



Angoli caratteristici delle ruote

L'ASSETTO DIETRO L'ANGOLO

La perfetta messa a punto dell'assetto passa per la scelta degli angoli ruote. Un'operazione "quasi a costo zero", di fondamentale importanza per migliorare le performance dinamiche dell'auto

➔ Più volte abbiamo sottolineato quanto sia difficile mettere a punto l'assetto e non solo perché ogni modello d'automobile fa storia a sé. Al di là delle poche regole di carattere generale che si possono seguire senza grandi controindicazioni (magari suddividendo i veicoli in grandi categorie di appartenenza), il vero problema è che i parametri in gioco sono moltissimi e, anche

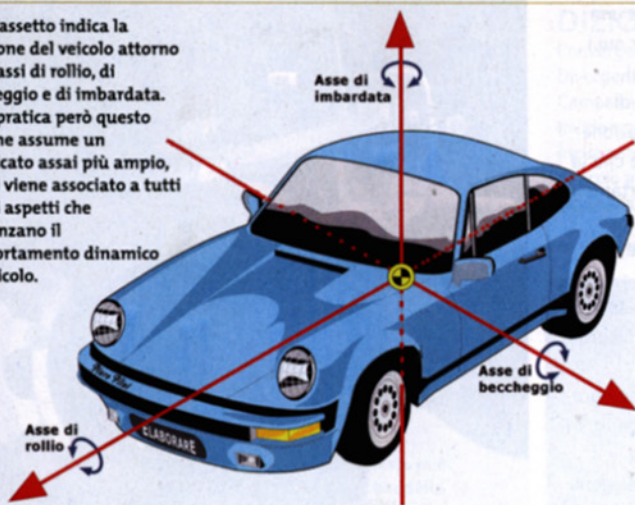
quando se ne modifica uno soltanto, gli effetti si ripercuotono sugli altri! L'assetto è l'arte del compromesso e non c'è modo di renderlo perfetto, perché è il frutto di esigenze contrastanti; quello che premia la maneggevolezza nel misto peggiora la stabilità nei tratti veloci, così come quello che ottimizza la frenata e l'inserimento in curva, probabilmente non favorisce la



Sopra, la Renault Clio 1.8 16V provata su Elaborare 121. Oltre all'assetto ribassato, alle barre antirollio Gr.N e ai distanziali, utilizza i bracci inferiori della Renault 19, più lunghi, per portare il cambio anteriore a ben 4°20', l'ideale per la pista!

A lato, la preparazione della Opel GT presso la Ferretti Gomme di Roma per il test di allineamento delle ruote.

Fig. 1 L'assetto indica la rotazione del veicolo attorno ai tre assi di rollio, di beccheggio e di imbardata. Nella pratica però questo termine assume un significato assai più ampio, difatti viene associato a tutti quegli aspetti che influenzano il comportamento dinamico del veicolo.



succede quando il veicolo è in movimento e quali parametri entrano in gioco.

Dinamica del veicolo

Le sospensioni assumono la "posizione statica" solo quando l'auto è ferma o viaggia a velocità costante su una superficie liscia come un biliardo. In tutte le altre condizioni

di marcia, in curva, in frenata e via dicendo, i trasferimenti di carico dinamici fanno muovere le sospensioni. Queste ultime sono costituite da vari bracci (di collegamento tra le ruote e la scocca) articolati rispetto a un fulcro reale o fittizio. Durante questo "spaziolamento della sospensione" la ruota assume, rispetto al terreno, posizioni

effettuata per assicurare il massimo rendimento dei pneumatici, perché questa è l'interfaccia tra veicolo e suolo che determina la tenuta di strada e la guidabilità!

