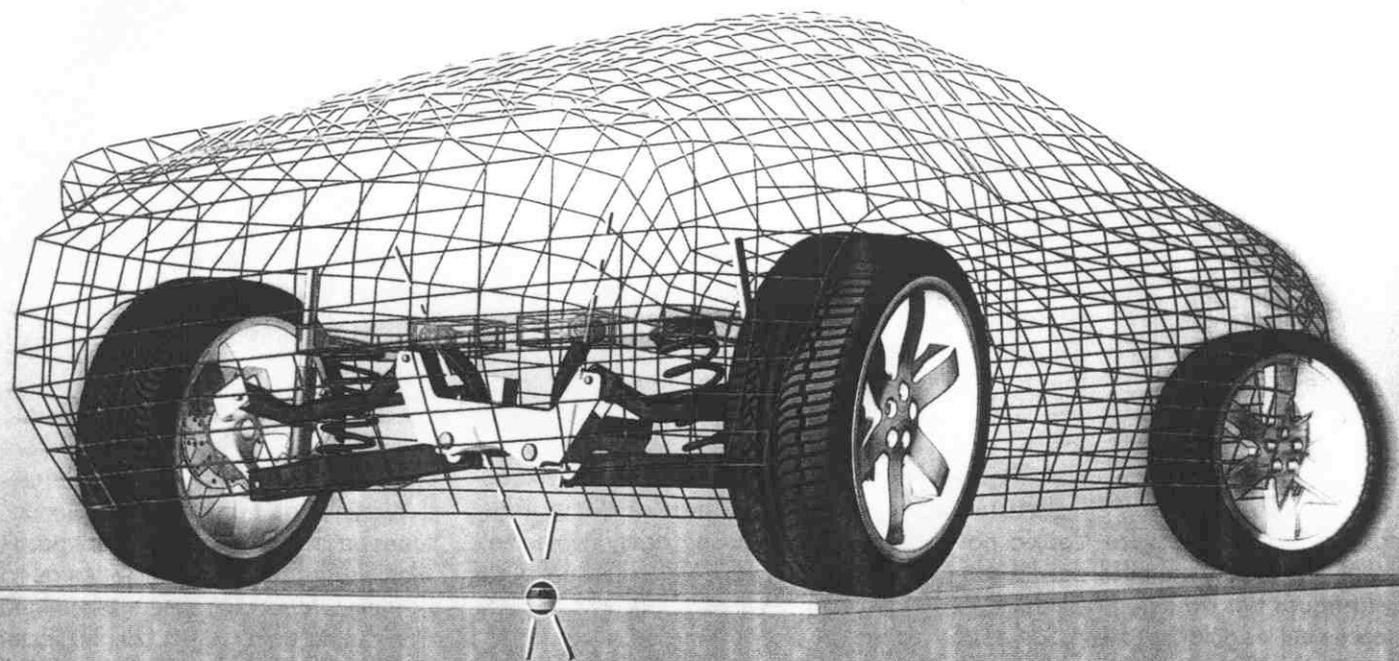


Suspension

Une innovation



LA TENUE DYNAMIQUE D'UN VÉHICULE EST UNE PRESTATION GLOBALE OU LE PNEUMATIQUE A SON RÔLE MAIS OU LA GÉOMÉTRIE DU TRAIN ET LA CINÉMATIQUE DE LA ROUE ONT UNE GRANDE IMPORTANCE ÉGALEMENT. MICHELIN, SPÉCIALISTE DE L'ADHÉRENCE PROPOSE UNE SOLUTION POUR ENCORE L'AMÉLIORER.

Dans le domaine de la tenue de route, le constructeur de Clermont Ferrand apporte par la qualité de ses pneumatiques une solution d'importance en ce qui concerne l'adhérence. Mais le pneumatique n'est pas le seul facteur d'intervention dans la performance globale. Le travail du pneumatique à travers sa surface de contact au sol dépend du train roulant et de son fonctionnement à bien positionner la roue par rapport au sol lors de toutes les phases dynamiques de roulage de la voiture.

Il est bien entendu évident que pour obtenir une tenue de route la meilleure possible, la surface de contact au sol doit être la plus grande possible pour un pneumatique correctement dimensionné en fonction de l'auto considé-

rée, cela va de soit.

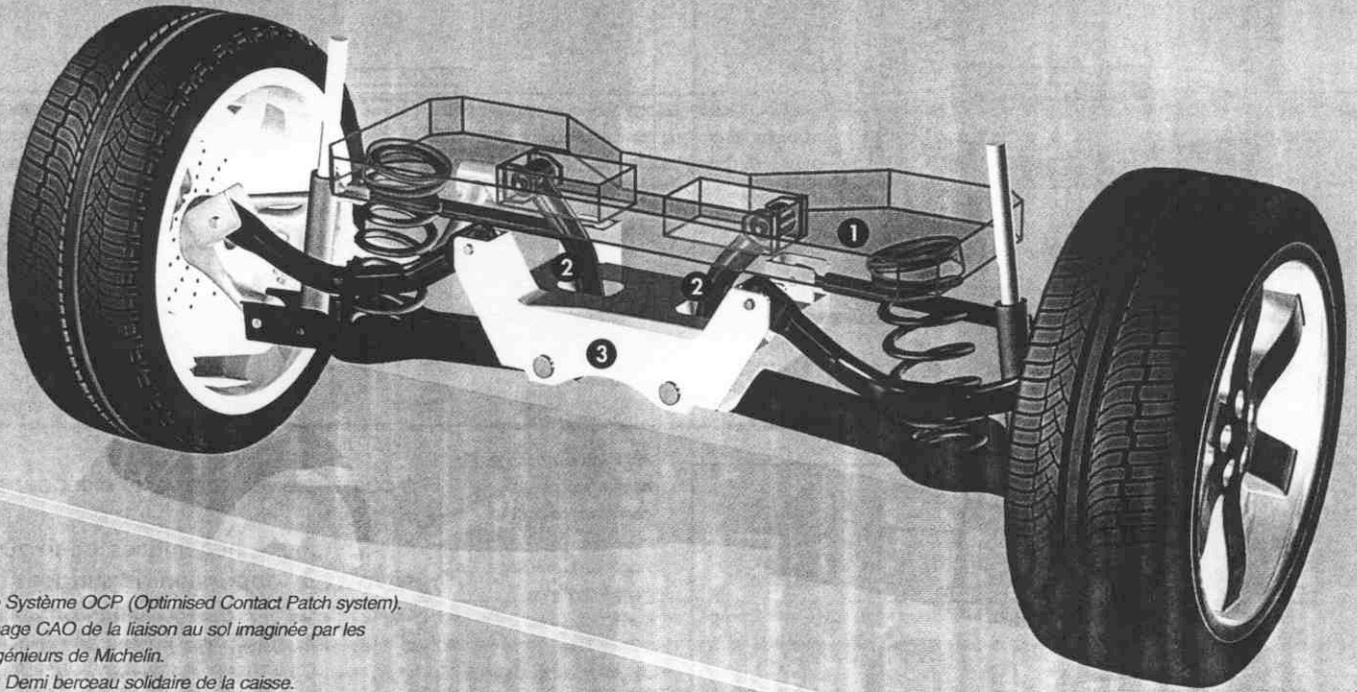
Pour parvenir à l'objectif de meilleure adhérence, le constructeur dessine son train roulant et demande au constructeur de concevoir un pneumatique en fonction de son train. La démarche de Michelin dans la recherche de plus grande adhérence est totalement différente. En effet le constructeur raisonne en chemin inverse et part d'une surface de contact déterminée qui devient l'objectif à atteindre. A partir de cette contrainte de résultat Michelin a dessiné une architecture de train permettant d'arriver à cet objectif de plus grande surface de contact. C'est le nouveau système de liaison au sol OCP (Optimised Contact Patch system) proposé par Michelin.

