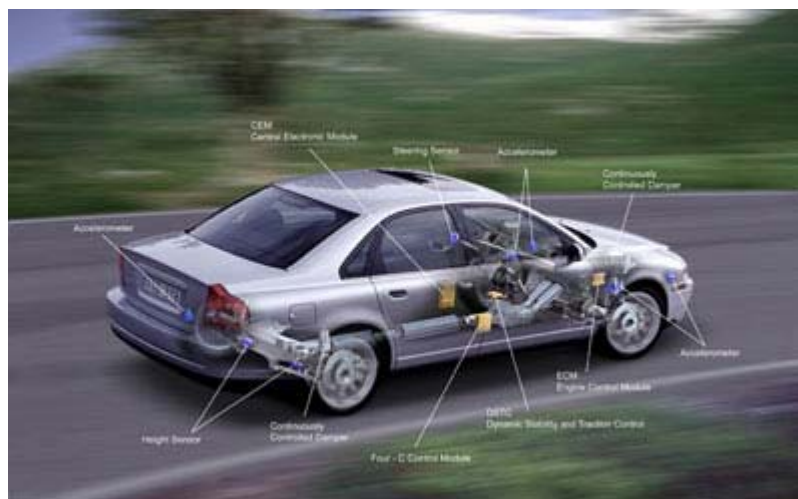


Commande "Sport"
Opel IDS+

Dans l'univers automobile, il y a déjà des exemples de gestion globale du châssis, comme le Porsche Cayenne cumulant les systèmes PTM et PASM, les Volvo S60 et S80 C-Four ou les Opel Astra, Vectra et Zafira avec le système IDS+.

Ce dernier fait ainsi dialoguer de concert l'ESP, la suspension pilotée, l'assistance de direction et le passage des rapports de boîte de vitesses. Ainsi, lors des virages abordés à grande vitesse, l'ESP contrôle la trajectoire en deux phases : d'abord, lorsque la voiture approche des limites de déclenchement de l'ESP, la suspension pilotée adapte l'amortissement de chaque roue. Puis, si nécessaire, le système de contrôle de stabilité freine une ou plusieurs des roues. L'intervention de l'ESP est donc retardée.

La gestion globale IDS+ est encore plus évidente en position Sport. Lorsque le conducteur appuie sur la touche SportSwitch du tableau de bord, le mode sport change les lois d'amortissement, la réponse de l'accélérateur et les lois de la direction électro-hydraulique. Si la voiture est équipée d'une boîte automatique ou manuelle robotisée Easytronic, les rapports sont passés à des régimes plus élevés pour une conduite plus sportive.



Volvo S80 Four-C

Annexe : Mise au point de l'ESP (+ vidéos)



Circuit de développement Bosch à Boxberg, Allemagne

Lors de l'adaptation d'un ESP à une plate forme, 20 à 40 programmes différents peuvent être écrits. Une plate forme peut en effet avoir plusieurs modèles (ex : Renault Modus, Renault Clio 3 et Nissan Micra 2), chaque modèle ayant plusieurs moteurs et transmissions. Le typage (confort à sport, stratégie d'intervention,...) augmente aussi le nombre de programmes.

Environ 160 paramètres sont pris en compte par l'ESP. La mise au point d'un châssis demande 6 à 10 mois de travail. Les constructeurs et équipementiers utilisent des circuits spécifiques où ils peuvent reproduire toutes les situations de la vie de la voiture : courbes à différents rayons, tests d'évitement à plusieurs vitesses, freinages à plusieurs adhérences et différenciés droite/gauche,...

Les tests les plus spectaculaires sont ceux réalisés sur la neige. En Europe, la majorité de ces tests sont effectués au nord de la Scandinavie, à environ 100 km du cercle polaire. Les circuits sont tracés chaque hiver sur les lacs gelés, épaisseur de glace supérieure à 120 cm. Ces moments de neige sont exploités au maximum, car seuls les mois de novembre à avril sont enneigés. Le circuit n'étant sous la lumière du jour que de 10 à 16 heures, les ingénieurs travaillent jour et nuit pendant tout l'hiver, avec des retours à la maison espacés de 3 semaines...



Le circuit d'Arjeplog de Bosch, en Laponie. 550 hectares, dont 120 sur lacs gelés. 400 employés, 150 véhicules testés et 500 000 km de roulage chaque hiver.

Auteur : Yvonnick Gazeau

Sources : Bosch, TRW, Continental, Mercedes, Volvo, Renault.

Voir aussi dans notre librairie :

Des informations plus techniques
dans le cahier technique Bosch
CONTROLE DYNAMIQUE DE STABILITE ESP