Angoli delle ruote

Così come il rollio, il beccheggio e l'imbardata identificano "l'assetto del veicolo", gli angoli caratteristici sanciscono "l'assetto delle ruote". I più noti sono quelli riferiti alla posizione statica della ruota, convergenza e campanatura. Tuttavia, per individuare con precisione le geometrie della sospensione si tiene conto di altri due angoli di inclinazione dell'asse di sterzata, quello longitudinale (incidenza) e quello trasversale (inclinazione del montante) e infine di due distanze di "braccio a terra", anch'esse longitudinale e trasversale. Dunque i parametri in gioco sono sei in tutto, ma non tutti sono

regolabili, anzi! Fino a qualche decennio fa c'erano parecchie regolazioni sulle sospensioni, mentre oggi quasi tutti i costruttori realizzano geometrie "fisse", lasciando ai gommisti la possibilità di regolare la sola convergenza all'avantreno e più raramente quella al retrotreno. Ciò non toglie che alcuni marchi, soprattutto tedeschi e giapponesi, su gran parte o tutta la gamma di vetture permettano di regolare, oltre alla convergenza sui due assi, anche l'incidenza. Ad ogni modo, attraverso mirati interventi di tuning, si possono variare parametri dell'assetto considerati non modificabili. Il comportamento dinamico dell'auto ovviamente cambierà, ma come? L'unico modo per saperlo è di analizzare i problemi singolarmente, effettuare un solo ritocco alla volta e, con tutte le cautele del caso, sperimentare i risultati in pista!

motricità all'uscita dalla svolta. Non a caso le vetture da competizione mettono a punto l'assetto ogni volta che cambia la pista; certamente c'è una "base di partenza" decisa a inizio stagione, ma viene sempre modificata: a volte in un modo, mentre altre in senso diametralmente opposto. Insomma, la materia è così

Cos'è l'assetto

Tecnicamente è la rotazione angolare del veicolo intorno ai tre assi (longitudinale, trasversale e verticale) che passano per il suo baricentro; in altre parole l'assetto definisce gli angoli di rollio, di beccheggio e di imbardata che assume l'auto in movimento (Figura 1). Ad ogni modo con



La Opel GT sul banco di allineamento ruote Corgi che si avvale di un sofisticato sistema di telecamere, nella foto in alto a sinistra, per misurare gli angoli caratteristici delle ruote.

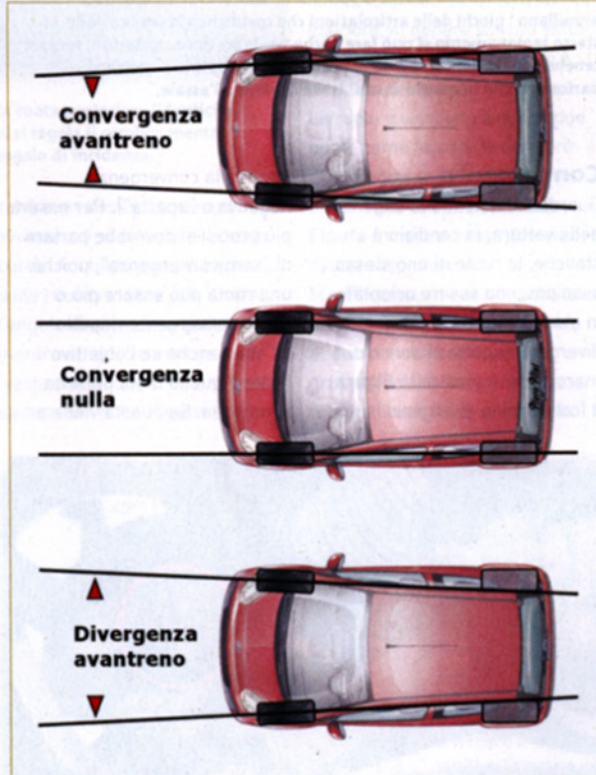


Fig. 2 Guardando dall'alto le ruote di uno stesso asse si può notare se convergono, divergono (convergenza negativa o aperta) o si mantengono parallele rispetto al senso di marcia. L'esempio mostra i tre casi per l'avantreno ma lo stesso si può dire anche per il retrotreno. In caso di asimmetria nella semiconvergenza di un asse, la vettura "tira" da un lato. La convergenza è un angolo che si misura in condizioni statiche e dovrebbe essere misurato in gradi e minuti primi; tuttavia si preferisce quantificarlo in millimetri per avere una maggiore precisione.

complessa che ogni tentativo di semplificarne la trattazione sfocia inevitabilmente in una serie di inesattezze più o meno gravi! Non è facile reperire testi che trattano l'argomento in maniera completa, anche perché ogni possibile architettura di sospensione si comporta diversamente dalle altre; pertanto è soprattutto l'esperienza dei tecnici che permette di risolvere i problemi in un mondo dove l'auto si evolve in fretta.

