

La mécatronique m



La Citroën C5 incarne un tournant technologique pour la marque au double chevron : le recours à l'électro-hydraulique à travers sa suspension Hydractive 3.

POUR FAIRE SUITE À NOTRE SÉRIE D'ARTICLES CONCERNANT LES TRAINS ROULANTS, LES ARTICULATIONS ÉLASTIQUES ET LA SUSPENSION HORIZONTALE NOUS ALLONS ABORDER LES SUSPENSIONS DITES PILOTÉES. EN PREMIER LIEU NOUS DÉCRIVONS LA SUSPENSION HYDRACTIVE «3» DE CITROËN.

La suspension hydractive est une suspension pilotée qui comprend une correction automatique de l'assiette et deux états de fonctionnement, chacun d'entre eux étant caractérisé par une valeur spécifique de la flexibilité du ressort et du niveau d'amortissement. La commutation entre ces deux états s'opère de façon automatique par le biais d'un calculateur électronique qui détermine l'état dans lequel doit se trouver la suspension en analysant différents paramètres liés à la dynamique du véhicule. La suspension hydractive 3 apparue sur la Citroën C5 est l'évolution logique mais profonde du système hydractive dont la première a été inaugurée avec la XM en 1989 puis en version hydractive 2 sur Xantia puis XM.

Architecture physique

Dispositif de changement d'état

Pour ce qui concerne les changements d'état de suspension, l'architecture retenue par Citroën est identique dans ses grandes lignes à celle du dispositif introduit lors du lancement de la

XM en 1989. Fondamentalement, le système de l'Hydractive 3 se compose d'une suspension hydropneumatique traditionnelle à laquelle ont été adjointes deux sphères supplémentaires (une par essieu). Ces sphères, qui sont donc au nombre de 6, jouent le rôle de ressorts pneumatiques. Elles sont constituées d'une enveloppe métallique qui renferme une membrane permettant de maintenir sous pression un certain volume de gaz (de l'azote) au sein de l'enveloppe. Par ailleurs cette sphère possède à sa base un orifice qui est en liaison avec les organes hydrauliques de suspension (cylindre de roue, circuit hydraulique de répartition). Enfin, chaque sphère hydraulique supplémentaire, peut être mise en communication, ou au contraire être isolée des deux autres sphères situées sur le même essieu par le biais d'un commutateur électro-hydraulique qui est commandé par le calculateur de suspension.

Dispositif de régulation d'assiette

Le fait de transmettre les déplacements de la roue par un fluide plutôt

que par un dispositif métallique donne une opportunité remarquable de réaliser une correction d'assiette à faible coût. Il suffit en effet d'ajuster la quantité de liquide de telle sorte à ce que l'assiette du véhicule soit constante. Le dispositif de régulation d'assiette fait partie intégrante du système hydractive 3. Il fonctionne par ajustement permanent de la quantité de liquide hydraulique contenue dans les cylindres de suspension. On y trouve donc logiquement : Un réservoir de liquide hydraulique synthétique ; une pompe électro-hydraulique ; un ensemble de quatre électrovannes binaire ; un calculateur électronique ; deux capteurs électroniques de position (un par essieu) ; un bouton de commande situé dans l'habitacle ; un réseau hydraulique et un réseau électrique.

Afin d'optimiser les coûts et de minimiser l'encombrement, les quatre premiers éléments sont intégrés au sein d'un même bloc, très compact, qui porte le nom de B.H.I. (Bloc Hydro-électronique Intégré) Ce bloc constitue l'une des innovations

Maîtrisée par Citroën

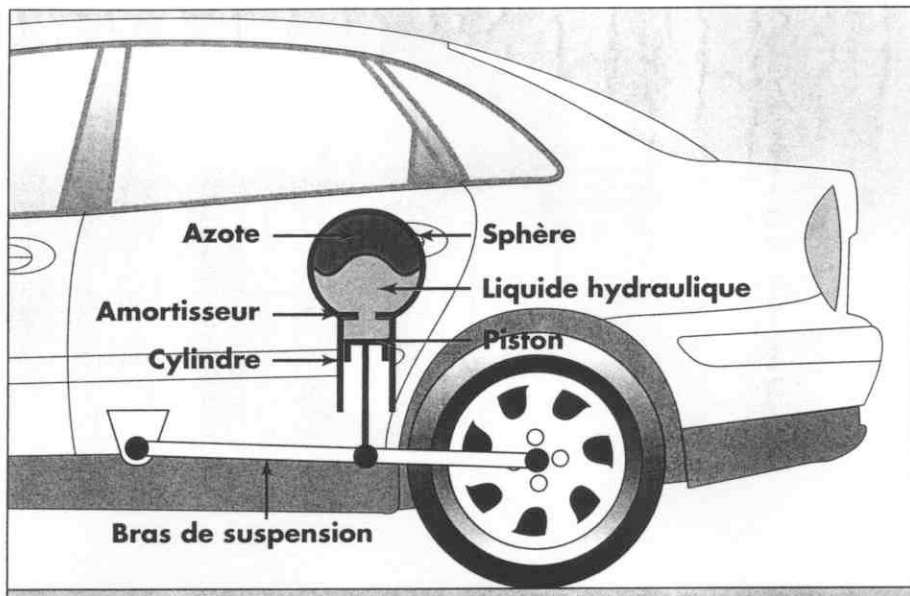
majeures de l'hydractive 3.

Principes de fonctionnement

Avant d'examiner dans le détail le fonctionnement de cette suspension hydractive 3, revenons quelques instants sur les principes élémentaires régissant la suspension hydropneumatique "de base" par quelques rappels sur la suspension hydropneumatique.

