

Les essieux multibras

La solution



La Renault VelSatis possède un train arrière multibras des plus sophistiqués. Le résultat est remarquable sur la route et cette solution, si elle est chère, garantit en tous cas l'excellence des prestations. Il n'est cependant pas la garantie absolue de l'art. Car encore faut-il le maîtriser.

EN DYNAMIQUE VÉHICULE, LE CHOIX D'UNE SOLUTION EN MATIÈRE DE COMPROMIS CONFORT TENUE DE ROUTE DOIT TOUJOURS DONNER LE MEILLEUR RÉSULTAT. MALHEUREUSEMENT IL EST TOUJOURS CONDITIONNÉ LE COUT. LES ESSIEUX MULTIBRAS N'ÉCHAPPENT PAS À CETTE REGLE.

Les essieux multibras se trouvent au sommet de la hiérarchie technique des dispositifs de guidage de la roue. Ils se distinguent des autres essieux par le fait que la roue est reliée au châssis par au moins quatre liens (bras ou bielle) indépendants. Cette multiplicité des liaisons permet une optimisation du comportement élasto-cinématique de l'essieu, ce qui confère un avantage en terme de comportement routier et de filtrage. Mais, nous allons voir que si ce but est effectivement le même pour tous, ceci ne signifie pas pour autant que les ingénieurs aient tous opté pour la même solution technique. En fait on peut regrouper les essieux multibras en deux catégories principales : les essieux multibras à bras transversaux et les essieux multibras à bras longitudinaux & transversaux.

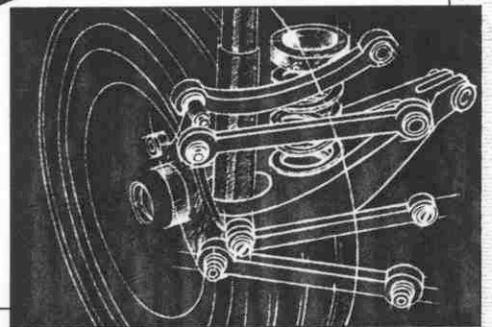
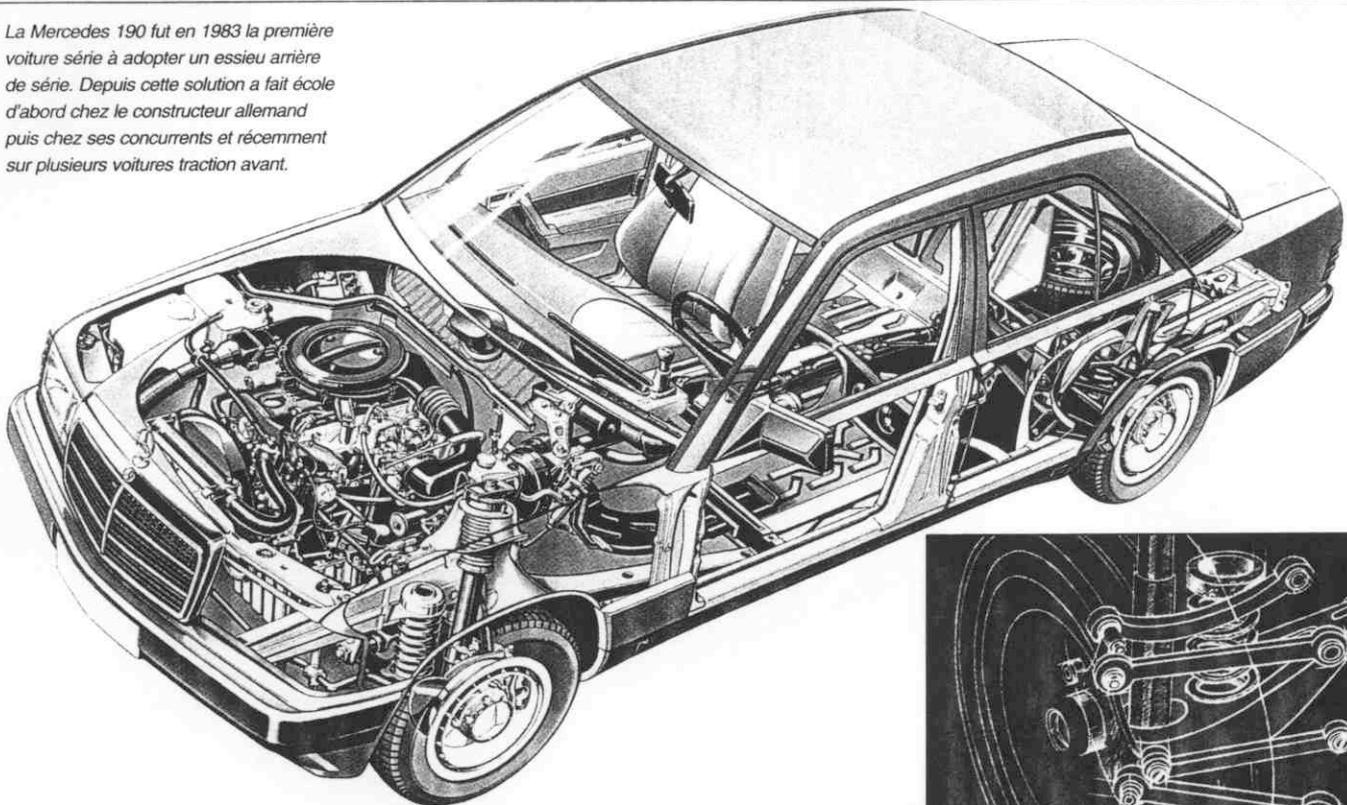
Les multibras à bras transversaux