questo termine l'appassionato e gli addetti ai lavori intendono genericamente tutto ciò che influenza il comportamento dinamico della vettura: dalle sospensioni (molle, ammortizzatori, barre antirollio) alle ruote (cerchi, distanziali e angoli caratteristici dei due assali), passando per molti altri particolari come snodi, boccole e regolazioni varie. Prendendo per buona questa definizione "globale", cerchiamo di capire cosa

angolari diverse da quella statica. Ciò significa che mentre l'auto viaggia, il pneumatico si orienta in vari modi rispetto al suolo riducendo la sua impronta a terra: ecco il punto! Per garantire il massimo delle performance dinamiche, il veicolo dovrebbe "sempre" disporre di quattro orme di gomma sull'asfalto più ampie possibile, invece non è così. Semplificando il concetto, si può affermare che la messa a punto dell'assetto viene

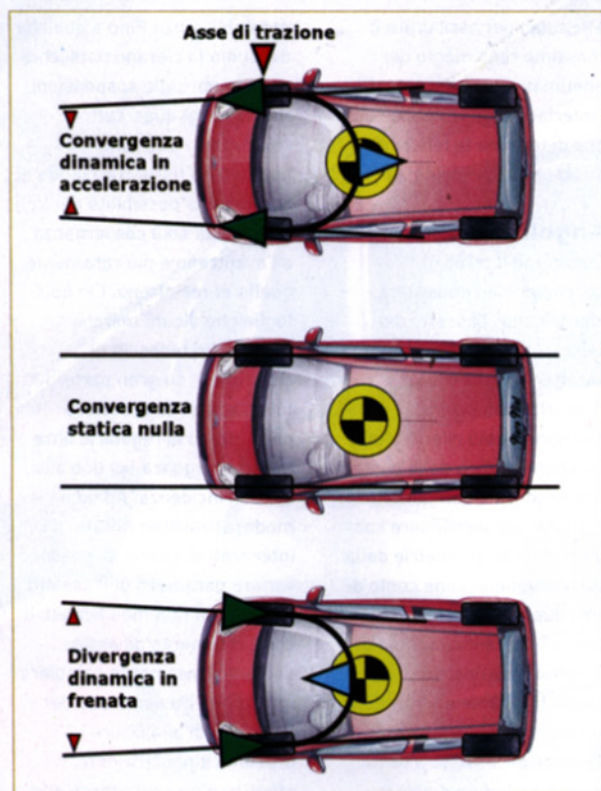
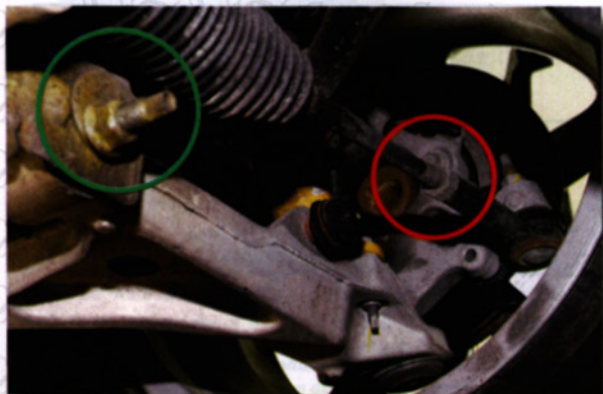


Fig. 3 Una vettura a trazione anteriore, supponendo che abbia "staticamente" una convergenza nulla all'avantreno, in condizioni dinamiche può assumere una convergenza positiva o negativa, rispettivamente in accelerazione e in frenata. Ciò si verifica perché le forze di trazione e di frenata (che possono avere lo stesso verso o quello opposto rispetto alla massa -applicata al baricentro- della vettura), annullano i giochi delle articolazioni che costituiscono la sospensione. Lo stesso ragionamento si può fare anche per le trazioni posteriori, sempre tenendo conto del verso e della posizione della spinta rispetto al baricentro, che in questo caso si trova davanti all'assale.