La gestion de la flexibilité à la roue

Lors d'un débattement de la roue le piston se déplace dans le cylindre occasionnant ainsi une variation de volume de la chambre intérieure du cylindre. Si la suspension est comprimée (passage de la roue sur un obstacle en relief) le volume diminue, et, réciproquement, il augmente si la suspension se détend. Dans les deux cas il s'en suit une mise en mouvement du fluide dans le réseau hydraulique de suspension. Considérons le cas où il y a compression de la suspension. Un volume V de liquide est expulsé du cylindre, V correspondant au volume balayé par le piston lors du débattement. Or le cylindre est hydrauliquement relié à la sphère de suspension. Celle-ci se remplit donc du même volume de liquide V . L'enveloppe métallique de la sphère étant indéformable, l'augmentation de volume du liquide (d'une valeur V) a pour conséquence une diminution équivalente du volume de gaz. Cette diminution du volume de gaz entraîne une augmentation de sa pression interne, qui, à son tour, conduit à un effort qui tend à s'opposer à cette arrivée de fluide. L'augmentation de pression du



Principe de base de la suspension hydropneumatique : l'azote assure la fonction ressort.

gaz se traduit donc par une force de rappel (transmise par le fluide) au niveau du piston, à l'instar de ce qui se passerait si la roue avait été reliée au châssis par un ressort métallique. Ce qui caractérise la suspension hydropneumatique par rapport à une suspension métallique, c'est la loi du ressort. Pour un ressort métallique cette loi ne dépend que de la valeur du débattement, alors que dans le cas d'un ressort pneumatique cette loi dépend également de la valeur de la masse supportée. Ainsi, un ressort pneumatique a "naturellement" tendance à se durcir lorsque la charge augmente. C'est un réel avantage du ressort pneumatique dans la mise au point des véhicules car ceux-ci doivent présenter un comportement optimal aussi bien lors d'un roulage à vide que lors d'un roulage en pleine charge.

L'amortissement

Dans la suspension hydropneumatique l'amortissement repose sur un principe strictement comparable à celui d'une suspension traditionnelle à base de combinés ressort/amortisseur. En effet, comme dans cette dernière, tout débattement se traduit par la mise en mouvement d'une quantité de fluide par l'intermédiaire des déplacements d'un piston. La seule différence est en fait dans la position de l'amortisseur. Dans une suspension classique l'amortisseur est généralement situé au niveau du piston alors que dans une suspension hydropneumatique il est situé dans la partie inférieure de la sphère. Ce point mis à part, il fonctionne suivant le même principe, à savoir la création d'une force d'amortissement par laminage du liquide au travers d'un système de clapetierie ou de rondelles élastiques.

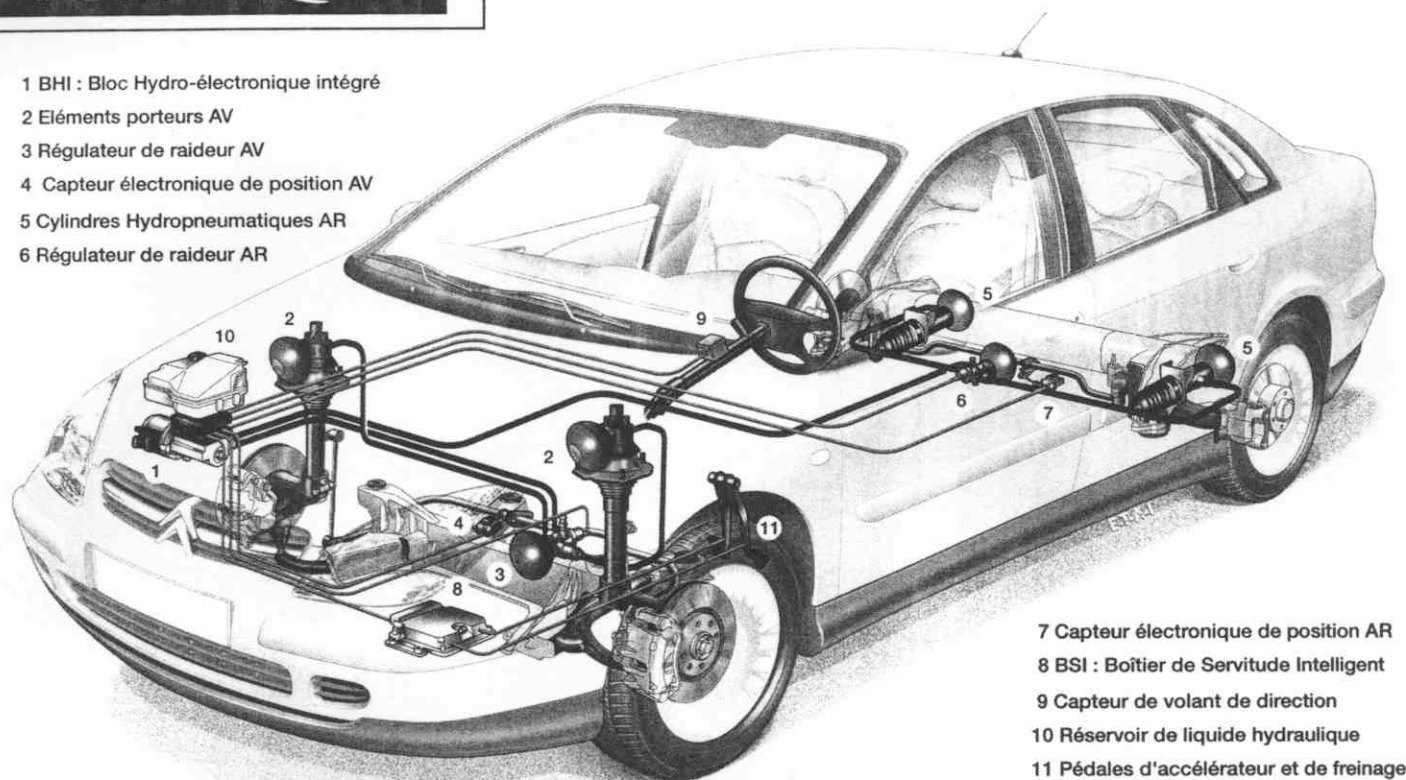


La Citroën XM en 1989 a inauguré avec la suspension Hydractive la première suspension pilotée de la marque. C'était la "route maîtrisée".



La Citroën Xantia a été équipée de la deuxième génération d'Hydractive. Avec l'Activa elle fut même la première voiture à disposer en série d'un contrôle de roulis actif.

- 1 BHI : Bloc Hydro-électronique intégré
- 2 Eléments porteurs AV
- 3 Régulateur de raideur AV
- 4 Capteur électronique de position AV
- 5 Cylindres Hydropneumatiques AR
- 6 Régulateur de raideur AR



L'architecture de la suspension hydractive 3 reprend les principes de l'hydractive de la XM, mais y ajoute une gestion électro-hydraulique de l'assiette.