Dans cette catégorie on trouve des essieux dont l'architecture est directement issue des essieux à double triangulation. Rappelons-en brièvement le principe. Dans un essieu à double triangulation la roue est guidée par un triangle transversal inférieur, un triangle transversal supérieur et par une bielle. Les triangles guident la roue lors des débattements verticaux ; ils déterminent à tout instant la position du centre roue, l'orientation de l'axe de pivot, ainsi que l'angle de carrossage. Le positionnement géométrique de l'axe de pivot conditionne les déports (déport à l'axe, déport au sol et déport de chasse) qui conféreront à l'essieu son

comportement sous efforts, et par suite définiront le comportement routier du véhicule en virage ou lors des accélérations. De son côté la bielle assure le positionnement de la roue en rotation. Si cet essieu est un essieu avant il s'agira donc d'une bielle de direction, alors que si c'est un essieu arrière il s'agira d'une bielle de pince qui provoquera des micro-braquages en débattement (par exemple accroissement de l'angle de pince en compression pour stabiliser le véhicule en virage). Ce principe de double triangulation est connu depuis fort longtemps et fait encore aujourd'hui référence sur les véhicules de compétition car il offre un excellent rapport poids/comportement routier. Il faut toutefois remarquer que les principales caractéristiques élasto-cinématiques de ce type d'essieu sont

d' excellence

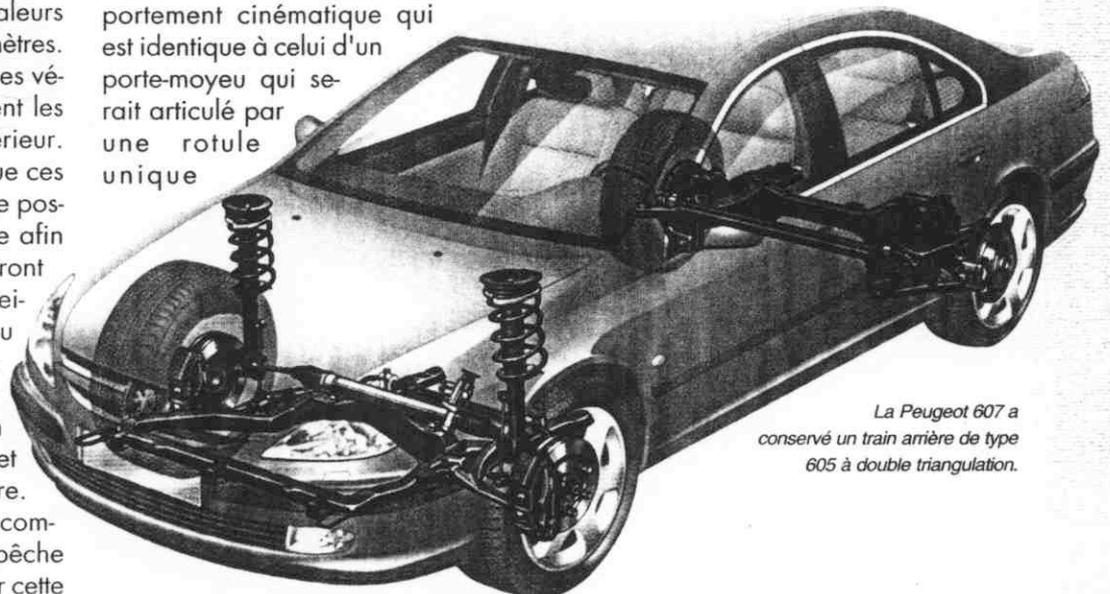
La Mercedes 190 fut en 1983 la première voiture série à adopter un essieu arrière de série. Depuis cette solution a fait école d'abord chez le constructeur allemand puis chez ses concurrents et récemment sur plusieurs voitures traction avant.



définies à partir de seulement 6 données géométriques : point haut de rotule de pivot, point bas de rotule de pivot, axe supérieur de triangle, axe inférieur de triangle, point de rotule de bielle côté porte-moyeu, et point de rotule de bielle côté châssis. Or dans un véhicule de tourisme les contraintes d'implantation sont telles qu'il n'est pas toujours possible d'opter pour les valeurs optimales de ces différents paramètres. En particulier il est difficile sur ces véhicules de positionner idéalement les points de rotule supérieur et inférieur. L'objectif est de faire en sorte que ces points soient situés le plus proche possible du plan médian de la roue afin de minimiser les déports qui seront préjudiciables à la stabilité (en freinage ou en accélération) et au confort de conduite (remontées de direction). Pour le point supérieur on peut atteindre cet objectif en choisissant un porte-moyeu haut et en incurvant la corne supérieure. Mais pour le point inférieur l'encombrement du disque de frein empêche ce type d'artifice. Pour contourner cette