Convergenza

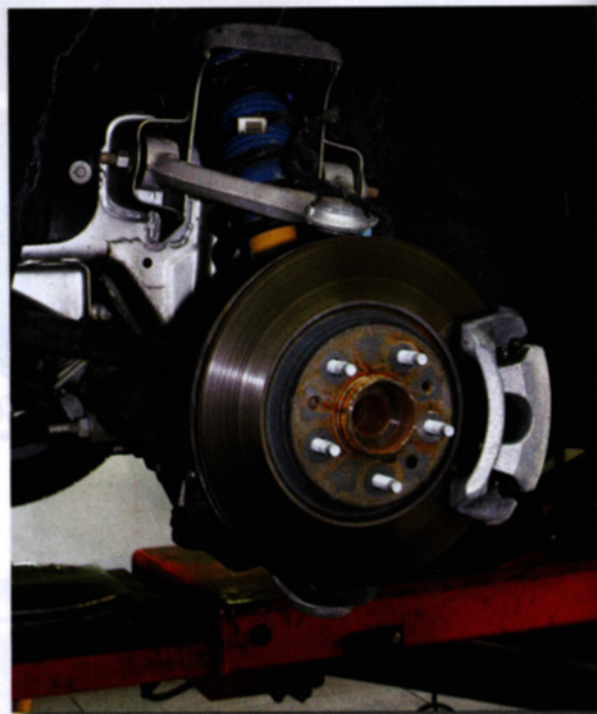
Guardando dall'alto la sagoma della vettura, in condizioni statiche, le ruote di uno stesso asse possono essere orientate in modo da convergere o divergere rispetto al senso di marcia come mostra la **Figura 2** (col termine divergenza si

intende la convergenza "negativa o "aperta"). Per essere più precisi si dovrebbe parlare di "semiconvergenza", poiché una ruota può essere più o meno convergente rispetto all'altra anche se l'obiettivo finale è quello della perfetta simmetria. Se questa viene a

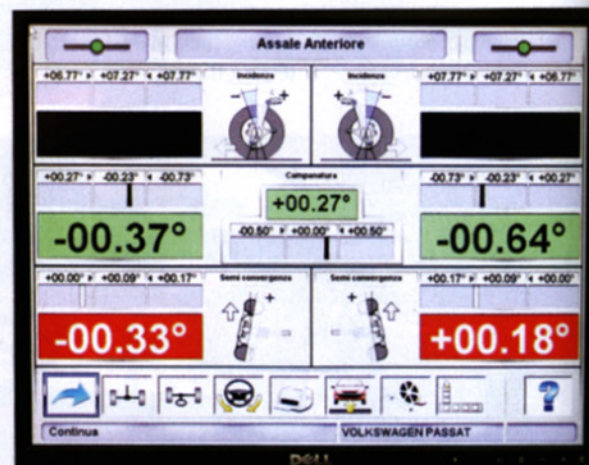


Le regolazioni della sospensione anteriore della GT. Il cerchio verde identifica uno dei due eccentrici sul braccio inferiore che permette di regolare la campanatura e l'incidenza. Quello rosso invece, indica il bullone che permette di variare la lunghezza del tirante dello sterzo per modificare la semiconvergenza.

manicare l'auto "tira" da una parte, ed è il motivo per cui i costruttori concedono al gommista la possibilità di effettuare questa regolazione all'avantreno. Da notare che la convergenza è un importante parametro anche per il retrotreno. Per sfruttare al meglio i pneumatici, la convergenza dovrebbe essere nulla; allora perché la misura "statica" prevista dal costruttore contempla sempre un angolo positivo o negativo? Il motivo è semplice: tutte le articolazioni della sospensione presentano un certo gioco e durante l'uso del veicolo ogni forza scambiata col terreno (in frenata, curva e accelerazione) modifica l'angolo di convergenza. La **Figura 3** mostra come si comporta una trazione anteriore che staticamente ha la convergenza nulla. In accelerazione le ruote anteriori spingono nella direzione di marcia, mentre il baricentro del veicolo (dove si è applicata la sua massa) si trova dietro l'assale; pertanto le forze in gioco sono contrastanti e tendono a far convergere le ruote dell'avantreno. In frenata le forze applicate (alle ruote e al baricentro) hanno tutte lo stesso verso, causando la divergenza delle ruote anteriori. Analogamente, tenendo conto della posizione e del verso delle forze rispetto al baricentro, si possono determinare le variazioni della convergenza sull'asse posteriore, anche nel caso in



La sospensione anteriore della Opel GT a doppi bracci ad "A" sovrapposti, realizzati in alluminio forgiato. Sulle ruote anteriori è possibile regolare la convergenza, la campanatura e persino incidenza, una rarità per un'auto moderna!