- 7 Capteur électronique de position AR
- 8 BSI : Boîtier de Servitude Intelligent
- 9 Capteur de volant de direction
- 10 Réservoir de liquide hydraulique
- 11 Pédales d'accélérateur et de freinage

— Electronique — Hydraulique

L'obtention des différents états de suspension

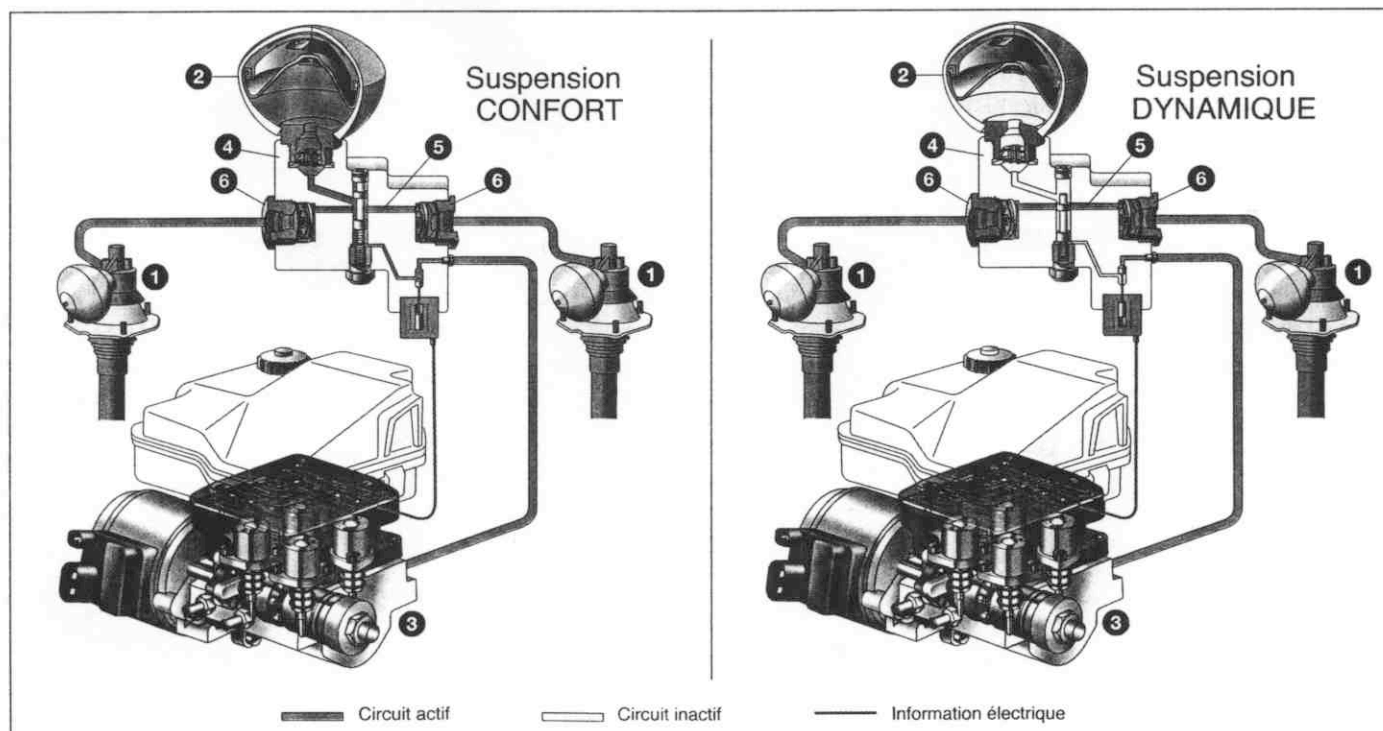
La flexibilité de la suspension hydropneumatique dépend de l'état (pression et volume) du gaz sollicité par le liquide. Pour obtenir différents niveaux de flexibilité il faudrait pouvoir modifier cet état. Ceci peut être facilement réalisé à partir de deux sphères et d'un "aiguillage hydraulique" qui oriente le liquide soit vers l'une soit vers l'autre. On peut alors mettre à profit un réglage

différent de chacune des sphères (au travers de sa pression initiale de gonflage), pour obtenir deux réglages différents de la suspension. Par exemple on peut utiliser une sphère (A) avec une forte pression de gonflage pour obtenir une grande flexibilité, et une sphère (B) avec une faible pression de gonflage pour obtenir une faible flexibilité. Quand "l'aiguillage" oriente le liquide venant du cylindre de suspension vers la sphère (A), la suspension est en état

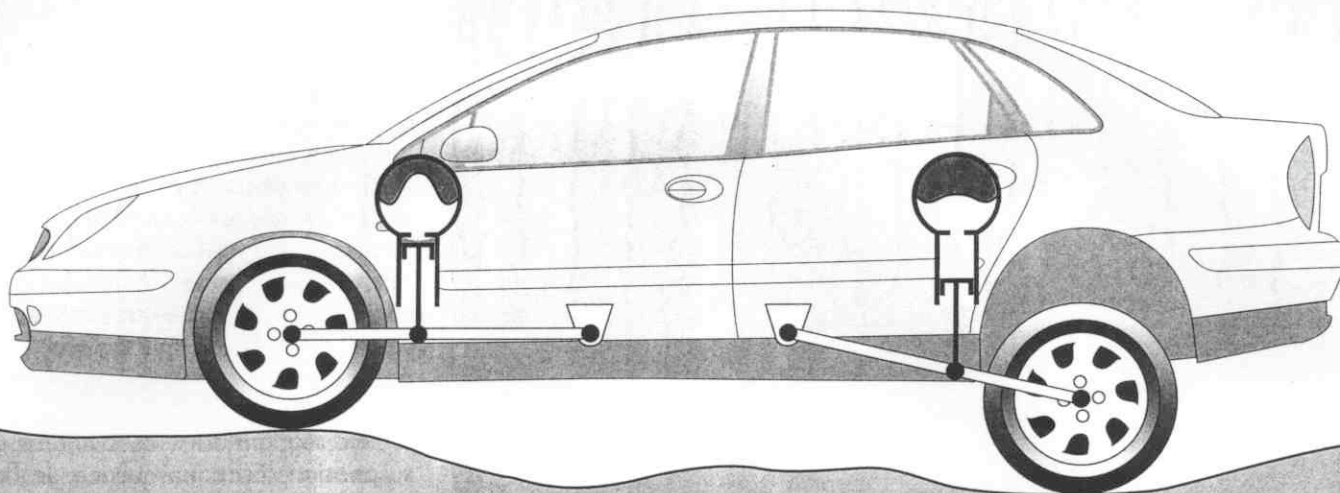
souple ; quand l'aiguillage oriente ce liquide vers la sphère (B) on est, à l'inverse, en état ferme.

