



Comprendere le

Regolazioni degli Automodelli

Radiocomandati

Sommario

I Pneumatici	4
1.1 L'attrito	4
1.2 Il cerchio di tenuta	5
1.3 L'angolo di slittamento	6
Le sospensioni	9
2.1 Le molle	9
2.2 Gli ammortizzatori.....	10
2.3 Centro di rollio	12
2.4 L'anti-beccheggio (anti-squat)	19
2.5 L'altezza da terra	19
2.6 La corsa delle sospensioni.....	19
2.7 Le barre anti-rollio.....	20
2.8 La posizione degli attacchi degli ammortizzatori.....	21
L'angolazione delle ruote	24
3.1 L'angolo di campanatura (camber).....	24
3.2 L'angolo di incidenza (caster).....	25
3.3 La convergenza (toe)	25
3.4 L'effetto Ackermann.....	27
Lo spostamento del peso	30
4.1 Trasferimento del peso in senso laterale	31
4.2 Trasferimento del peso in senso longitudinale	33
Il rapporto di trasmissione	35
La distribuzione dei pesi.....	36
La deportanza	41
Il bilanciamento	42
Come modificare l'assetto	44

Introduzione

Il contenuto di questo manuale riteniamo potrà essere utilissimo per tutti gli appassionati che vogliono comprendere a fondo il comportamento del proprio modello, sia nei momenti in cui va fortissimo e sembra incollato all'asfalto, sia quando sembra essere dotato di vita propria e si prende gioco di noi facendo proprio l'opposto di quello che vorremmo.

Tutto il contenuto di questo manuale viene da materiale trovato su internet, su manuali di automobilismo e dalla esperienza in pista. Deriva da traduzioni e lavori personali per i quali dobbiamo ringraziare Bruno Heremans, Leo e Stefano Lorenzoni.

Il risultato è un libretto che può servire a tutti quei modellisti che non sanno utilizzare internet o che non hanno tempo per ripetere la ricerca, per coloro che preferiscono ancora la cara vecchia carta stampata, magari disponibile alla consultazione anche in pista tra una manche e l'altra; il tutto per dare massima diffusione possibile ad un manuale che vale la pena di leggere.

Questo manuale può essere liberamente copiato e distribuito gratuitamente, per aumentare e divulgare maggiormente la conoscenza di quella splendida disciplina che è l'automodellismo.

I Pneumatici

I pneumatici sono l'elemento più importante che determina la guidabilità della macchina, in quanto sono l'unico punto di collegamento tra la macchina ed il terreno. Dato che la tenuta dipende soltanto dall'attrito tra la superficie del terreno e la porzione del pneumatico che tocca terra, esaminiamo ora le leggi che regolano il fenomeno dell'attrito.

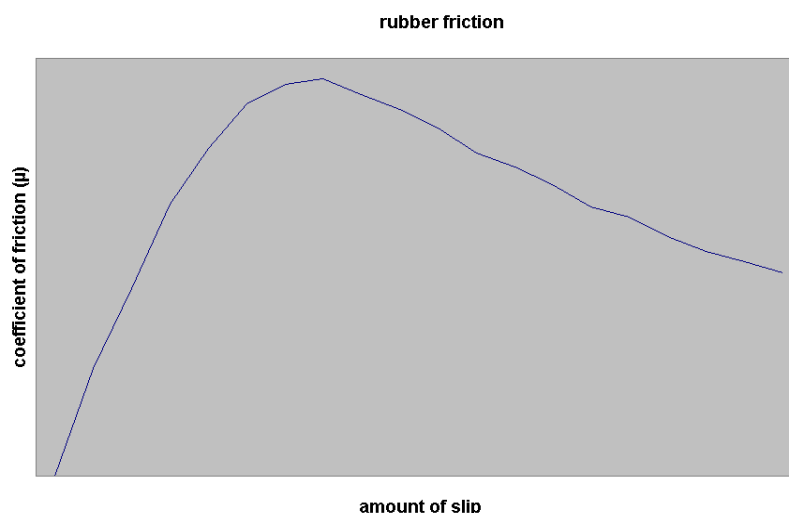
1.1 L'attrito

La formula matematica che descrive l'attrito tra due superfici è:

$$R = \mu \times F$$

dove R è la forza che si oppone allo scorrimento reciproco tra le due superfici (tangente alle superfici stesse), e F è la forza "di appoggio" (perpendicolare) tra le due superfici, mentre μ è il coefficiente di attrito.

Per un pneumatico di gomma, μ è tutt'altro che una grandezza costante: varia con la temperatura, la pressione e soprattutto in funzione dello "slittamento" del pneumatico stesso, come illustrato dalla figura seguente.