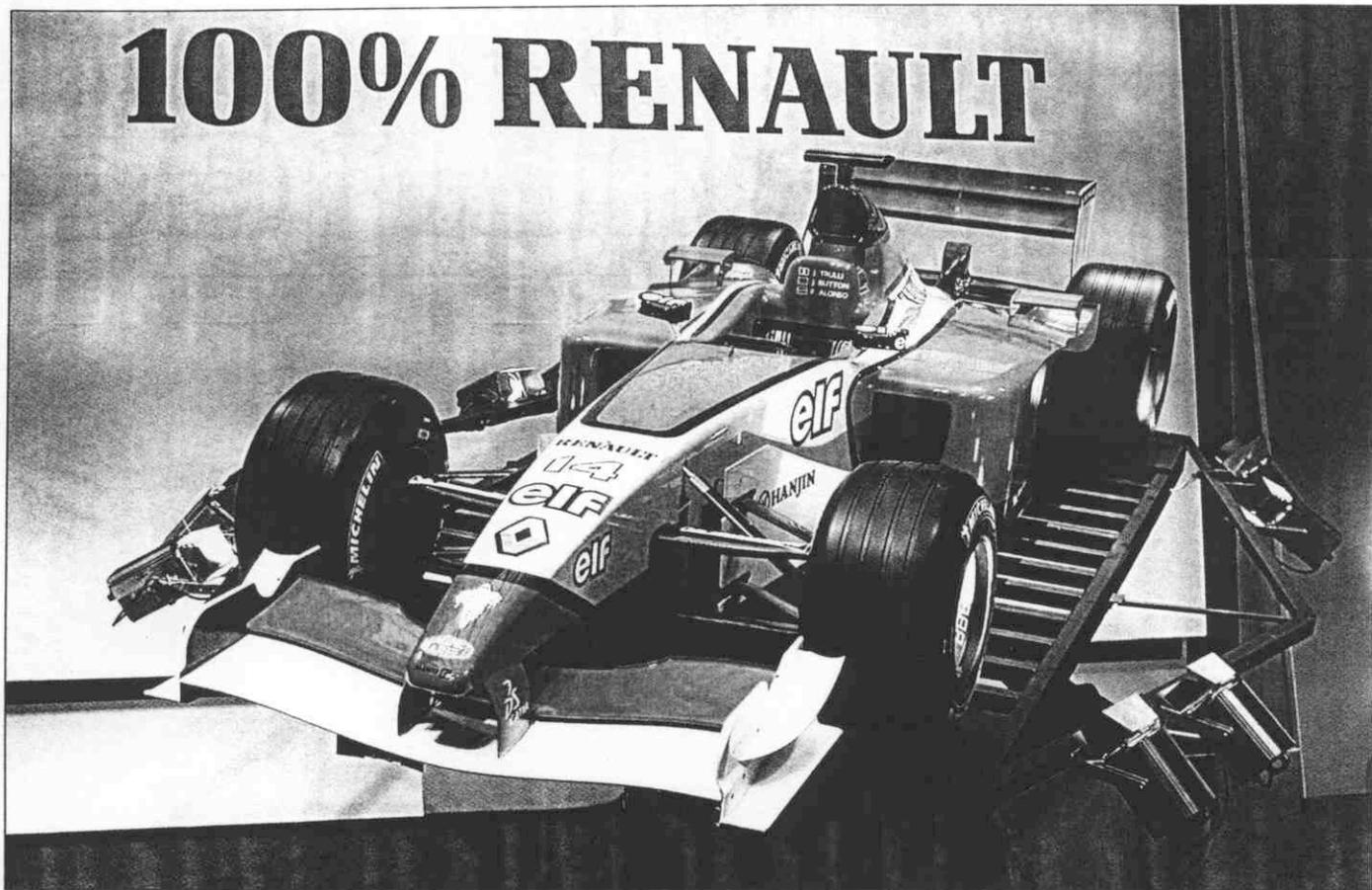
difficulté on peut recourir au système de la rotule virtuelle. Le principe repose sur le fait de "séparer" le triangle (ici le triangle inférieur) en deux bras de guidage distincts possédant chacun leur propre rotule d'articulation sur le porte-moyeu. Le fait que le porte-moyeu soit relié, en partie inférieure, par deux rotules au lieu d'une, entraîne un comportement cinématique qui est identique à celui d'un porte-moyeu qui serait articulé par une rotule unique

située au point de convergence des segments définissant les bras de guidage. Ce point n'a pas d'existence matérielle ce qui explique que l'on parle de rotule virtuelle. L'immense avantage de ce principe est que ce point puisse être positionné où on le souhaite, y compris au beau milieu d'une pièce, comme par



La Peugeot 607 a conservé un train arrière de type 605 à double triangulation.

100% RENAULT



Sur les voitures de compétition, encore aujourd'hui, le principe de double triangulation fait encore référence. Il est toujours utilisé en F1 comme ici sur la Renault F 202.

exemple le porte-moyeu ou le disque de frein. Le système de la rotule virtuelle permet donc de supprimer les contraintes d'implantation afin d'optimiser la position géométrique de l'axe de pivot. C'est le dispositif qui caractérise la première

catégorie d'essieux multibras.

L'essieu 5 bras

Ce principe de rotule virtuelle a été repris et étendu par Mercedes sur l'essieu 5 bras qui a fait les beaux jours

de la Mercedes 190, et, surtout, qui a été à l'origine de plusieurs générations d'essieux multibras chez Mercedes. Détaillons son architecture. Comme son nom l'indique, cet essieu guide la roue grâce à 5 bras indépendants. On peut cependant remarquer que certains de ces bras peuvent être associés d'un point de vue fonctionnel. Par exemple les deux bras supérieurs s'apparentent à un triangle que l'on aurait coupé en deux. En opérant de la sorte, c'est-à-dire en "séparant" les deux brins du triangle, les concepteurs se sont donnés la possibilité de recourir au principe de la rotule virtuelle. Comme cette remarque s'applique également aux deux bras inférieurs, on constate que l'axe de pivot peut être placé au gré des concepteurs. Mercedes a privilégié la facilité de conduite et a notamment recherché à éliminer la tendance survireuse du véhicule à l'accélération. Pour ce faire le déport à l'axe a été minimisé afin de limiter les braquages induits dus à l'application de la force motrice. L'inclinaison des bras, de même que leur longueur, a ensuite été déterminée de telle sorte à obtenir les caractéristiques cinématiques souhaitées pour le véhicule, comme, par exemple, une prise de contre-carrossage et de pince en compression afin de stabiliser le véhicule en virage. Ce travail se