Le carrossage

En ligne droite, si la roue (et donc le pneu) est perpendiculaire à la route, la surface de contact est optimale, par contre si le pneu n'est pas perpendiculaire à la route et donc incliné, sa surface de contact est dégradée. Cette inclinaison résulte de l'angle de carrossage qui est l'angle " α " formé par la verticale et le plan de roue. Il peut être négatif, positif ou nul. Cet angle est défini par construction dans la géométrie du train roulant. Il est l'un des deux paramètres (avec le braquage) de positionnement de la roue par rapport au sol.

Lorsque le carrossage est nul, en ligne droite et sans efforts latéraux, la

signée Michelin



Le Système OCP (Optimised Contact Patch system).

Image CAO de la liaison au sol imaginée par les ingénieurs de Michelin.

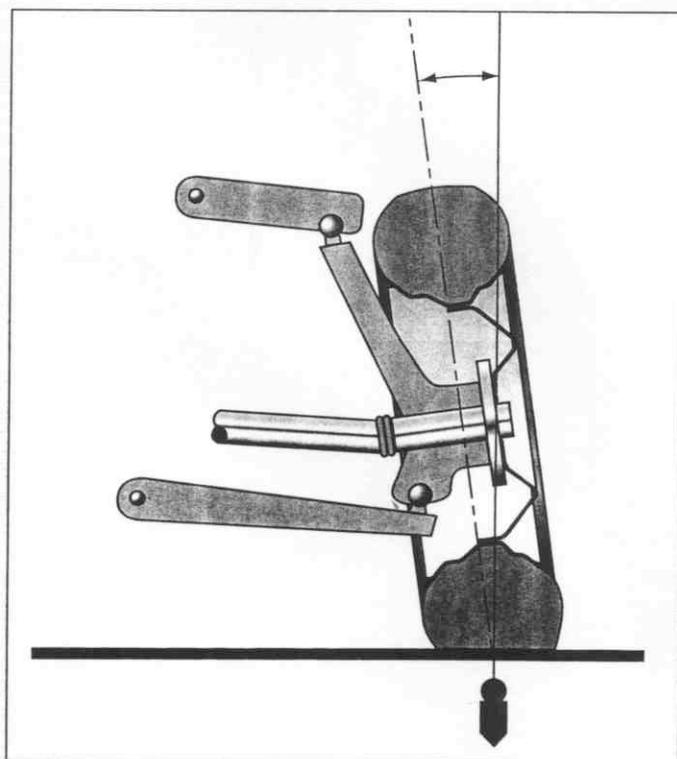
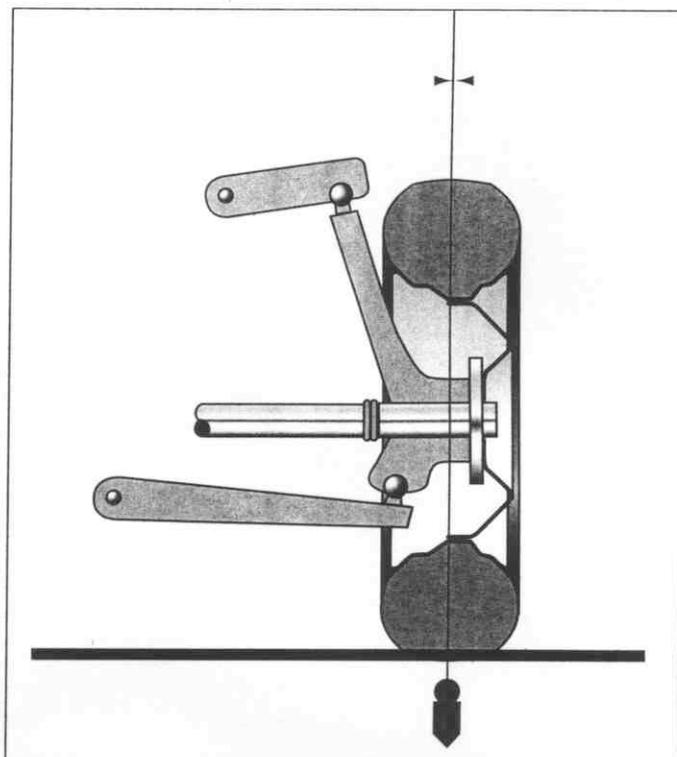
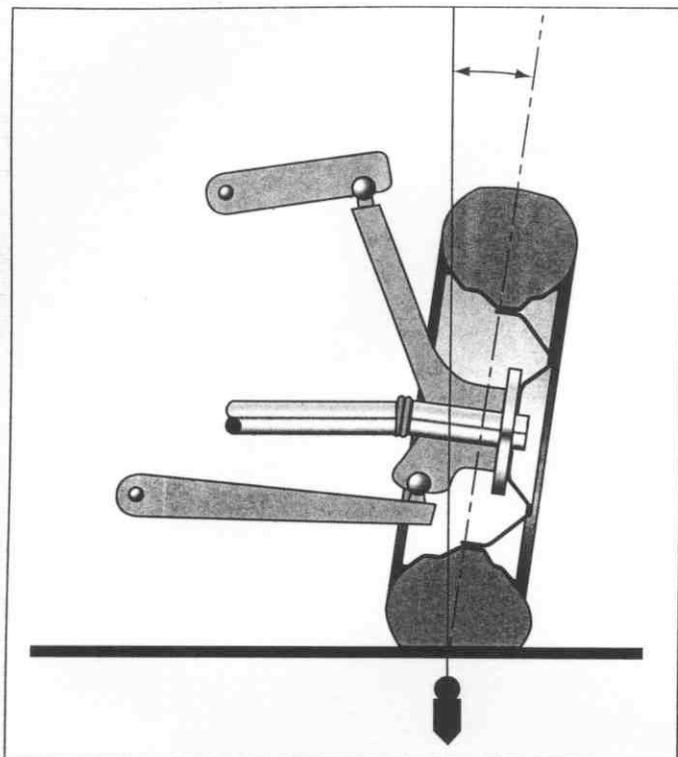
1 : Demi berceau solidaire de la caisse.

2 : Bielles de liaison OCP.

3 : Demi berceau oscillant



Cette vue montre les moyens d'essai de Michelin dévolus aux mesures concrètes.



Angle de carrossage. En haut à gauche en configuration positive.

Angle de carrossage. En haut à droite en configuration nulle.

Angle de carrossage. A gauche en configuration négative.