Sull'asse orizzontale troviamo l'ammontare dello slittamento del pneumatico sul terreno, dallo 0% (non c'è slittamento, si ha un rotolamento puro della ruota sul terreno) al 100% (la ruota è ferma mentre il veicolo è in movimento (frenata), o viceversa ("sgommata")). Sull'asse verticale è riportato il coefficiente di attrito corrispondente. Nella zona a sinistra del grafico, si ha lo scorrimento del materiale all'interno del pneumatico. Ciò accade quando la gomma si deforma sotto

sforzo, e la zona di contatto col terreno si sposta rispetto all'asse. Questo spostamento dà origine ad un "angolo di slittamento". Nella parte destra del grafico, l'effetto dominante è lo slittamento tra le due superfici, ed il pneumatico comincia a slittare un poco anche lateralmente. Si noti che μ raggiunge il suo valore massimo quando c'è un po' di slittamento, tipicamente tra il 5% ed il 15%. Ciò è dovuto alla particolare interazione tra la gomma ed il terreno.

In effetti, la ragione per cui il grafico ha questo strano andamento è che ci troviamo di fronte a più fenomeni concomitanti: ci sono infatti due distinti meccanismi in atto, aderenza e isteresi.

Il primo effetto, l'aderenza, è dovuto al contatto tra le molecole periferiche della gomma e della superficie del terreno. La gomma è un polimero, e la sua struttura molecolare assomiglia ad un piatto di spaghetti, mentre la superficie del terreno è per lo più di tipo cristallino, in cui gli atomi sono disposti in modo molto più compatto. Quando vi è una differenza di velocità tra le due superfici, gli "spaghetti" di atomi della gomma tendono ad allungarsi. Alcuni legami molecolari si romperanno, altri se ne formeranno, e questo processo continuerà fintanto che una superficie viene trascinata sull'altra. Ovviamente, questo processo richiede energia, e una forza, che è la forza di aderenza. Questa forza raggiunge il massimo valore quando la velocità relativa è tra 0,03 e 0,06 m/s.

Il secondo effetto, l'isteresi, è dovuto alla deformazione della gomma. Nella distorsione della forma della carcassa, in alcune zone la gomma viene compressa, in altre viene stirata. Perché possa avvenire questa deformazione, gli atomi devono muoversi gli uni rispetto agli altri, e questo è un processo irreversibile, come sempre, a causa dell'attrito. L'attrito causerà un riscaldamento del pneumatico, e, ancora una volta, ciò richiede energia, e quindi una forza. Questa forza è la forza di isteresi, che è molto simile alla forza di aderenza, solo che è determinata dall'attrito interno nel materiale del pneumatico.

La proporzione tra queste due componenti cambia al variare della forza verticale esercitata sul pneumatico e dell'ammontare dello slittamento. Ad esempio, se c'è più slittamento, la componente di isteresi sarà dominante rispetto a quella di aderenza. Se la miscela è molto morbida, la temperatura è alta e la superficie è liscia, la forza dominante sarà quella di aderenza.

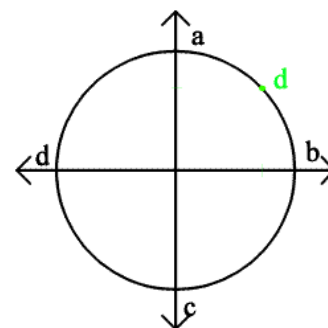
Si noti che tutto ciò è valido quando la superficie del terreno è molto dura, come asfalto o argilla molto compatta. Se la superficie non è dura, è la deformazione della superficie stessa che dà luogo alla forza di attrito: i tasselli del pneumatico penetrano nella superficie, scavandovi dei solchi. In tal caso, il grafico non ha una porzione discendente: μ cresce sempre all'aumentare del carico verticale sul pneumatico e dello slittamento. E' un meccanismo totalmente differente. Questa è anche la ragione per cui le macchine da strada perdono in direzionalità quando, nell'affrontare una curva, il peso si trasferisce sulle ruote esterne, mentre per una macchina per fuoristrada accade esattamente il contrario. Per questo motivo, è sensato che macchine da strada abbiano un'alta rigidità al rollio (si pensi alle barre anti-rollio), al contrario di quelle per fuoristrada.

1.2 Il cerchio di tenuta

Ora che sappiamo come funziona l'attrito, e come di solito sia massimo quando c'è un po' di slittamento, vediamo come influenza il comportamento di guida della macchina.

A meno che la scolpitura del pneumatico non sia asimmetrica, l'attrito è lo stesso in tutte le direzioni, e anche il suo valore massimo è lo stesso in tutte le direzioni. Questo fatto può essere rappresentato dal cerchio di tenuta.

La componente verticale del grafico rappresenta l'accelerazione e la decelerazione, mentre la componente orizzontale rappresenta la sterzata



a destra e a sinistra. Il massimo valore di tenuta (grip) si ha sulla circonferenza del cerchio, e l'area del cerchio stesso rappresenta il valore totale dell'attrito tra il pneumatico e la strada.

Ovviamente, per ottenere i tempi migliori bisogna sfruttare i pneumatici fino al loro limite massimo. Quindi, per frenare nel minor spazio possibile, bisognerà far lavorare i pneumatici sul punto C del grafico. Se la frenata è troppo violenta, e si oltrepassa il punto C, le ruote slitteranno, e la distanza di arresto aumenterà. Stessa cosa per l'accelerazione: se si oltrepassa il punto A, le ruote slitteranno molto e l'accelerazione sarà minore. E' anche possibile oltrepassare i limiti di tenuta durante una curva (punti D e B), e andare in testa-coda.