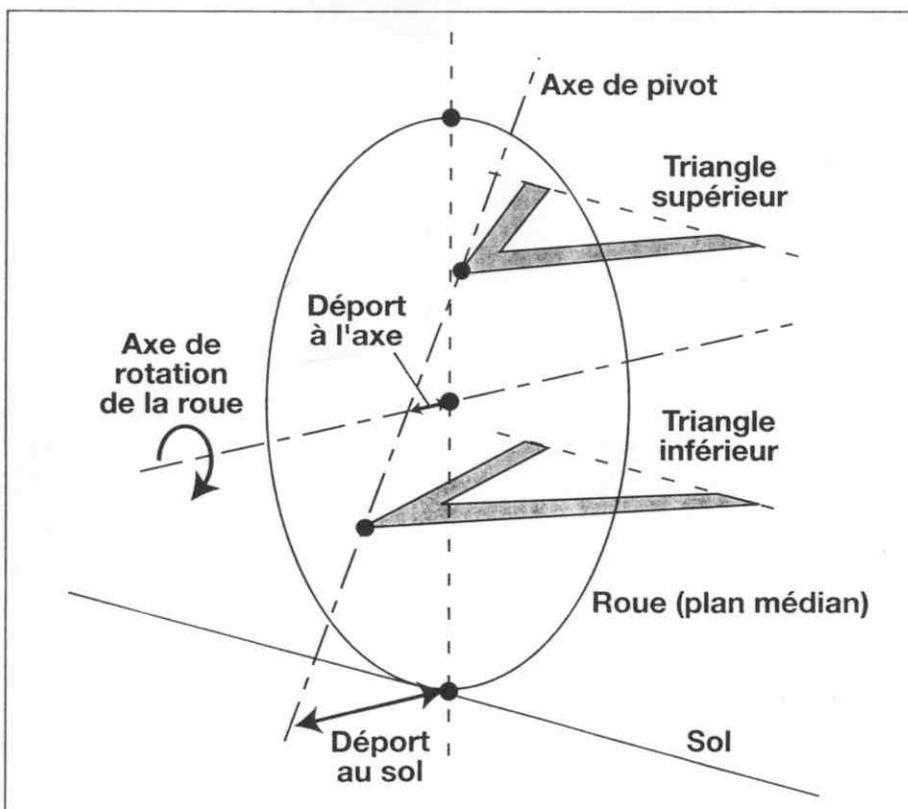
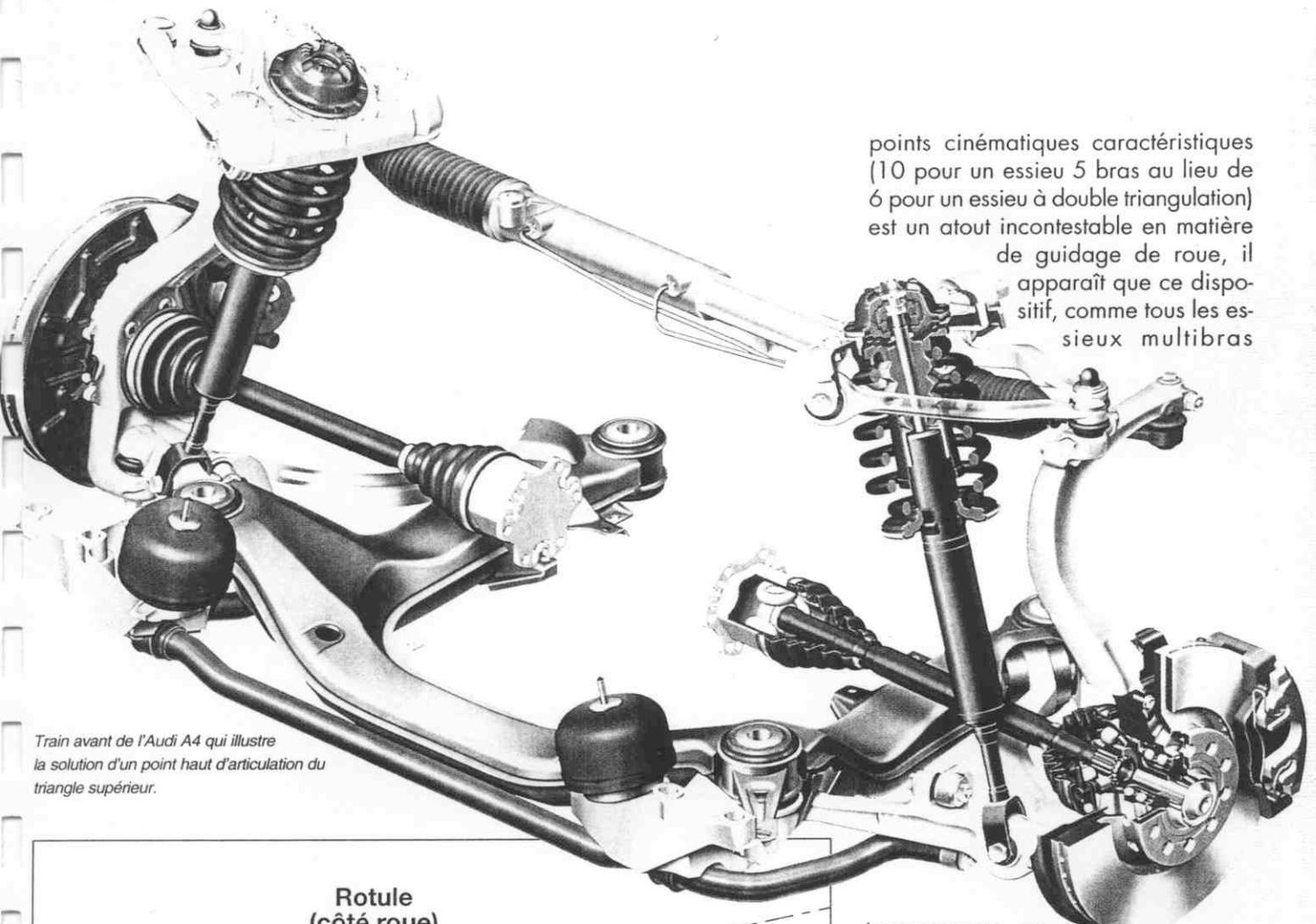
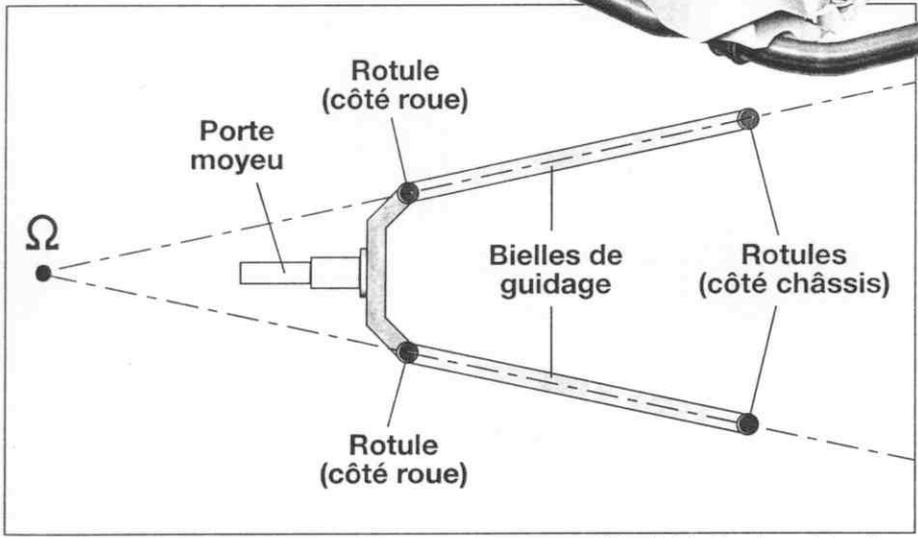