Una videata del software Corghi che mostra chiaramente (dall'alto), l'incidenza, la campanatura e la convergenza delle ruote, in questo caso relativa all'assale anteriore di una VW Passat.



Le regolazioni della sospensione posteriore della GT. Il cerchio verde identifica uno dei due eccentrici sul braccio inferiore che permette di regolare la campanatura e l'incidenza. Quello rosso invece, indica il bullone che consente di variare la lunghezza del tirante per modificare la semiconvergenza.

cui sia motrice. Questi cambi di orientamento dei pneumatici rispetto al senso di marcia non sono di grossa entità, ma incidono sensibilmente sul comportamento dinamico del veicolo; ciò spiega perché nelle competizioni si usano gli uniball per azzerare o limitare al massimo i giochi parassiti sulle articolazioni. I costruttori prevedono per ogni modello di vettura un valore di convergenza positivo o negativo (con relativa tolleranza) in base alla tipologia del veicolo, tenendo in considerazione l'architettura delle sospensioni,

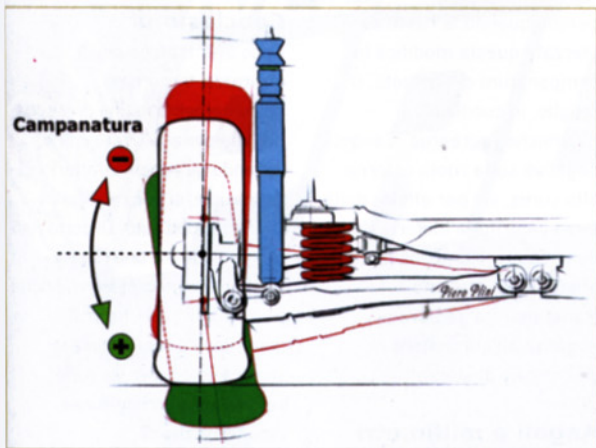
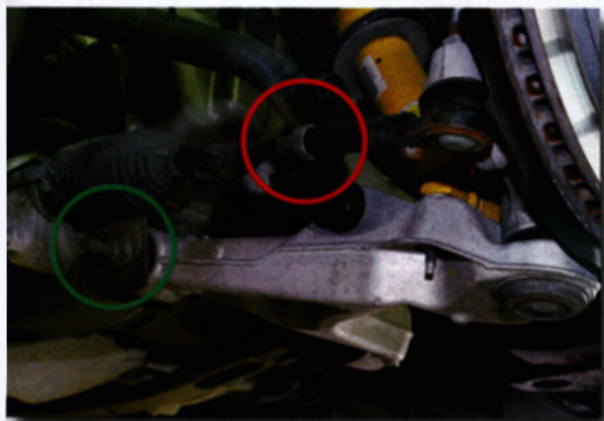


Fig. 5 La campanatura o camber, durante la marcia del veicolo può assumere un valore nullo, positivo o negativo. L'architettura della sospensione (in questo caso della Lancia Lybra) e l'ampiezza della sua escursione, determinano il valore assunto da quest'angolo.



Un'altra vista della sospensione anteriore della Opel GT: i cerchi verde (campanatura e incidenza) e rosso (convergenza) evidenziano le possibili regolazioni.

la distribuzione dei pesi, il tipo di trazione, la misura dei pneumatici e dei cerchi, ecc. In ogni caso si tratta sempre di piccoli angoli, frutto di un compromesso per garantire una corretta usura del battistrada abbinata a un buon comportamento dinamico del veicolo.