à pousser le véhicule vers l'extérieur du virage.

Ces deux phénomènes conjugués entraînent l'apparition de surfaces de contact dégradées. Dans le cadre d'une utilisation normale, les pneus sont conçus pour répondre à ces efforts et maintenir le véhicule dans sa trajectoire, mais il s'use et se fatigue. Et dans les cas limites c'est la perte d'adhérence.

En règle générale selon le véhicule on peut considérer trois grandes familles types en fonction desquelles l'angle statique de carrossage diffère. Typage privilégiant l'usure : l'angle de carrossage est nul. Typage usuel : l'angle de carrossage est légèrement négatif. Typage résolument sportif : l'angle de carrossage est fortement négatif. Bien entendu ce typage est un choix qui privilégie la surface de contact dans des sollicitations différentes comme on peut le voir sur les dessins. La géométrie idéale étant de conserver le pneumatique donc la roue perpendiculaire par rapport à la route pour tous les typages.

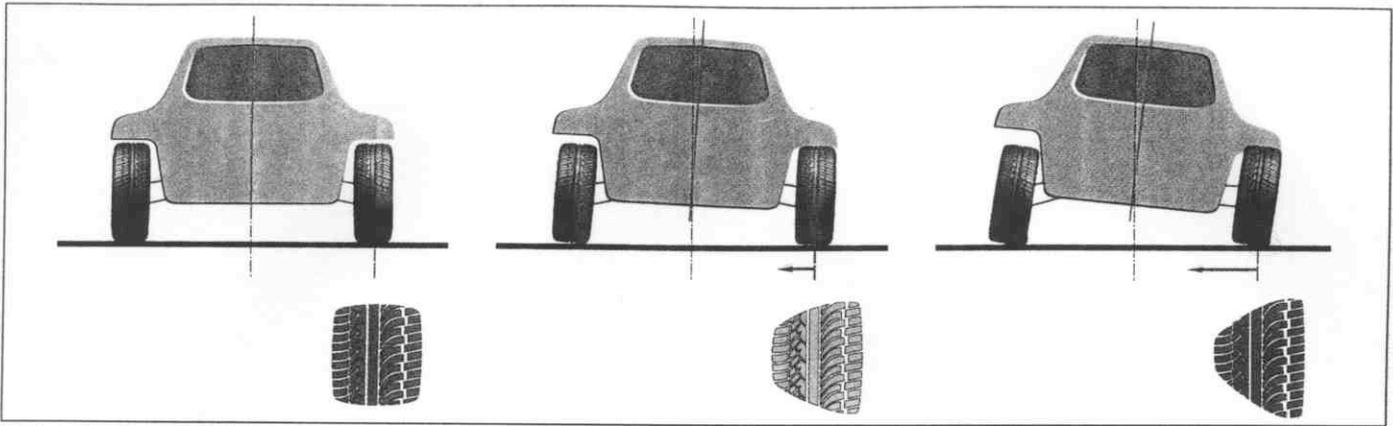
Le manufacturier de Clermont Ferrand connaît très bien le problème et ce depuis fort longtemps puisque les pneus qu'il conçoit et produit doivent " assumer " ce défaut de géométrie. Depuis longtemps il a porté sa réflexion sur les systèmes de liaison au sol et aujourd'hui l'OCP (Optimised

roue est perpendiculaire à la route et la pression de contact entre le pneumatique et la route uniformément répartie, la surface au contact est optimale.

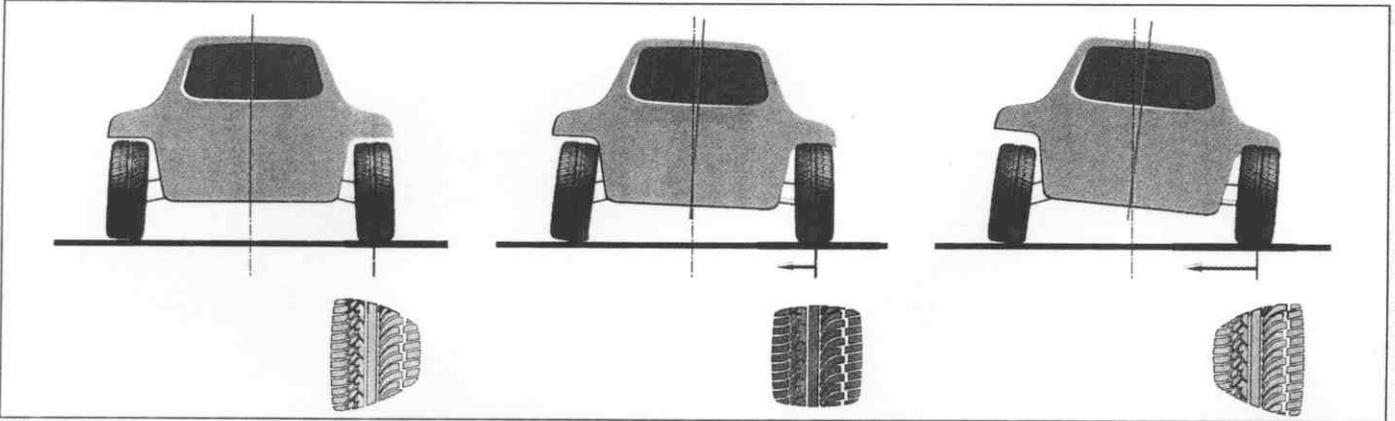
Lorsque la roue possède du carrossage (elle est inclinée par rapport à la route), la surface de contact est déformée et la pression de contact entre le pneu et la route est hétérogène. Des glissements parasites en résultent avec

usure et perte de performances.

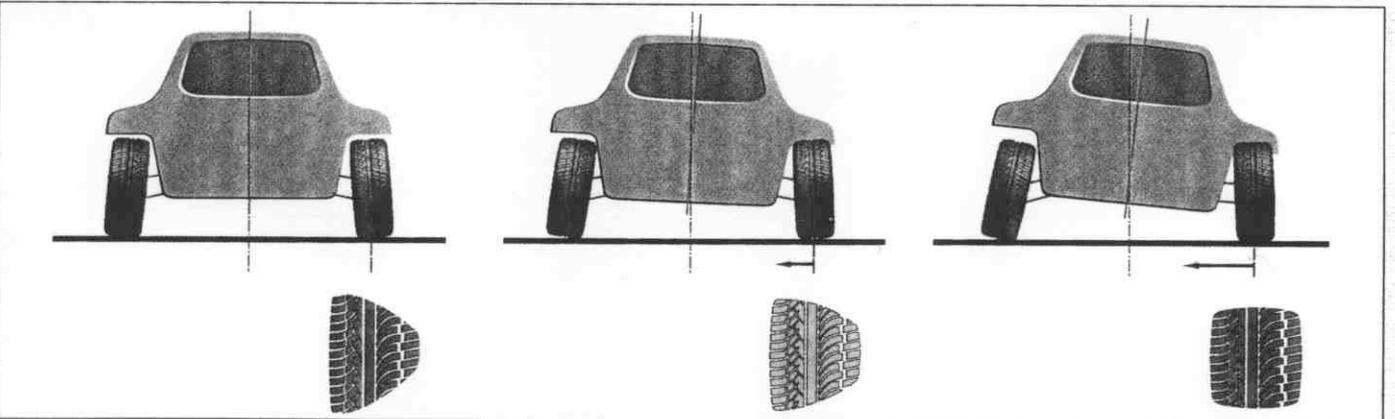
Par construction, le réglage statique de l'angle de carrossage varie suivant les véhicules. Il varie également, pour chaque type de véhicule, en roulage en fonction de la charge ou de l'inclinaison en virages. Par ailleurs, en virage, les quatre surfaces de contact des quatre pneumatiques doivent assurer la meilleure adhérence du véhicule afin de contrarier la force centrifuge qui tend