Schéma montrant le positionnement géométrique de l'axe de pivot.



Train avant de l'Audi A4 qui illustre la solution d'un point haut d'articulation du triangle supérieur.

points cinématiques caractéristiques (10 pour un essieu 5 bras au lieu de 6 pour un essieu à double triangulation) est un atout incontestable en matière de guidage de roue, il apparaît que ce dispositif, comme tous les essieux multibras



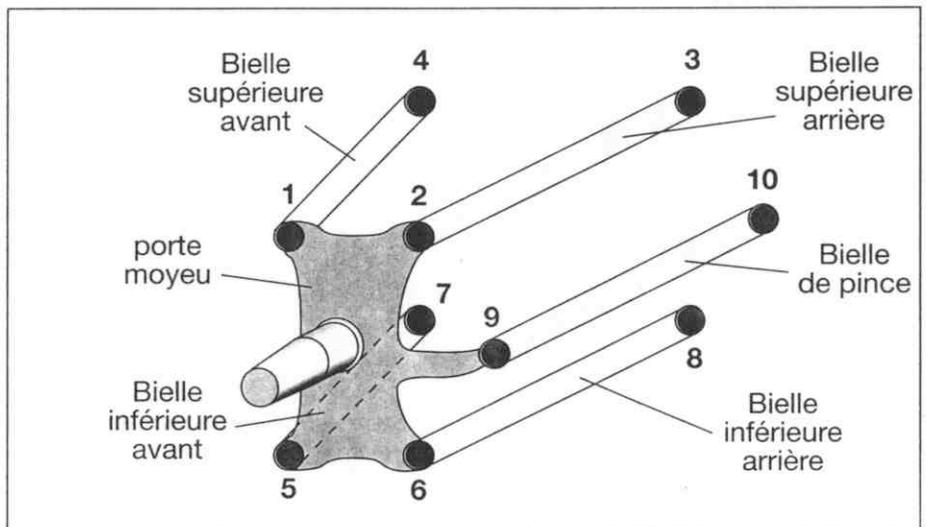
Sur ce schéma, cinématiquement tout se passe comme si le porte moyeu était articulé autour d'une rotule unique en Ω.

transversaux, ne peut procurer un avantage déterminant au niveau du filtrage par rapport à un essieu à double triangulation.

Les essieux multibras à bras longitudinaux & transversaux

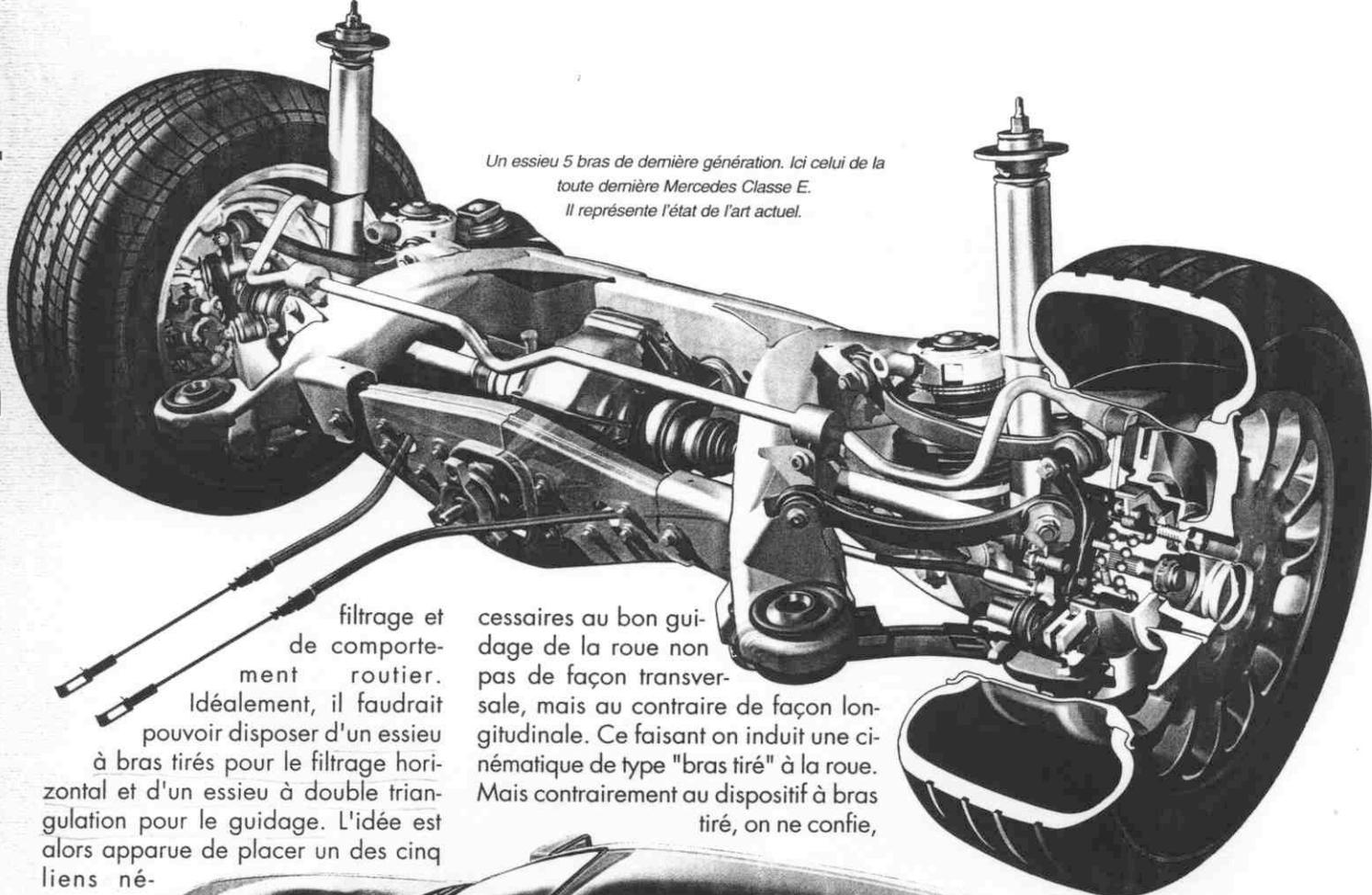
Fort de ce constat les concepteurs ont poursuivi leurs recherches et sont parvenus à la conclusion suivante. Quitte à multiplier le nombre de liaison autant le faire en se donnant la possibilité d'associer les avantages respectifs des meilleurs essieux en terme de