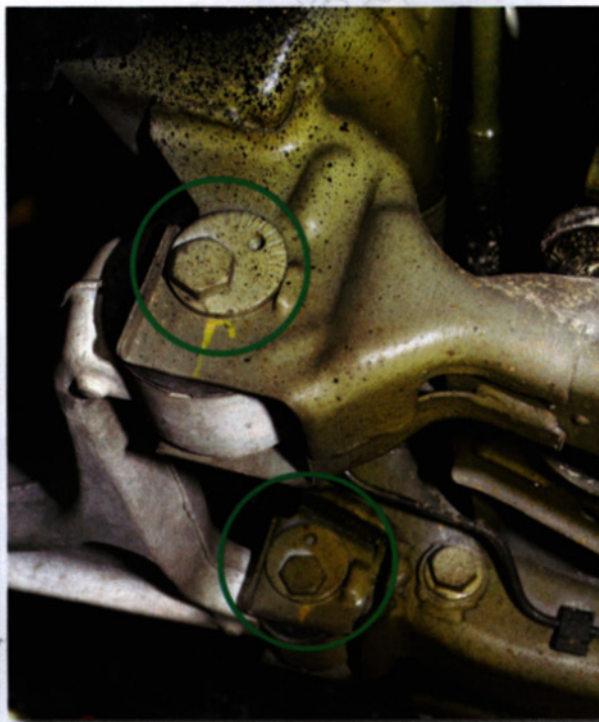
Campanatura

È l'angolo misurato (in condizioni statiche) in gradi e minuti primi tra la verticale al terreno e il piano equatoriale della ruota. Quando le ruote dello stesso asse convergono sopra il terreno la campanatura è negativa, quando divergono è positiva, mentre se i piani equatoriali delle ruote sono paralleli al terreno è nulla. In linea di massima l'angolo nullo garantisce la migliore impronta a terra e l'usura più uniforme del battistrada, almeno quando

l'auto viaggia in rettilineo o viene guidata in modo "tranquillo". In passato alcuni veicoli erano dotati di campanatura positiva (per diminuire il braccio a terra trasversale), ma questa soluzione è pessima per la tenuta dell'assale! Un famoso esempio di "positività" è quello dell'assale posteriore delle vecchie Fiat 500. Oggi la tendenza è di utilizzare piccoli angoli negativi per migliorare la tenuta di strada e, per rimediare agli eventuali eccessi di "braccio a terra trasversale", si ricorre a una maggiore inclinazione del montante (asse di sterzata trasversale). Una campanatura pronunciata sia negativa sia positiva, comporta certamente un'usura irregolare del pneumatico, ecco perché i costruttori prevedono valori piuttosto contenuti. In condizioni dinamiche questo angolo subisce delle variazioni

DIZIONARIO ITALIANO - INGLESE

Convergenza	Toe-in
Divergenza	Toe-out
Campanatura	Camber angle
Incidenza	Caster angle
Inclinazione del montante	King pin inclination
Braccio a terra trasversale	Offset
Braccio a terra longitudinale	Caster trail



I due eccentrici sul braccio inferiore della ruota posteriore (identici a quelli all'anteriore). Agendo su entrambi si regola il camber, mentre ruotandone uno soltanto si modifica l'angolo di incidenza.

ogni volta che la sospensione si muove rispetto alla posizione statica. La **Figura 4** mostra come, un angolo di campanatura staticamente nullo, può diventare negativo quando la sospensione si comprime per assorbire l'urto

contro un dosso. Lo stesso avviene con il rollio dell'auto in curva. Anche in questo caso sulle ruote esterne alla svolta l'angolo diventerà negativo, mentre su quelle interne (sospensioni che si estendono) sarà positivo. La **Figura 5**,