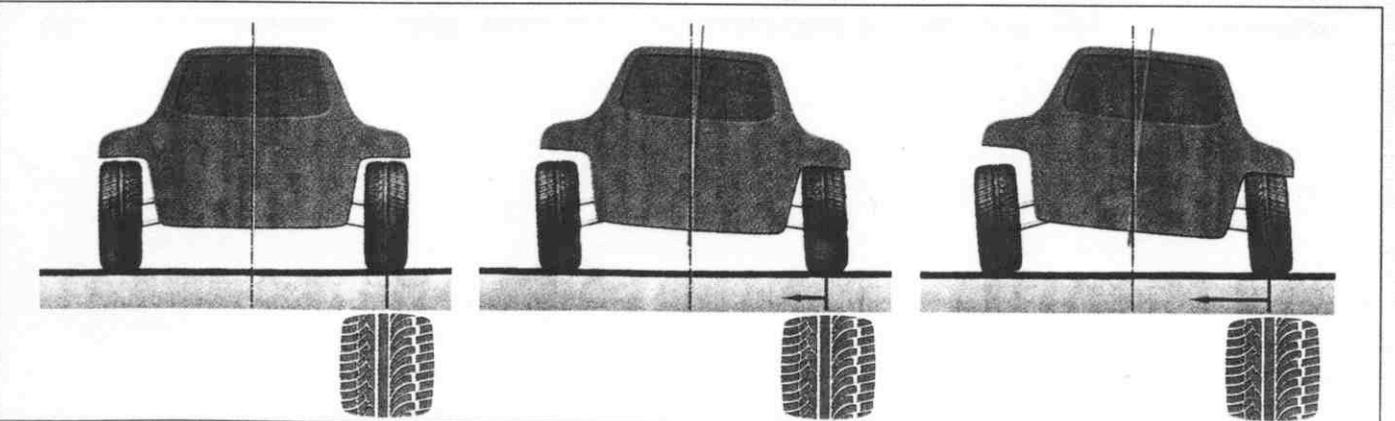
Réglage de carrossage nul : Le pneumatique, en ligne droite, travaille dans des conditions optimums assurant une adhérence maximum ainsi qu'une faible usure. En grande courbe ce réglage ne permet pas un positionnement parfait de la bande de roulement sur la route. Dans les virages serrés ou rapides ce carrossage devient catastrophique obligeant le pneumatique à rouler sur sa tranche extérieur réduisant alors sa surface de contact. Ce réglage privilégie l'usure minimum.



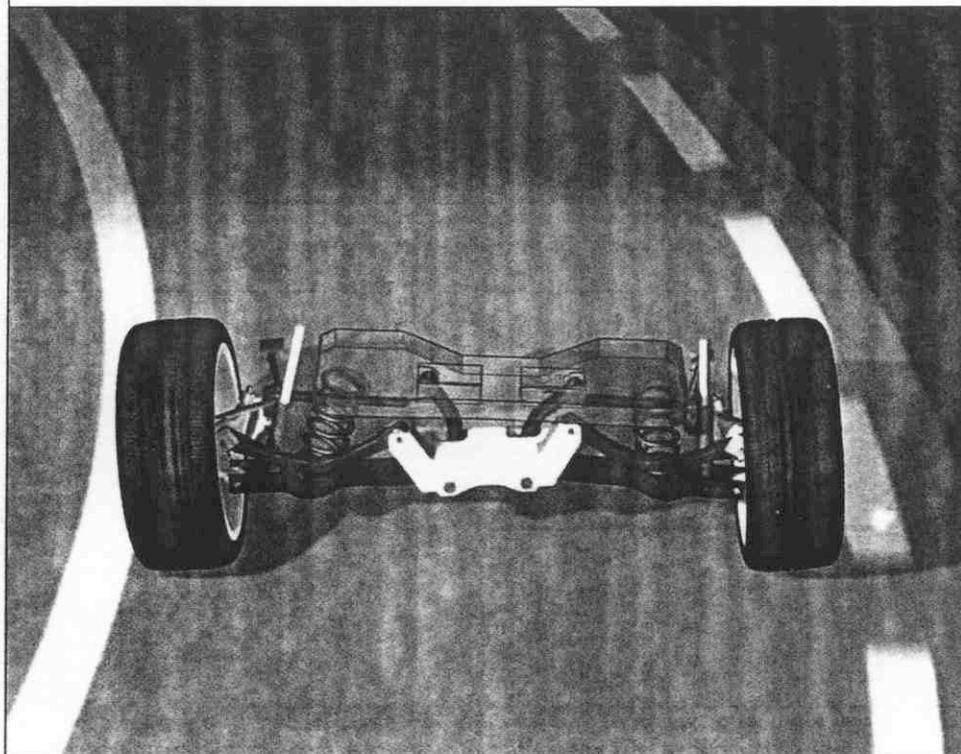
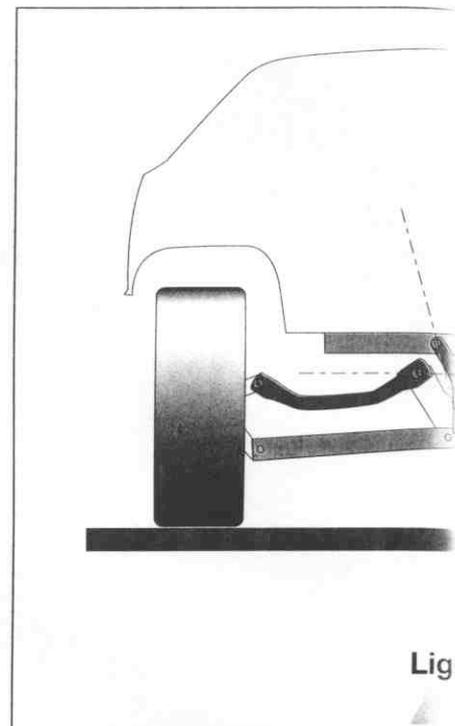
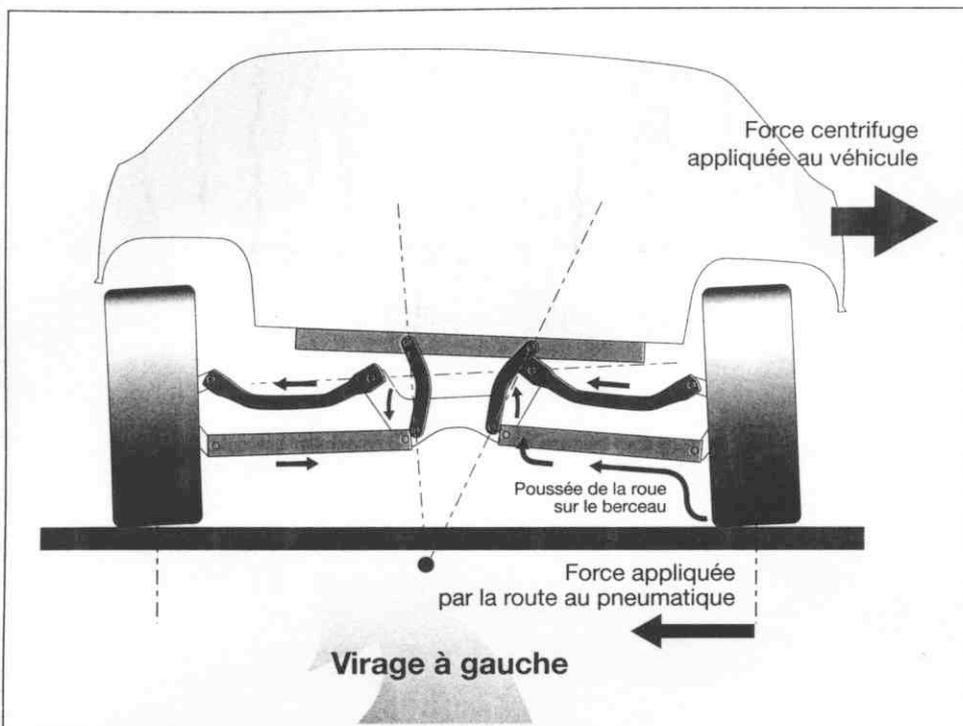
Réglage léger carrossage négatif : Le pneumatique ne pose pas sa bande de roulement parfaitement à plat dans les lignes droites. Cependant en grande courbe le pneumatique assure de bonnes performances car ce réglage permet de profiter de toute la bande de roulement. Dans les virages rapides ce carrossage se révèle encore insuffisant. C'est un réglage qui représente un compromis entre confort et tenue de route.