conduit suivant les mêmes règles que celles applicables pour la conception d'un essieu à double triangulation. Fondamentalement ce qui distingue l'essieu 5 bras d'un tel essieu c'est le fait d'avoir un axe de pivot "virtuel". Pour le reste il fonctionne suivant les mêmes principes. En particulier les liaisons élastiques qui sont situées en bout des bras de liaison doivent assurer simultanément la reprise des efforts transversaux garantissant le guidage de la roue, et la gestion des efforts longitudinaux afin d'assurer une bonne qualité de filtrage (Suspension Horizontale de Roue). En d'autres termes, s'il est incontestable que la multiplication des



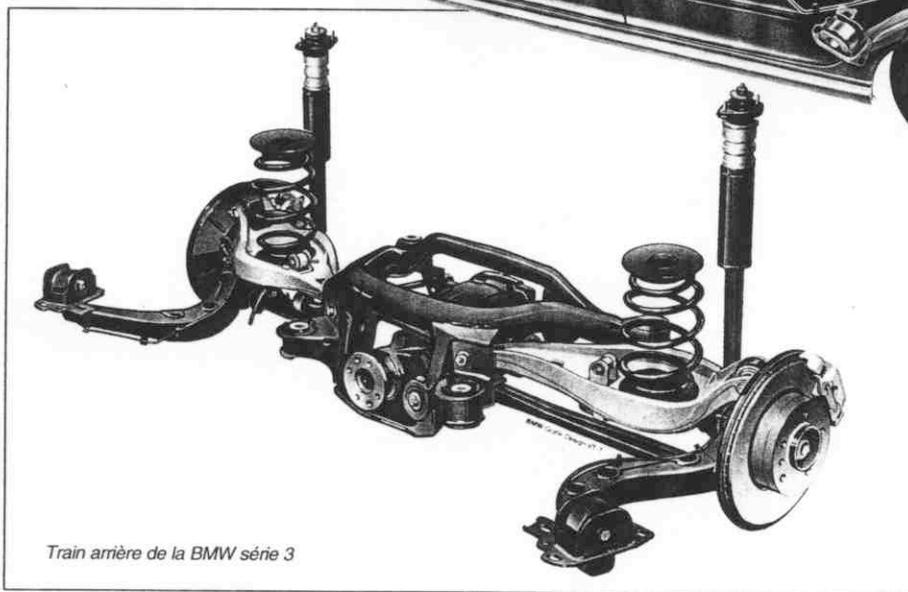
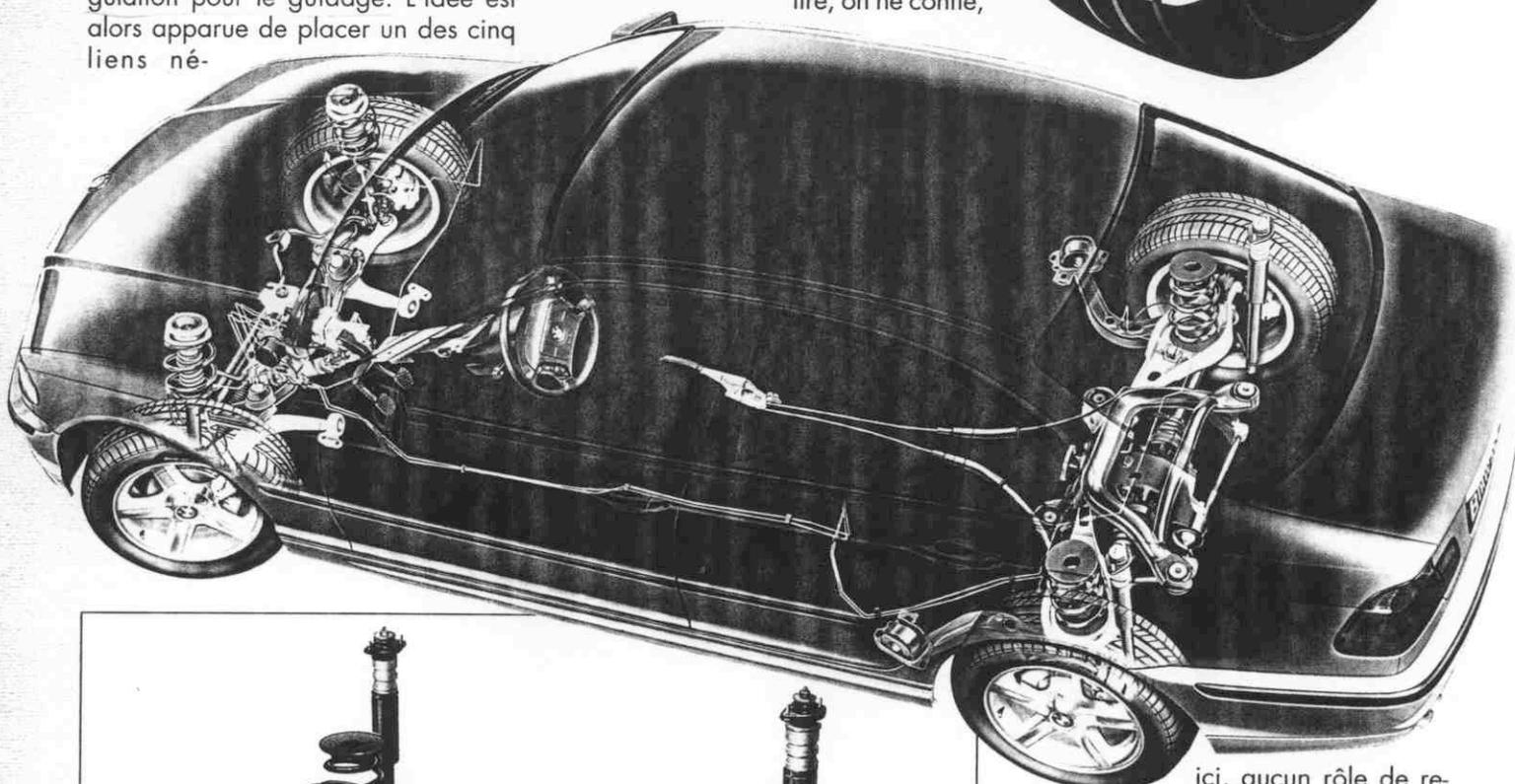
Les dix points de cinématique caractéristiques d'un essieu multibras à bras transversaux.