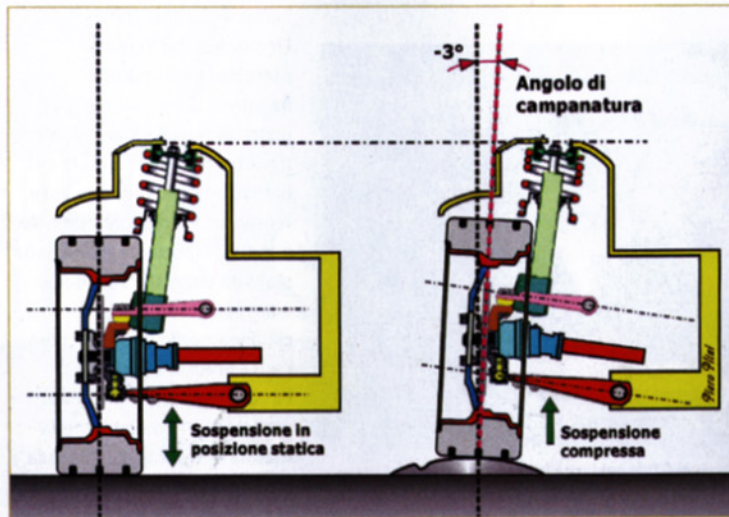


Fig. 4 La campanatura è l'angolo misurato in condizioni statiche tra la verticale al terreno e il piano equatoriale della ruota. Quando le ruote dello stesso asse convergono sopra il terreno è negativo, quando divergono è positivo. L'esempio mostra come un angolo di camber staticamente nullo, può diventare negativo quando la sospensione si comprime per assorbire l'urto contro un dosso.

relativa alla sospensione posteriore della Lancia Lybra, evidenzia come nelle varie condizioni di marcia la campanatura può spaziare da negativa a positiva, passando per un angolo nullo. L'ampiezza delle escursioni ma anche e soprattutto l'architettura delle sospensioni, determina sia il segno che il valore assunto da questo angolo. La campanatura negativa migliora notevolmente la guidabilità in curva ma come abbiamo già accennato, per via del consumo irregolare del battistrada, i costruttori la limitano a piccoli angoli. Viceversa nelle corse o per la guida sportiva in pista si utilizza un angolo più pronunciato, ma di questo parleremo in una prossima puntata.

Asse di sterzo

Cerchio e pneumatico dell'asse anteriore ruotano attorno a un asse immaginario che congiunge due fulcri delle sospensioni, uno posizionato sopra e uno sotto. Il punto più basso, lo snodo del braccetto inferiore, in genere si trova sotto il porta mozzo, mentre l'altro è lo snodo del braccetto superiore. La ruota è vincolata a questi due punti, come fossero le cerniere di una porta, e può essere direzionata con lo sterzo. La **Figura 6** mostra l'asse di sterzo di una sospensione MacPherson: in questo caso il fulcro superiore (A) corrisponde al duomo, alla sommità del gruppo molla/ammortizzatore, mentre l'altro (B) è sullo snodo

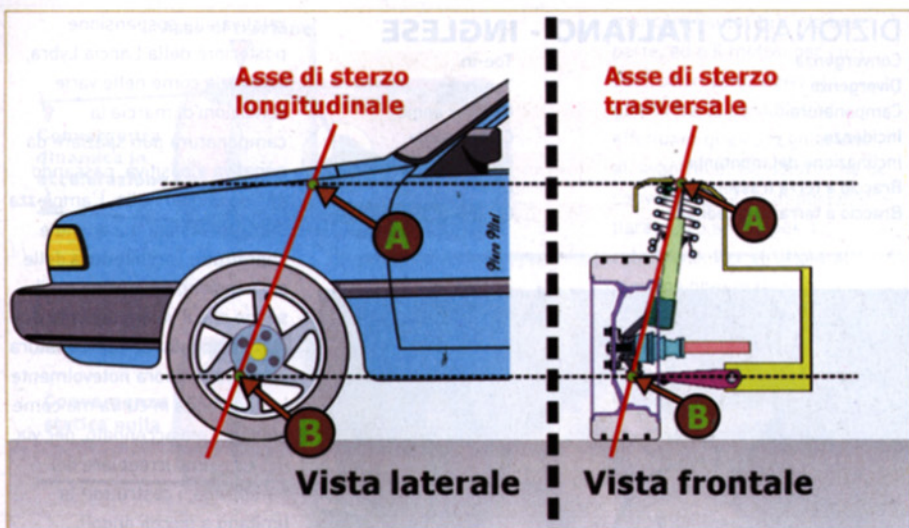


Fig. 6 L'asse di sterzata delle ruote anteriori (linea rossa tratteggiata) passa per i due fulcri della sospensione (uno sopra "A" e uno sotto "B") come mostrano i due esempi di vista frontale e laterale. Durante la sterzata la ruota gira attorno ai punti A e B come fossero le cerniere di una porta. Gli esempi riportati, relativi a una sospensione MacPherson, permettono di individuare l'incidenza (a sinistra), molto importante per la guidabilità del veicolo e l'inclinazione del montante (a destra).

del porta mozzo. L'asse di sterzata tratteggiato in rosso, che figura nella vista frontale e in quella laterale, risulta dunque inclinato sia longitudinalmente che trasversalmente e il suo orientamento è molto importante, perché determina sia l'angolo di incidenza sia quello di inclinazione del montante.