Fonctionnement du changement d'état sur l'hydractive 3

Le dispositif ci-dessus a l'inconvénient de nécessiter donc l'ajout d'une sphère par roue ce qui est pénalisant en terme d'encombrement, de masse et de prix. Citroën a, de fait, adopté



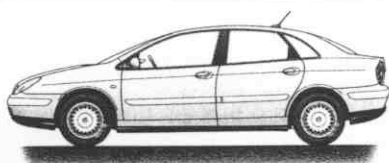
La suspension Hydractive 3 de la Citroën C5 dispose de 2 états de suspension : confort et dynamique. 1 - Eléments porteurs + sphères principales. 2 - Régulateur + sphère additionnelle. 3 - BHI : Bloc Hydro-électronique intégré. 4 - Raccord. 5 - Canalisations d'intercommunication. 6 - Amortisseur.



Lors du passage sur un obstacle le liquide transmet le déplacement à la membrane, ce qui conduit à une compression du gaz.

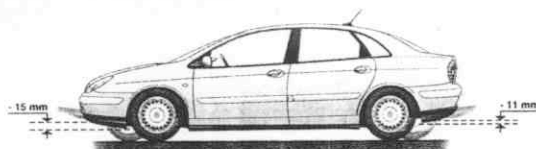
Grâce à la gestion électro-hydraulique de l'assiette, C5 permet un ajustement de l'assiette du véhicule en fonction de la vitesse.

HAUTEUR DE REFERENCE



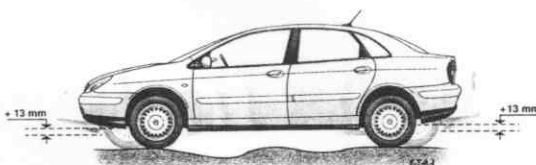
POSITION "AUTOROUTE"

activation au dessus de 110 Km/h
désactivation en dessous de 90 Km/h



CHAUSSÉE DEFORMÉE

activation en dessous de 70 Km/h



une variante. La suspension hydraactive a en effet la particularité de n'utiliser que trois sphères par essieu (et non quatre), car elle utilise une seule et même sphère additionnelle, à la fois pour la roue gauche et pour la roue droite. L'aiguillage fonctionne alors de la façon suivante : lorsqu'il est ouvert la sphère additionnelle est en communication avec les deux cylindres de roue (côté gauche et côté droit). Tout se passe donc comme si chaque roue bénéficiait de la sphère qui est directement rattachée au cylindre de suspension et de la "moitié" de la sphère additionnelle. Dans cette configuration la suspension est en état souple. C'est la position confort de l'hydraactive 3. Lorsque l'aiguillage est fermé, chaque cylindre de suspension est relié individuellement, et exclusivement, à la sphère relative au "côté" concerné. Par rapport à la configuration précédente la masse de gaz sollicitée par la suspension est moindre car le gaz pré-

sente dans la sphère additionnelle n'est plus sollicité lors des débattements des roues : la suspension est donc en état ferme. C'est la position dynamique de l'hydraactive 3.

Il est intéressant d'examiner les caractéristiques obtenues grâce à ce dispositif. En prenant comme référence la version 2.0 i 16V de la C5, on constate que sur l'essieu avant, l'état "confort" conduit à une flexibilité à la roue (données pour le véhicule en état de marche) de 138 % (en terme de suspension % représente l'écrasement de celle-ci, mesuré en mm pour une charge de 100 kg), alors que l'état "dynamique" correspond à une valeur de 81 %. Sur l'essieu arrière ces valeurs sont respectivement de 262% pour l'état "confort" et de 140% pour l'état "dynamique". La rigidité en état dynamique est donc d'environ 1,8 fois plus importante qu'en état "confort".

Au niveau de l'amortissement il faut noter que le fait de partager une même

sphère pour les deux côtés impose de disposer de deux amortisseurs de part et d'autre du raccord en Y qui relie les cylindres de roue à cette sphère additionnelle. En fait ceci provient de la nécessité d'amortir les mouvements en roulis. Prenons l'exemple d'un virage sur la droite. Le véhicule s'incline sur la gauche. Supposons les conditions réunies pour obtenir un roulis pur (débattements côté gauche et droit de même amplitude mais de sens contraire). Le liquide expulsé du cylindre gauche passe par la canalisation d'intercommunication et vient compenser le volume dégagé par le mouvement de détente du piston côté droit. Ni les sphères de roue, ni la sphère additionnelle n'entrent en action. Le seul moyen d'amortir correctement le mouvement de roulis réside donc dans la présence des deux amortisseurs correspondant à la sphère additionnelle. Bien sûr ces amortisseurs auront également leur influence au niveau du taux d'amortissement des mouvements de pompage (c'est-à-dire les mouvements d'amplitude et de sens identique côté gauche et côté droit), mais, pour cette fonction, ils auraient pu être remplacés par un seul amortisseur situé à la base de la sphère additionnelle. C'est donc bien l'amortissement des mouvements en roulis qui conduit à disposer deux amortisseurs au niveau du réseau hydraulique d'intercommunication droite/gauche.

Fonctionnement de la correction d'assiette sur hydraactive 3

Le B.H.I. (Bloc Hydro-électronique Intégré) comprend trois types d'organes que sont les organes de géné-



Lorsque le véhicule négocie un virage, les mouvements de caisse peuvent être réduits grâce à des "capteurs anticipatifs" comme par exemple ceux d'angle volant et de vitesse volant.

ration de pression, les organes de distribution des flux hydrauliques et les organes de commande.

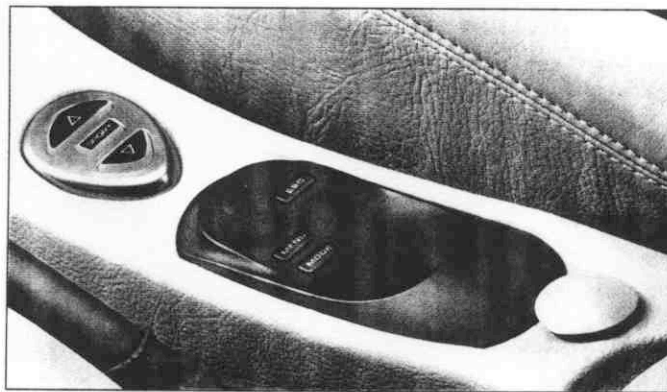
Les organes de génération de pression

Le réservoir placé en partie supérieure du bloc alimente une pompe hydraulique à cinq pistons qui autorise une pression de fonctionnement pouvant atteindre jusqu'à 140 bars, et qui fournit un débit de 0,7 l/mn. La pompe est entraînée par un moteur électrique qui n'est actionné qu'en cas de besoin, ce qui permet notamment de réduire la consommation énergétique. En outre, on évite ainsi un laminage permanent de l'huile dans le circuit qui aurait été cause d'échauffement et de dégradation prématurée de sa qualité. En fonctionnement, la vitesse nominale de rotation du moteur est de 2.300 tr/mn. En bout de pompe un accumulateur hydropneumatique écrête les pulsations de pression et minimise le bruit de fonctionnement.