Réglage carrossage négatif prononcé : La position est médiocre en ligne droite, obligeant les pneumatiques à rouler sur la tranche intérieure. Dans les grandes courbes ce réglage améliore son positionnement de la bande de roulement. Il devient performant dans les virages rapides. Il est plutôt utilisé en compétition ou sur les voitures de sport.



Système Michelin : Dans tous les cas de figures, le système Michelin permet un carrossage idéal.



Virage à gauche : La carrosserie du véhicule est logiquement tirée vers la droite par la force centrifuge. Le berceau supérieur (en vert) qui est solidaire de la carrosserie pousse sur les biellettes qui, en raison de leur positionnement de biais, inclinent en sens inverse le berceau inférieur (en jaune). Ce pivotement de droite à gauche du berceau inférieur est aidé par le mouvement de poussée du bras inférieur (en bleu clair) de la roue droite. Il tire en contrepartie le bras supérieur (en bleu foncé). La roue prend alors un carrossage négatif et se penche en quelque sorte comme une roue de moto.

Ligne droite : La carrosserie du véhicule est droite et la roue ne transmet de poussée sur le berceau inférieur (en jaune) car le carrossage n'étant transmise au roues, ces dernières restent ainsi à plat, dans de parfaites conditions.

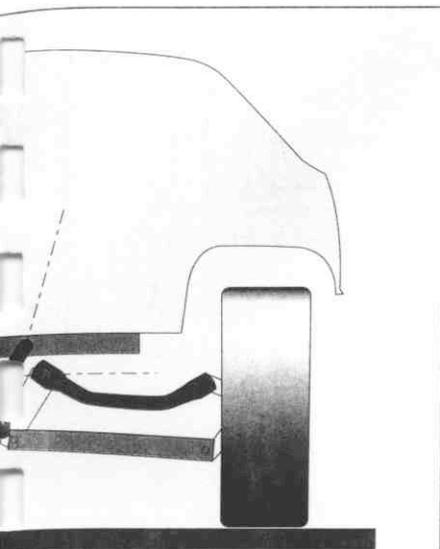
Contact Patch) est un premier système abouti. Le système mis au point par Michelin est de type passif par opposition à tout système actif qui demande un apport d'énergie. Il agit uniquement par la cinématique de son architecture. Ayant d'abord développé son idée à partir d'une feuille blanche Michelin a ensuite travaillé en fonction des cinématiques de train existantes et la plus

adéquate se trouve être l'architecture multibras. L'exemple supportant l'innovation OCP est un train arrière de berline du segment des moyennes supérieures.

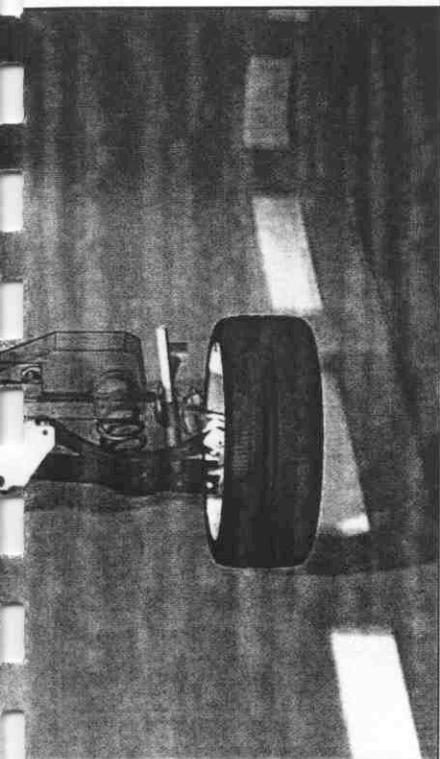
L'essieu à surface de contact optimisée OCP Permet d'incliner la roue à l'intérieur du virage (comme une moto) afin de conserver en virage et en ligne droite une empreinte de contact

optimale.