Un essieu 5 bras de dernière génération. Ici celui de la toute dernière Mercedes Classe E. Il représente l'état de l'art actuel.



filtrage et de comportement routier. Idéalement, il faudrait pouvoir disposer d'un essieu à bras tirés pour le filtrage horizontal et d'un essieu à double triangulation pour le guidage. L'idée est alors apparue de placer un des cinq liens né-

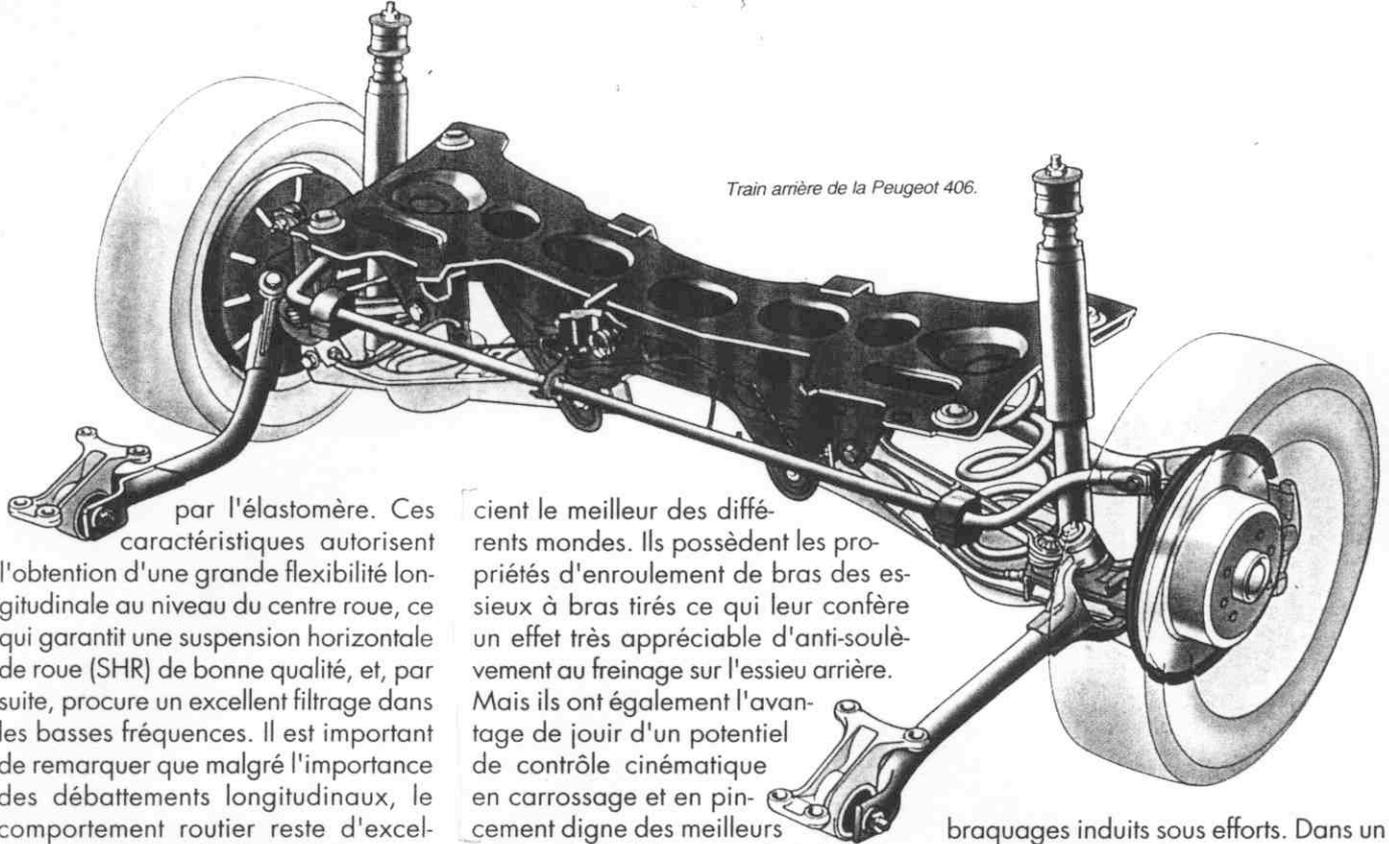
cessaires au bon guidage de la roue non pas de façon transversale, mais au contraire de façon longitudinale. Ce faisant on induit une cinématique de type "bras tiré" à la roue. Mais contrairement au dispositif à bras tiré, on ne confie,