Les organes de distribution des flux hydrauliques

Les cylindres de suspension d'un même essieu sont alimentés par un circuit hydraulique qui leur est spécifique. Il existe donc un circuit pour l'essieu avant et un circuit pour l'essieu arrière. Chacun de ces deux circuits est relié à un ensemble de deux électrovannes qui sont implantées dans le

B.H.I. Pour chacun d'eux y a une électrovanne d'admission qui met en communication le circuit de distribution avec le flux sous pression en provenance de la pompe, et un circuit d'échappement, qui relie le circuit avec le réservoir de liquide hydraulique. Les électrovannes d'admission sont munies d'un clapet anti-retour afin d'éviter une éventuelle inversion des flux sous l'effet de la pression régnant dans les cylindres de suspension. Concrètement les électrovannes fonctionnent comme des "interrupteurs" binaires : elles sont



Le conducteur dispose d'une commande permettant d'agir sur l'assiette et sur l'automatisme de commutation entre les états de suspension.

soit ouvertes (libre passage des flux hydrauliques), soit fermées (pas de passage possible entre l'amont et l'aval et réciproquement). Le temps de commutation entre ces deux états est de l'ordre de 17 ms. Lorsque l'assiette du véhicule est conforme à celle souhaitée, toutes les électrovannes sont fermées. Lorsque l'assiette du véhicule est trop haute sur un essieu, l'électrovanne d'échappement reliée à l'essieu correspondant s'ouvre. Le liquide contenu

dans les deux cylindres de suspension de cet essieu est chassé en direction du réservoir sous l'effet de la pression régnant dans les sphères de suspension. Ceci entraîne un abaissement de l'assiette du véhicule. Dès que l'assiette souhaitée est atteinte l'électrovanne est refermée. A l'inverse, si l'assiette du véhicule est trop basse, c'est l'électrovanne d'admission qui s'ouvre. Le liquide en provenance de la pompe est soumis à une pression qui est supérieure à celle régnant dans les cylindres de suspension. En conséquence, le flux s'établit dans le sens pompe vers cylindres de suspension. Ces derniers se remplissent donc progressivement de liquide, ce qui entraîne un accroissement de l'assiette du véhicule. Dès que l'assiette souhaitée est atteinte l'électrovanne est refermée.

Les organes de commande

Il s'agit essentiellement du calculateur électronique. Ce calculateur assure non seulement la régulation d'assiette mais également la sélection des deux états de suspension de l'hydractive 3. Il dispose d'un étage d'entrée pour le traitement des informations, d'un étage de calcul et de stockage de données et d'un étage de sortie pour la commande des actionneurs. Le très fort niveau d'intégration du B.H.I. a permis

de faire en sorte que les bobinages de commande des électrovannes de régulation d'assiette soient directement reliés par soudure à la carte électronique du calculateur. Cette opération, de haute technicité, supprime les liaisons par fils électriques. Cette technologie est inspirée de celle utilisée au niveau des blocs électro-hydraulique de régulation des pressions de freinage (ABS, ASR, ESP) les plus modernes. Pour ce qui

concerne la régulation d'assiette, le calculateur exploite les informations en provenance des capteurs de hauteur (un par essieu), de la vitesse du véhicule (obtenue via le Boîtier de Servitude Intelligent B.S.I.), et de la commande manuelle à impulsion située dans l'habitacle. Les capteurs de hauteur sont disposés sur les barres anti-dévers. Lorsqu'il y a une modification d'assiette la barre anti-dévers tourne sur ses paliers : c'est ce mouvement de rotation qui est en-

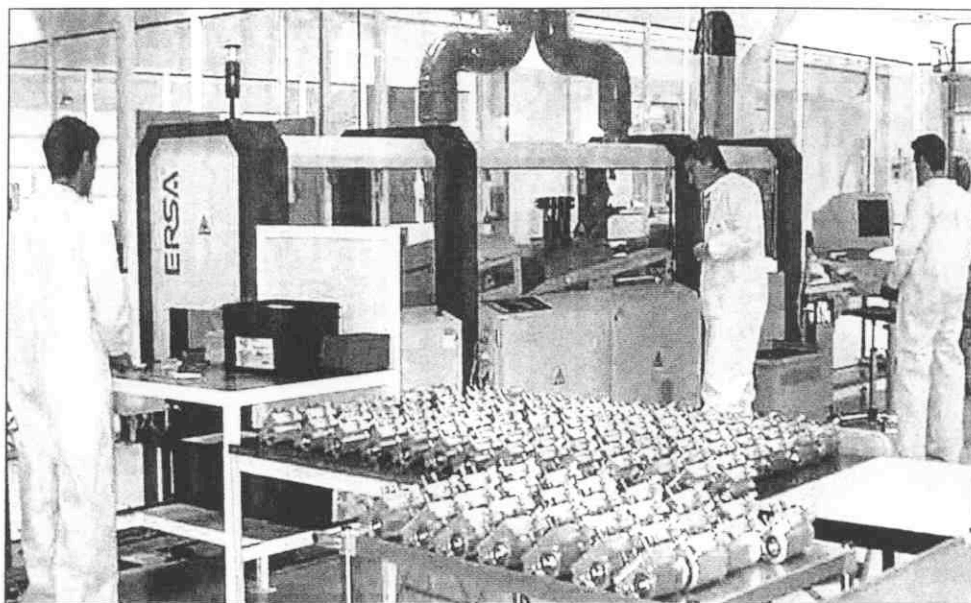
registré au niveau des capteurs. Son sens détermine la nature de la correction à effectuer (apport ou extraction de fluide dans les cylindres). La commande à impulsion située dans l'habitacle permet au conducteur de choisir entre quatre assiettes prédéterminées. Une position " haute " qui est essentiellement destinée au changement de roue; une position " piste " qui facilite le franchissement d'obstacles à très faible vitesse, et qui peut également être avantageusement utilisée lors de la progression sur des sols fortement enneigés ou pour passer des rampes de garage à très forte pente (Dans cette position la garde au sol est augmentée de 40 mm par rapport à celle correspondant à l'assiette de référence); une position de " référence " qui est celle utilisée pour le roulage sur les routes usuelles et enfin une position " basse " qui a pour avantage de réduire la hauteur du seuil de chargement au niveau du coffre. Cette position peut également faciliter les opérations d'attelage des caravanes ou des remorques.