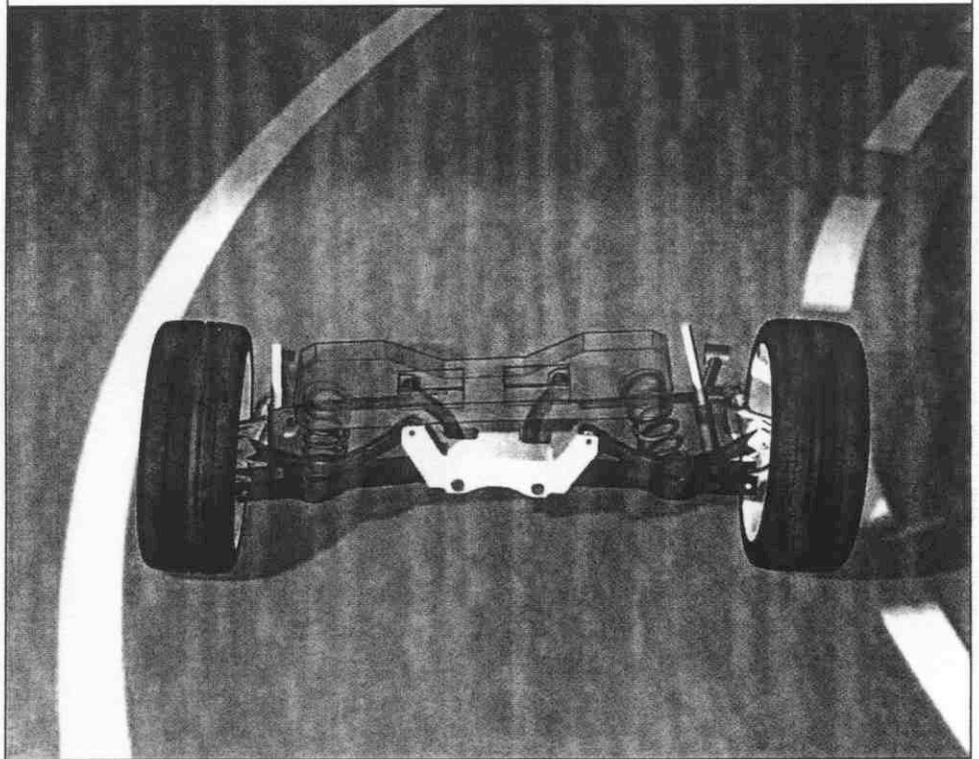
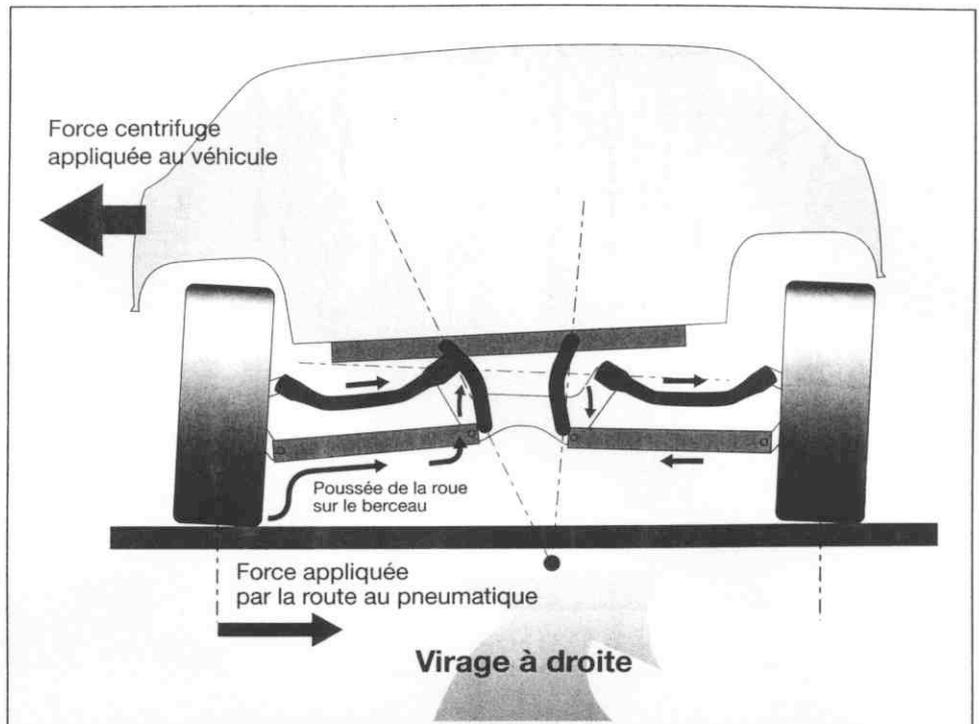
La déformation en virage due à la dérive existe, l'idée de base a donc été dans le principe de créer une variation de carrossage dans le sens négatif s'opposant à celle positive engendrée par la dérive. Le but étant de les faire s'annuler. Tout le travail de recherche a donc consisté à définir une liaison au sol donnant la cinématique appropriée



oite



Aucune force sur le berceau supérieur (en vert). Aucune
reste parallèle au berceau supérieur. Aucune modification
es. La bande de roulement du pneumatique travaille



Virage à droite : Le processus est à l'inverse du virage à gauche. La carrosserie du véhicule est maintenant logiquement tirée vers la gauche par la force centrifuge. Le berceau supérieur (en vert) qui est solidaire de la carrosserie pousse sur les biellettes qui, en raison de leur positionnement de biais, inclinent en sens inverse le berceau inférieur (en jaune). Ce pivotement de gauche à droite du berceau inférieur est aidé par le mouvement de poussée du bras inférieur (en bleu clair) de la roue gauche. Il tire en contrepartie le bras supérieur (en bleu foncé). La roue prend alors un carrossage négatif et se penche.

adaptant le carrossage du pneu pour minimaliser l'usure et maximaliser l'adhérence notamment latérale.