Inclinazione del montante

Questo angolo è sempre positivo, poiché l'inclinazione dell'asse trasversale (a destra di **Figura 6**) incontra sempre l'asse di mezzieria del veicolo sopra il terreno. La sua inclinazione però è importante, poiché sancisce l'entità del braccio a terra trasversale (che

è una distanza misurata in millimetri), responsabile del riallineamento automatico dello sterzo delle ruote in curva e in rettilineo (reazione alle asperità del fondo stradale). Di quest'ultimo parametro ci occuperemo in modo più approfondito in una prossima puntata, perché può essere facilmente (nonché inavvertitamente!) modificato con l'uso di distanziali o sostituendo i cerchi originali.

Incidenza

Questo angolo, salvo rare eccezioni, è sempre positivo, poiché l'inclinazione dell'asse longitudinale (a sinistra di **Figura 6**) incontra il suolo sempre davanti alla verticale al terreno passante per il



mozzo ruota (ovvero in direzione del senso di marcia). Anche in questo caso l'asse di sterzata origina al suolo un braccio a terra che però è longitudinale (nella pratica è sempre positivo come l'incidenza ma in teoria potrebbe essere anche negativo). Quest'ultimo è la distanza misurata in millimetri tra il centro dell'impronta del battistrada e il suddetto asse. Il braccio a terra longitudinale è molto importante ai fini della stabilità dello sterzo e della sua capacità di auto riallineamento (proprio come l'altro braccio a terra); più l'asse di sterzata è inclinato, maggiore è la stabilità nella marcia in rettilineo. L'incidenza è importante anche e soprattutto ai fini della guidabilità in curva,

perché quando le ruote sono sterzate questa modifica la campanatura della ruota. O meglio, in condizioni dinamiche "accentua" l'angolo negativo sulla ruota esterna alla curva, sia per effetto della forza centrifuga (deformabilità delle sospensioni), sia per effetto della sterzata (campanatura sempre più negativa all'aumentare dell'angolo di sterzo!).

Angoli e millimetri

Per misurare le geometrie delle ruote in Europa si usa l'angolo giro; tuttavia in alcuni casi, come per la convergenza, si preferisce utilizzare il millimetro perché corrisponde a una frazione di grado molto

Conclusioni

Dopo aver fatto un po' di chiarezza, torneremo sull'argomento in una prossima puntata per analizzare come, variando gli angoli caratteristici delle ruote, si può modificare l'handling dell'auto. Di certo non potremo fornire una ricetta valida per ogni occasione, anche perché ogni pilota ha le sue preferenze e ogni vettura fa storia a sé, sia per via delle sospensioni (architettura e caratteristiche di rigidità/smorzamento), sia per la distribuzione dei pesi e il tipo di trazione. Ad ogni modo possiamo fornire alcune indicazioni generiche che vi consentiranno di dare vita alla fase più divertente, quella della sperimentazione in pista delle varie soluzioni, alla ricerca del "vostro assetto" giusto.

L'appassionato spesso cura l'assetto sostituendo le molle e gli ammortizzatori, ma difficilmente effettua una messa a punto finale. È un vero peccato perché le operazioni di rifinitura, come la scelta degli angoli caratteristici delle ruote, sono proprio quelle che fanno la differenza! Pertanto il nostro consiglio è di dedicare più tempo alla scelta di boccole elastiche, ai distanziali, alla pressione di gonfiaggio dei pneumatici e ovviamente agli angoli delle ruote. Oltretutto queste operazioni costano pochissimo e migliorano enormemente le performance dinamiche dell'auto!

Gli specialisti

CORGI
www.corgi.it



La ruota posteriore della Opel GT; in evidenza le regolazioni per modificare gli angoli caratteristici e l'architettura della sospensione a doppi bracci ad "A" sovrapposti.



SPECIAL THANKS Ferretti Gomme

Via di Settebagni, 298 - Roma
Tel. 06/87133910
per il servizio fotografico della Opel GT al banco allineamento ruote.