Les stratégies de pilotage

La stratégie des changements d'état

Les changements d'état de la suspension entre la position " confort " et la position " dynamique " sont pilotés par deux types d'information. D'une part, les informations qui renseignent sur la situation du système à l'instant précis où se fait l'enregistrement des données (on parle de paramètres d'observation ou de bouclage) et, d'autre part, des données qui vont permettre de prévoir, à l'avance, la nécessité d'opérer un changement d'état de la suspension (paramètres d'anticipation). Les seuils relatifs à ces informations, c'est-à-dire les valeurs pour lesquelles le changement d'état est déclenché, sont évolutifs. Ils dépendent du choix du conducteur au travers de la position du contacteur sport situé sur la console centrale, mais aussi du type de conduite adoptée (logique autoadaptative). Mais avant de décrire le principe de l'ajustement automatique des seuils de commutation entre les deux états, nous allons faire quelques commentaires sur la nature des informations traitées par les différents capteurs.

En préambule rappelons que le fait de pouvoir anticiper la nécessité d'un

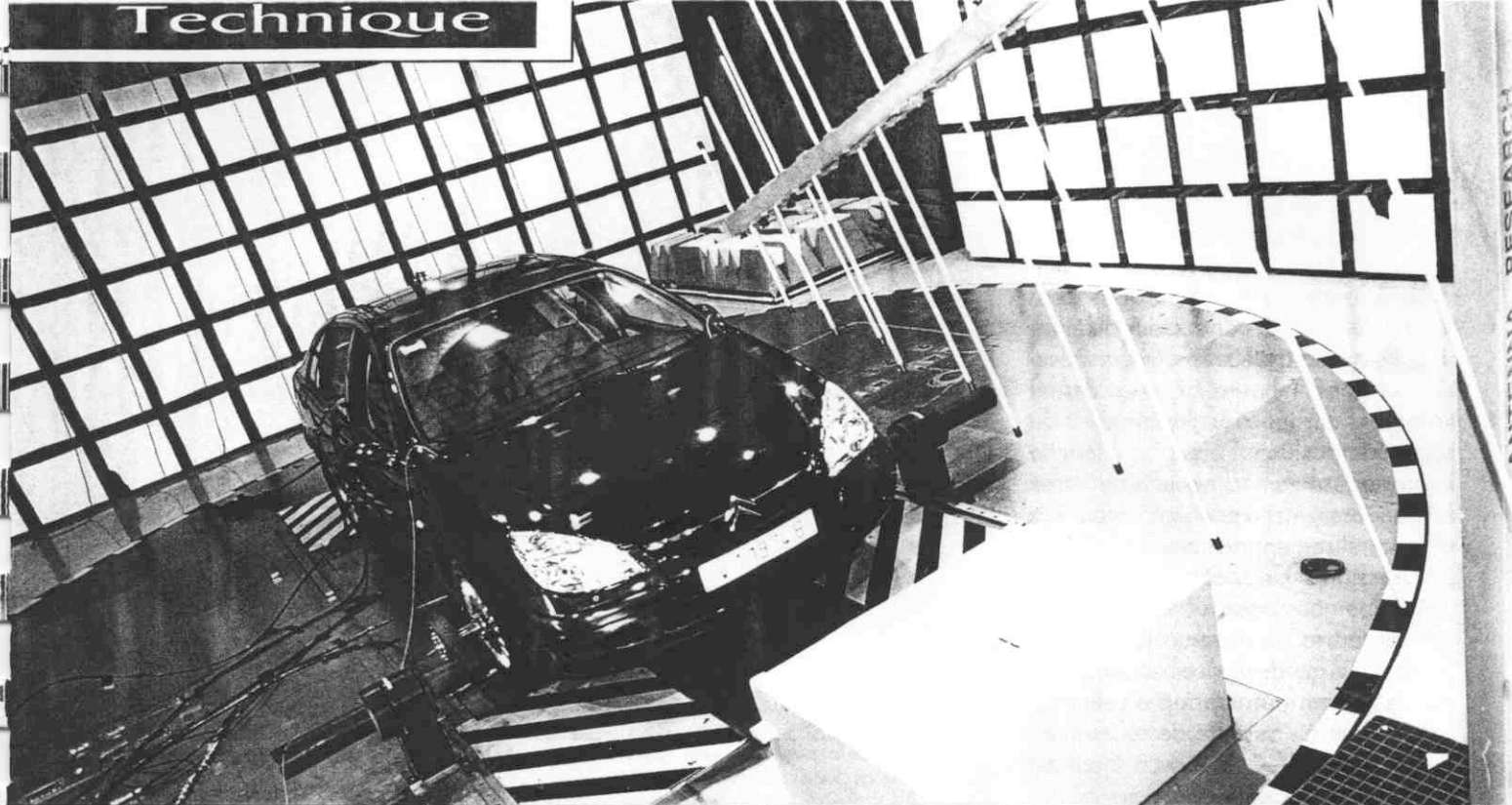


L'usine d'Asnières fabrique le boîtier électro-hydraulique intégré B.H.I. Il a nécessité une profonde migration de l'outil industriel de Citroën parfaitement réussie.

changement d'état de la suspension est un élément clé de l'optimisation des performances du système. Prenons l'exemple d'une inscription en virage. Pour une berline de taille moyenne le temps qui s'écoule entre l'action au volant et le mouvement de la caisse du véhicule est de l'ordre de 100 millisecondes. Ce retard, dû à l'inertie de la caisse, peut être exploité pour changer d'état de suspension avant même que la caisse n'ait bougé. Concrètement, dès qu'un mouvement au volant est détecté le système, va commuter en état ferme. Dans les conditions usuelles de fonctionnement ce changement s'opérera en moins de 50 ms, ce qui signifie qu'avant même que la caisse n'ait commencé à s'incliner la suspension aura été adaptée (choix de l'état ferme afin de limiter l'inclinaison en roulis). Les informations qui permettent l'anticipation sont celles liées aux actions du conducteur et plus particulièrement, celles concernant les actions au volant, qui indiquent que la dynamique transversale du véhicule va évoluer, et les actions sur la pédale de frein ou sur la pédale d'accélérateur qui permettent d'appréhender les modifications de la dynamique longitudinale du véhicule. On trouve donc au niveau d'Hydractive 3 un capteur mesurant l'angle au volant et sa vitesse de déplacement angulaire. La vitesse de rotation du volant est nécessaire car elle permet de prévenir une prise de roulis consécutive à un mouvement brusque mais de faible amplitude. Pour ce qui concerne la dynamique longitudinale, on trouve des