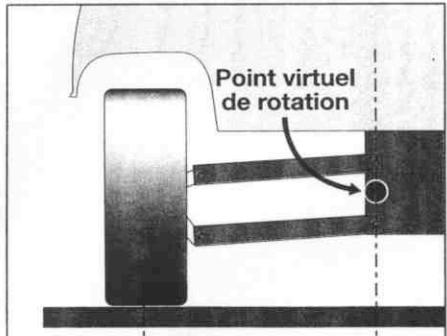
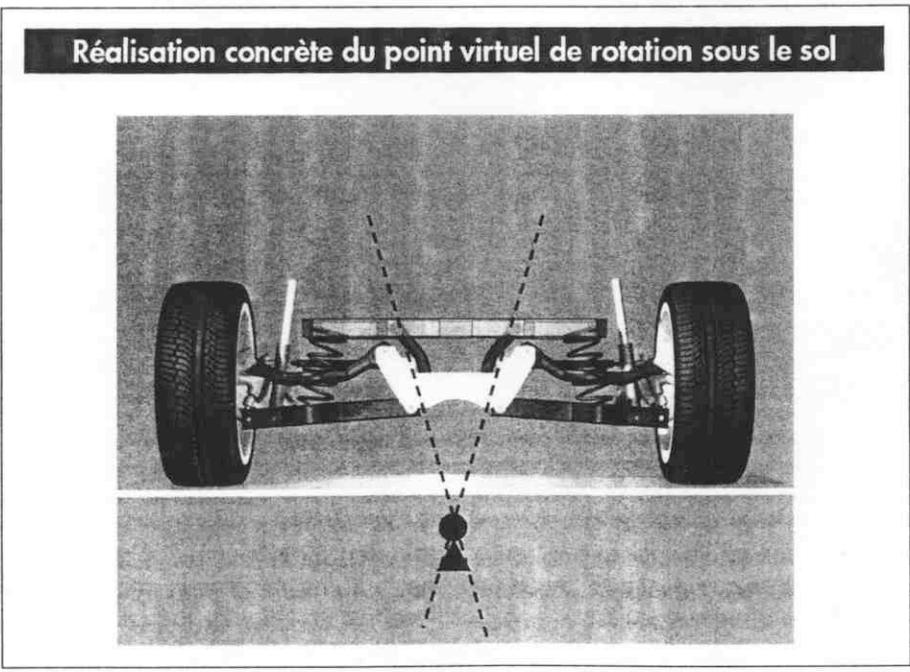
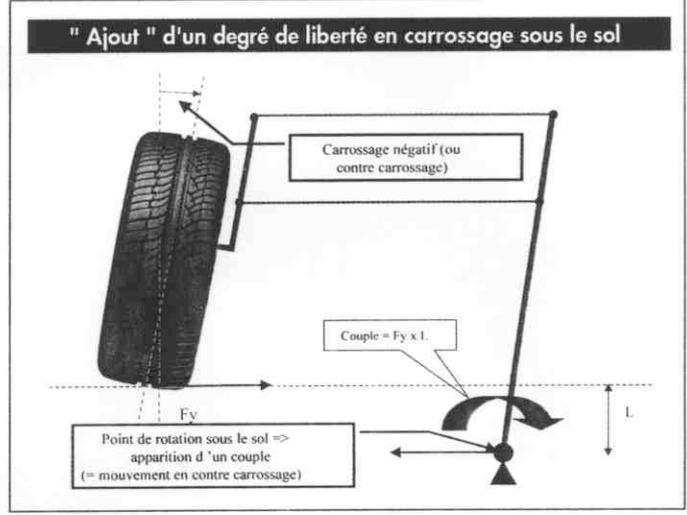
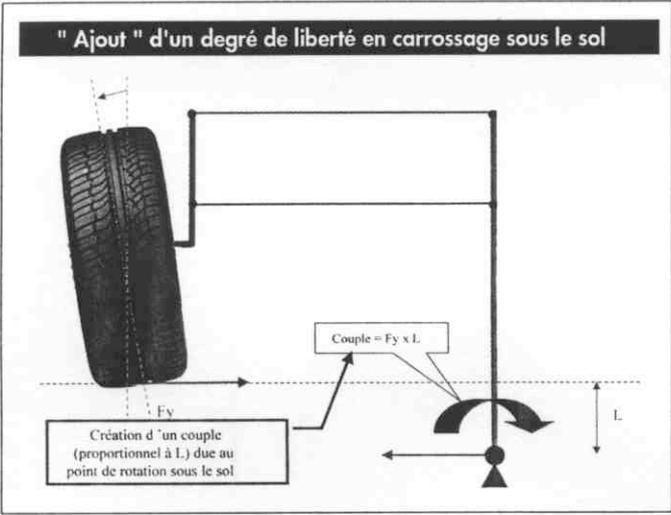
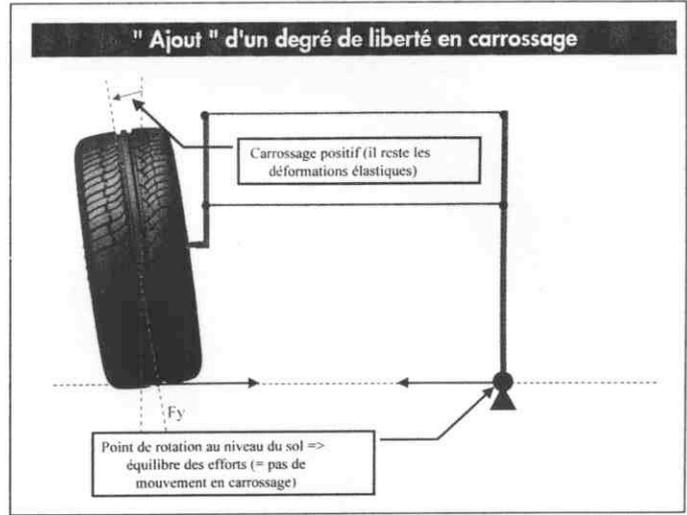
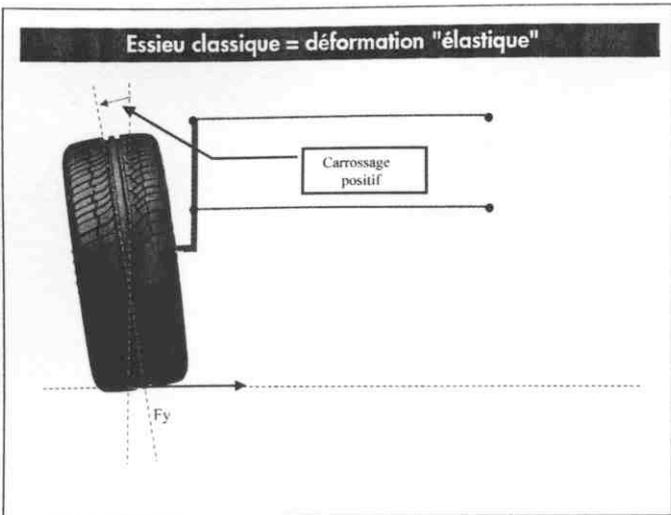
Aujourd'hui, les systèmes permettant une dérive positive et un carrossage proche du négatif sont les seuls systèmes dits " actifs ". La Xantia Activa a été équipée d'un tel système et à l'heure actuelle seuls Mercedes et BMW commercialisent de tels équipements, mais

ces systèmes ne limitent que le roulis et surtout ils ne corrigent pas l'angle de carrossage qui reste positif.

Michelin a travaillé sur un système passif en recherchant à réagir par rapport aux forces latérales, source de la déformation de l'aire de contact du pneumatique. A partir d'un train classique, les ingénieurs ont cherché à donner à l'angle de carrossage un cer-

tain degré de liberté. Pour ce faire ils ont imaginé un point de rotation virtuel (centre de rotation de la suspension par rapport au châssis).

Concrètement à partir d'un train roulant arrière multibras on peut dire que le berceau support a été découpé en deux parties. L'essieu OCP se compose de deux berceaux et de deux biellettes de liaison. Une partie supérieure ou ber-



Dans le cas d'un positionnement du point de rotation tel qu'illustré sur ce schéma, il n'y a pas de possibilité de création de carrossage négatif.

Fonctionnement (voir dessins)