Train arrière de la BMW série 3

ici, aucun rôle de reprise des efforts transversaux au bras longitudinal. Ces derniers sont en effet transmis au châssis par les quatre autres liens, transversaux, qui positionnent la roue par rapport au châssis. On observera que, conformément à cette logique, les liaisons élastiques sont fortement différenciées en fonction de leur position. A l'extrémité avant du bras longitudinal on choisit une liaison élastique très souple et possédant un grand débattement, ce qui explique le volume important occupé

Train arrière de la Peugeot 406.



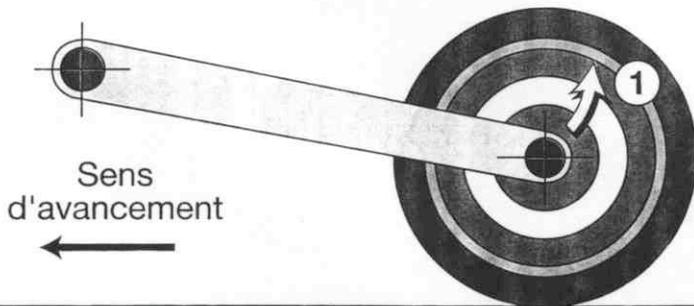
par l'élastomère. Ces caractéristiques autorisent l'obtention d'une grande flexibilité longitudinale au niveau du centre roue, ce qui garantit une suspension horizontale de roue (SHR) de bonne qualité, et, par suite, procure un excellent filtrage dans les basses fréquences. Il est important de remarquer que malgré l'importance des débattements longitudinaux, le comportement routier reste d'excellente qualité. En effet, le guidage transversal n'est pas affecté par les mouvements longitudinaux, car il est assuré par les bras transversaux. Ceux-ci possèdent à leurs extrémités des liaisons élastiques très rigides qui limitent efficacement les déformations parasites du

cient le meilleur des différents mondes. Ils possèdent les propriétés d'enroulement de bras des essieux à bras tirés ce qui leur confère un effet très appréciable d'anti-soulèvement au freinage sur l'essieu arrière. Mais ils ont également l'avantage de jouir d'un potentiel de contrôle cinématique en carrossage et en pincement digne des meilleurs essieux à double triangulation. On y retrouve en effet tous les ingrédients nécessaires : deux bras oscillants transversaux superposés (dont un éventuellement dédoublé) et une bielle de pince. Les premiers gèrent le carrossage alors que la dernière gouverne les

braquages induits sous efforts. Dans un deuxième temps, les concepteurs ont réalisé l'intérêt à s'écarter de l'architecture à bras transversaux pour disposer un des bras sensiblement parallèlement à l'axe du véhicule, ce qui a conduit à l'accomplissement simultané d'un remarquable niveau de filtrage et d'un excellent guidage de roue. Cette deuxième génération d'essieux multibras a posé les bases d'un nouvel état de l'art en terme de performances routières. Toutefois il faut se garder d'associer hâtivement technologie et résultats. La multiplication des paramètres d'ajustement rend difficile la conception d'un essieu multibras. L'obtention d'un résultat optimal est donc largement conditionné par l'expertise des concepteurs, ceci expliquant en grande partie les différences pouvant être constatées entre les réalisations existantes. Par ailleurs l'essieu, aussi performant soit-il, n'est qu'un maillon des liaisons au sol. Si les suspensions (en particulier l'amortissement) ou la carrosserie ne sont pas adaptées le résultat d'ensemble sera, là aussi, décevant. Enfin, s'il est incontestable que les essieux multibras présentent le meilleur potentiel du moment en terme de performances conjointes de guidage et de filtrage, ils possèdent tout de même un véritable talon d'Achille sur le plan économique. Ceci les destinent donc prioritairement aux véhicules des gammes supérieures (M2 & H) pour lesquels le niveau des exigences de la clientèle est, à l'instar de leurs ressources financières, élevé. ■

Thierry Halconruy

Effet anti-soulèvement d'un essieu AR à bras tirés



Effet anti-soulèvement d'un essieu arrière à bras tirés. Les efforts de freinage entraînent un soulèvement de la roue (1). Comme celle-ci reste au contact du sol, il s'agit en fait d'une compression de la suspension.

plan de roue sous les efforts engendrés en virage. Très efficace sur le plan du guidage cette disposition a toutefois l'inconvénient de faciliter la transmission des bruits de roulement en raison de la rigidité des liaisons élastiques. C'est pourquoi les essieux multibras les plus performants disposent d'un deuxième étage de filtrage (filtrage dit haute fréquence) au niveau du berceau. Pour conclure sur la description de ces essieux, il convient de dire quelques mots sur les propriétés cinématiques. Fondamentalement ces essieux asso-

évolutions du parallélisme à la roue.

Un potentiel à exploiter

Les essieux multibras sont une évolution logique des essieux à double triangulation dont ils optimisent les performances de filtrage et de guidage. La multiplication du nombre de liaisons entre la roue et le châssis a, dans un premier temps (tel qu'incarné par la Mercedes 190), permis un placement idéal de l'axe de pivot ce qui a apporté un gain substantiel dans la maîtrise des