capteurs renseignant sur la vitesse d'enfoncement, ou de relâchement de la pédale d'accélérateur, ainsi qu'un capteur de pression au niveau du freinage. Mais une même action sur la pédale d'accélérateur se traduit par une réaction du véhicule plus ou moins importante suivant le couple effectivement transmis aux roues. Il est évident que le cabrage du véhicule sera beaucoup plus marqué si l'on accélère à fond à partir du régime de couple maximal du moteur en première, que si l'on accélère à fond à très faible régime avec le cinquième rapport enclenché. Dans le premier cas il est impératif de commuter instantanément en état " dynamique " pour limiter le mouvement de cabrage. Dans le deuxième cas, il faut, au contraire, maintenir l'état confort, car le mouvement de caisse résultant de l'enfoncement de l'accélérateur étant minime, il serait dommage de pénaliser le confort par un passage en état " dynamique ". Pour mieux appréhender ces différents cas de figure, la suspension Hydractive 3 complète les informations recueillies au niveau de l'accélérateur et du freinage, par les valeurs de la vitesse du véhicule et du régime moteur. Ces informations sont fournies par le réseau multiplexé.

L'anticipation a un intérêt réel, comme le démontre le paragraphe précédent, mais a l'inconvénient de ne concerner que les actions conducteur. Or la suspension, et en conséquence le véhicule, réagit également en fonction des sollicitations en provenance de



Comme tout système électronique embarqué, l'Hydractive 3 a fait l'objet d'études de compatibilité électromagnétique.

la route. Pour les appréhender il est nécessaire de recourir à des capteurs de "rebouclage" qui vont fournir des informations sur les mouvements réels de la caisse. Dans le cas d'Hydractive 3 ces informations sont obtenues via deux capteurs de hauteur situés sur les barres anti-dévers avant et arrière. Ils fournissent non seulement la hauteur de caisse, mais aussi la vitesse de débattement de caisse. Au travers de ces informations Hydractive 3 reconnaît le type de route sur laquelle se déplace le véhicule et juge de la nécessité de provoquer, ou pas, un changement d'état.

Mais cette suspension apporte un niveau supplémentaire "d'autoadaptativité", grâce à un critère sur le style de conduite du conducteur. En effet le calculateur détermine à chaque instant les valeurs d'accélération longitudinale et transversale du véhicule. Ces valeurs sont mémorisées de telle sorte que le calculateur dispose en permanence de ce qui s'est passé durant la

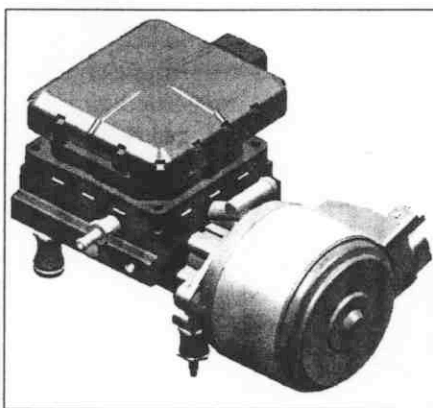
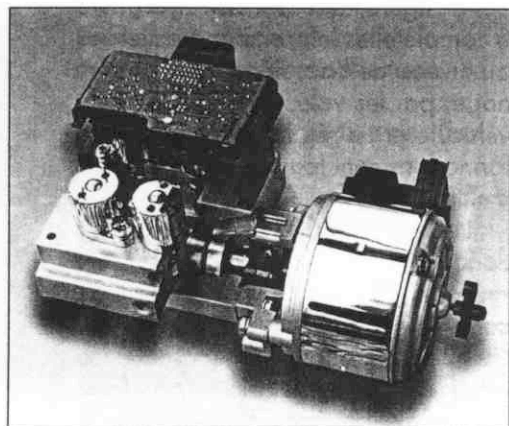
minute qui vient de s'écouler. Le calculateur analyse en permanence cette dernière minute et détermine un niveau de sportivité du style de conduite correspondant. Plus ce niveau est élevé, plus les seuils de passage entre l'état confort et l'état dynamique seront abaissés, ce qui se traduira, in fine, par des passages en état "dynamique" beaucoup plus fréquents. A l'inverse si le conducteur adopte une conduite plus coulée les seuils seront relevés et l'état confort maintenu plus longtemps.

La stratégie de la régulation d'assiette

La stratégie appliquée à la régulation d'assiette concerne la détermination de l'assiette en fonction de la vitesse et de l'état de la route. En conditions normales d'utilisation, l'assiette du véhicule est celle correspondant à la position de "référence". Si la vitesse du véhicule dépasse 110 km/h, le calculateur agit alors sur les

électrovannes du B.H.I. de telle sorte à abaisser de 15 mm l'assiette de l'essieu avant et de 11 mm celle de l'essieu arrière. Cette configuration permet non seulement de diminuer la consommation grâce à la réduction du SCx, mais aussi d'augmenter la stabilité en raison de l'abaissement du centre de gravité. En principe on pourrait également s'attendre à ce que cette assiette piqueuse ait une influence en terme de déportance, mais, curieusement, Citroën ne fait nullement mention de cet aspect. En fait le constructeur se limite à mettre en avant une moindre sensibilité au vent latéral. Le seuil de retour à la position de "référence" (dit seuil "descendant") est fixé à 90 km/h. Il est en effet important qu'il y ait un décalage suffisant entre les valeurs respectives du seuil "ascendant" et du seuil descendant. Dans le cas contraire, par exemple si on avait opté pour la même valeur V pour le seuil ascendant et pour le seuil descendant, ceci engendrerait des changements d'assiette incessants lorsque le véhicule roule au voisinage de la vitesse V. Cette distinction entre seuil ascendant et seuil descendant est d'ailleurs largement utilisée dans d'autres domaines, le plus connu d'entre eux étant sans doute celui relatif à la détermination des seuils de passage des rapports dans une boîte de vitesses automatique.

Outre cette position réservée au roulage à vitesse élevée, la régulation automatique d'assiette agit également lorsqu'elle détecte une chaussée dé-



Le Boîtier Electro-hydraulique Intégré.

gradée. Dans ce cas, et sous réserve que la vitesse du véhicule reste inférieure à 70 km/h, l'assiette est rehaussée de 13 mm à l'avant et à l'arrière. On bénéficie alors d'une garde au sol augmentée ce qui est favorable dans ce type de conditions. La détection s'opère à partir des signaux transmis par les capteurs de hauteur disposés sur chacun des essieux. Il suffit en effet d'analyser l'amplitude des débattements et leur fréquence pour cerner le profil de la route. Lorsqu'on observe une succession rapide de débattements de forte amplitude, on peut en effet en déduire que le roulage s'opère sur une chaussée au profil dégradé.