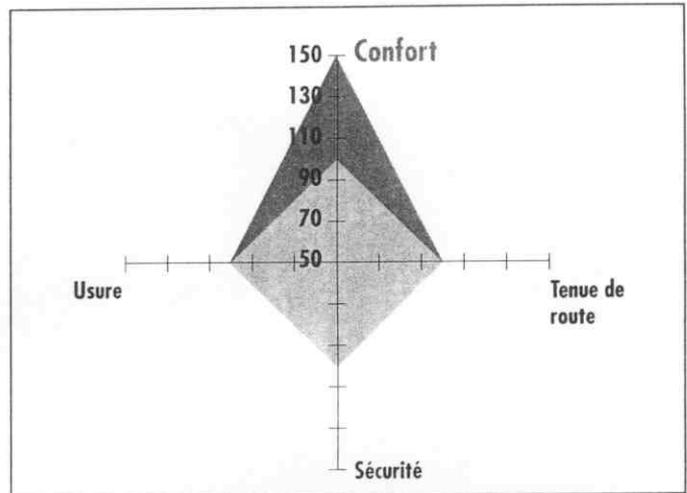
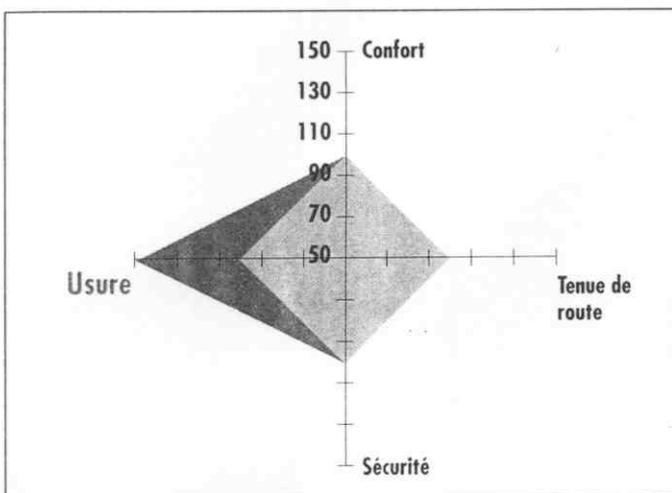
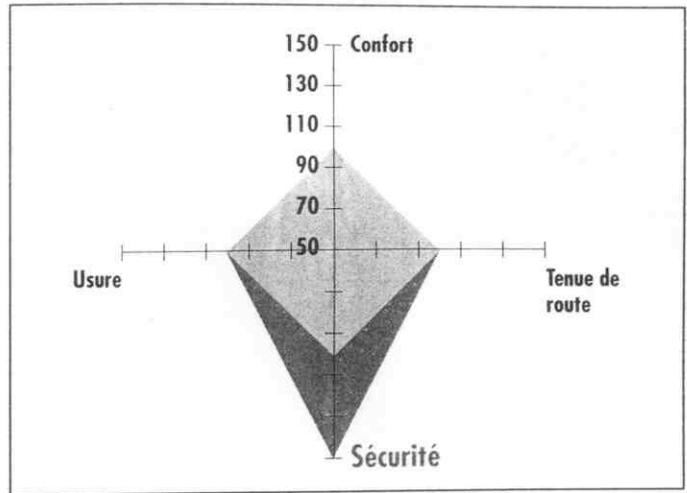
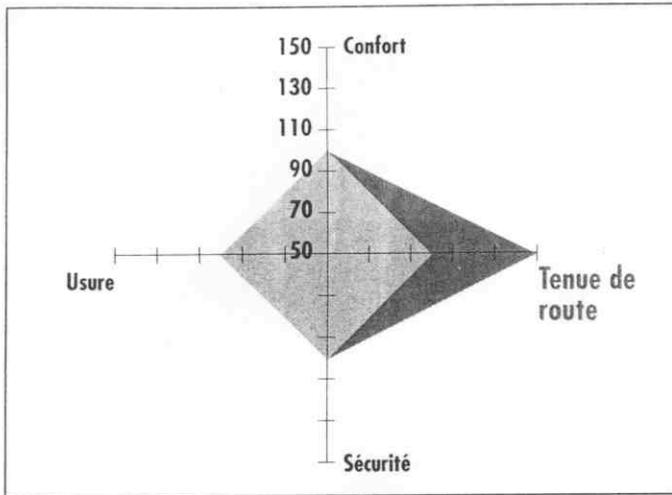
Toute l'idée repose sur la modification de l'angle de carrossage afin de garantir la meilleure surface de contact du pneu sur le sol.

Véhicule sans OCP. En virage, le véhicule prend du roulis et s'incline vers l'extérieur du virage : les roues prennent du carrossage positif (dérive + roulis).

Véhicule avec OCP : En virage le

ceau supérieur solidaire de la carrosserie et servant à l'accrochage haut des biellettes et le berceau inférieur, mobile et oscillant recevant l'accrochage in-

férieur des biellettes OCP et les liaisons habituelles des bras au berceau. Les biellettes OCP sont articulées sur les deux berceaux.

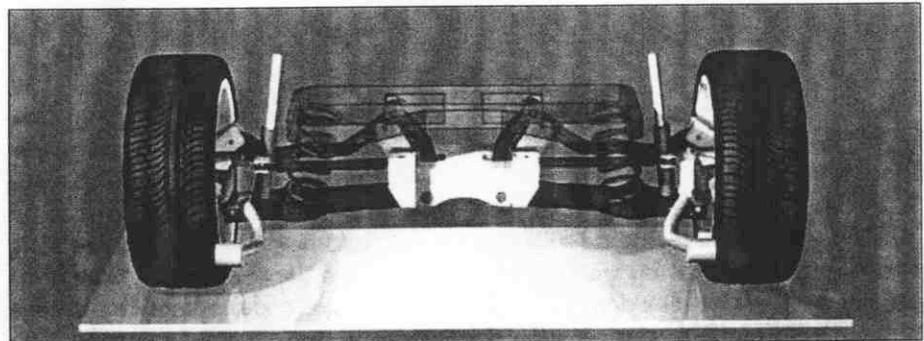


Grâce à l'essieu OCP Michelin, le gain en performances s'applique à tous les domaines caractéristiques du pneumatique. L'explication est toute simple c'est l'augmentation de la surface de contact au sol en toutes circonstances qui permet ce résultat étonnant.

véhicule prend du roulis mais la roue, contrairement au véhicule normal, prend du carrossage négatif. Explication : sur le véhicule normal la suspension n'a de liberté de débattement qu'en vertical. Dans l'essieu OCP, à cette liberté s'ajoute celle de liberté en carrossage, parce que le berceau inférieur sur lequel sont " accrochés " les bras peut osciller. Par construction l'axe de rotation de ce berceau oscillant est situé " virtuellement " au-dessous du sol, ce qui a pour effet de provoquer un couple

La géométrie du train étant libre en rotation mais liée dans son mouvement par la biellette verticale de liaison, celle-ci agit sur la triangulation inférieure avec une force de poussée qui va imprimer à la roue extérieure du carrossage négatif, tandis que la roue intérieure va prendre également du carrossage négatif mais par traction sur la triangulation inférieure. N'oublions pas que nous avons une cinématique de parallélogramme.

Comme on le devine cette innova-



Vue de face de l'essieu OCP Michelin.

tion, expérimentée sur un véhicule de moyenne gamme supérieure français permet au pneumatique de travailler dans de meilleures conditions en augmentant de manière très sensible sa surface de contact. Il en résulte une amélioration des performances dans tous les domaines d'action du pneu sans que l'une soit détériorée. La valeur du gain dans les différents axes pouvant toujours être interprétée et choisie.

Une nouvelle fois Michelin montre son savoir faire dans ce métier difficile qu'est celui de la liaison au sol.

C'est parce que le pneumatique fait

partie de la suspension que le manufacturier de Clermont Ferrand s'est intéressé au système de liaison au sol. La connaissance des interactions pneu/sol et pneu/véhicule permet d'appréhender les problèmes et les solutions de la liaison au sol de manière différente. Ainsi c'est grâce à la forte expertise de ses ingénieurs, techniciens, pilotes et des moyens puissants d'essais et de calcul dont il dispose que Michelin a pu innover dans ce domaine précis qu'est la liaison au sol. A suivre. ■

R.G.