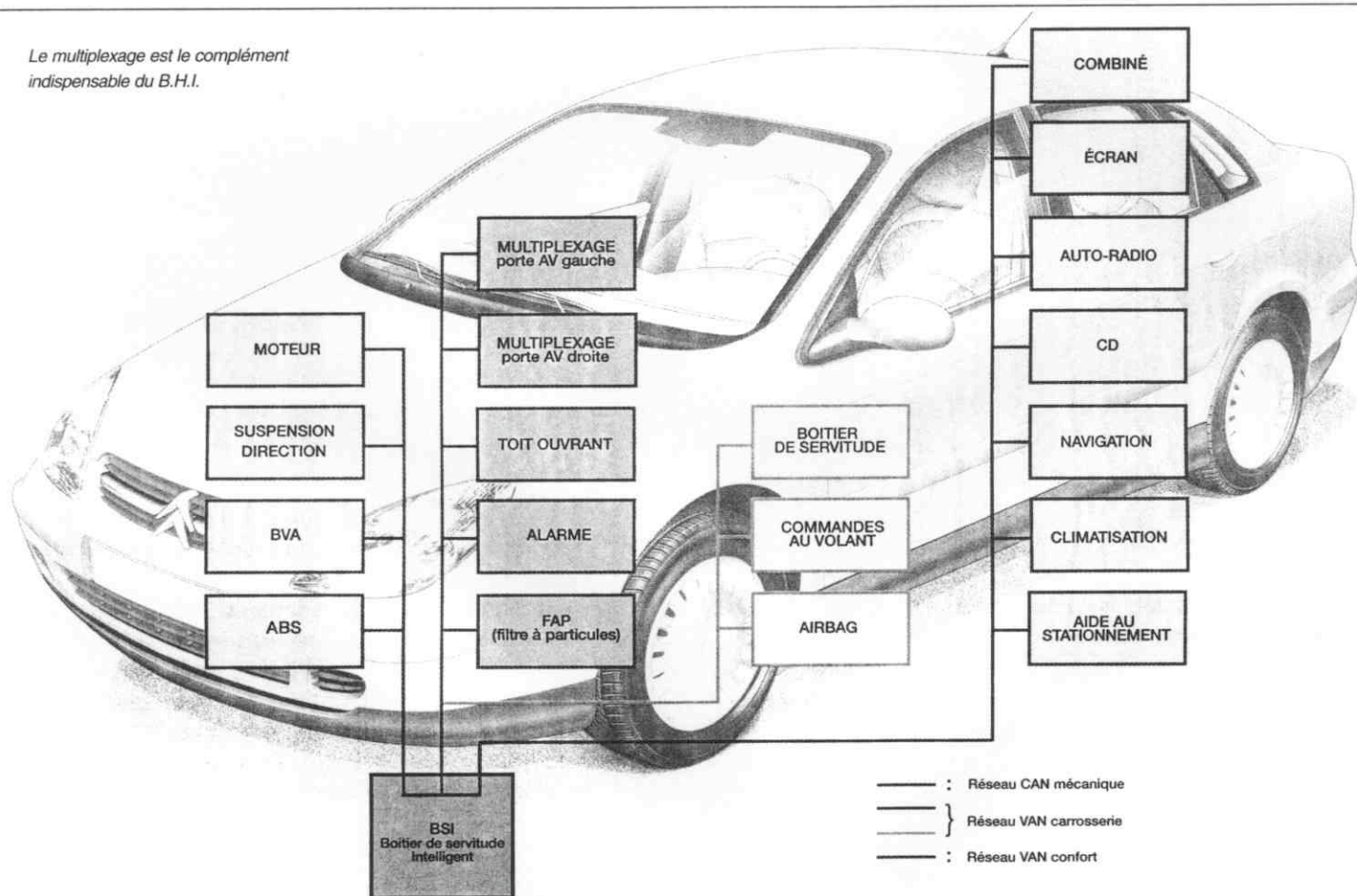
tion la plus appropriée est alors automatiquement sélectionnée par le calculateur.

Avec Hydractive 3 Citroën maîtrise la mécatronique

Au niveau du dispositif de changement d'état, Citroën est resté fidèle aux principes d'architecture qui ont été introduits en 1989 sur la première génération d'hydractive (3 sphères par essieu et deux états de suspension). Or la performance confort/maintien de caisse reste fondamentalement conditionnée par l'architecture physique. Ainsi, malgré les améliorations ap-

Outre l'apport de fonctionnalités nouvelles, telles que l'adaptation automatique de l'assiette en fonction de la vitesse et du profil de route, Citroën a opéré une véritable révolution technologique. Le constructeur a abandonné la technologie hydro-mécanique pour adopter résolument, et avec conviction, une approche mécatronique. Cette science, dont l'objet est la maîtrise de l'association simultanée de l'électronique, de l'hydraulique et de la mécanique, est un des enjeux majeurs pour les constructeurs de demain. Citroën fait la démonstration, au travers de la régulation d'assiette de sa C5, qu'il est prêt à relever les défis futurs dans ce

Le multiplexage est le complément indispensable du B.H.I.



Par ailleurs, pour éviter que le conducteur sélectionne, via la commande manuelle, une position inappropriée par rapport à la situation dans laquelle se trouve le véhicule, celle-ci est sécurisée via le calculateur électronique. Par exemple la position " haute " n'est autorisée que lorsque le véhicule roule à moins de 10 km/h. Dans le même esprit, la position " piste " n'est accessible qu'en dessous de 40 km/h. En cas de dépassement de ces seuils la posi-

portées au niveau de la stratégie de commutation entre les deux états, Citroën se prive du potentiel de prestations que pourraient apporter une gestion séparée de la flexibilité et de l'amortissement, un nombre d'états plus élevés (notamment au niveau de l'amortissement), et une gestion différenciée des états suivant la charge.

Finalement, c'est la régulation d'assiette qui marque le changement le plus radical entre l'hydractive 3 et les précédentes générations d'hydractive.

domaine. En outre, fait remarquable, Citroën ne s'est pas limité aux étapes de conception, mais a également profité de cette occasion pour profondément remanier son outil industriel (Asnière) afin de le mettre au niveau des très hautes exigences requises par ce type de technologie. Ainsi la maîtrise de la marque aux Chevrons s'étend sur toutes les phases du métier, soit de l'ingénierie jusqu'à la fabrication.

Thierry Halconrui