Ma la parte più difficile da valutare non sono gli assi, bensì i punti intermedi del grafico. Il punto d, per esempio, rappresenta una situazione in cui la macchina sta curvando a sinistra e accelerando. Si noti che d si trova sulla circonferenza del cerchio, eppure la macchina non sta né accelerando né curvando alla velocità massima, bensì ad una intermedia. Supponiamo di star accelerando quanto più possibile (punto A), quando si sterzano leggermente le ruote a sinistra. Sul grafico, ciò significa che ci si viene a trovare in un punto a sinistra di A, ovvero fuori dal cerchio, quindi le ruote perderanno la presa sul terreno, e la macchina non curverà (trazione anteriore) oppure andrà in testa-coda (trazione posteriore). Un altro fatto degno di nota è che per ottenere la massima direzionalità, non dovrebbe essere applicata alcuna potenza alle ruote (punti B e D). Per converso, per ottenere la massima accelerazione possibile, le ruote dovrebbero essere perfettamente dritte.

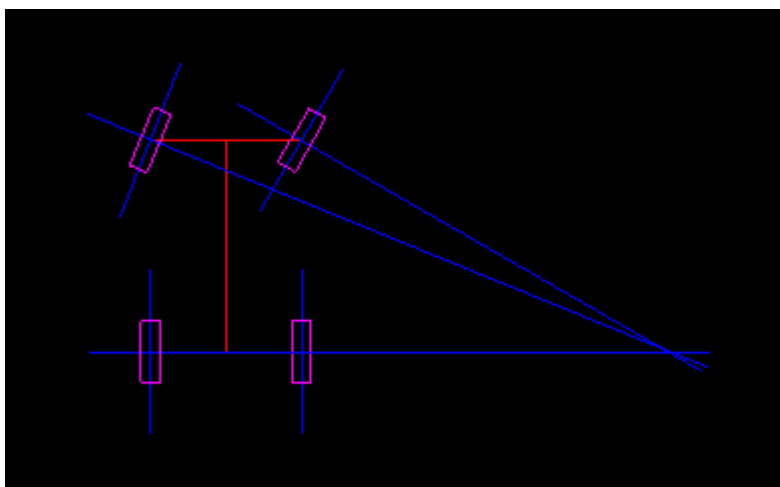
Si tenga a mente che il raggio del cerchio di tenuta rappresenta la massima forza di aderenza, che a sua volta è proporzionale (beh, all'incirca, come spiegato al paragrafo precedente) al carico verticale esercitato sulla ruota. Quindi, per farla breve: il raggio del cerchio cresce al crescere della forza verticale esercitata sul pneumatico, e decresce al decrescere di quella. Il cerchio smette di esistere quando non c'è alcuna pressione sul pneumatico. Ciò ha senso, in quanto una ruota appesa in aria non può resistere ad alcuna forza laterale.

1.3 L'angolo di slittamento

Forse vi sarete chiesti cosa esattamente accada quando si esce dal cerchio di tenuta, e come reagisca di conseguenza la macchina. Il concetto di angolo di slittamento consente di descrivere chiaramente cosa succede in tali circostanze.

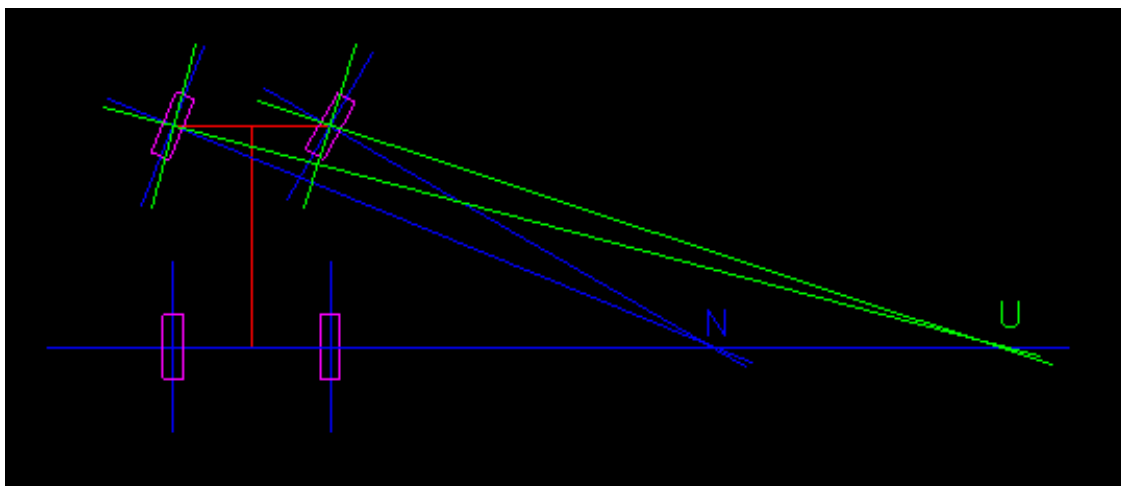
L'angolo di slittamento è l'angolo tra la direzione in cui punta il pneumatico e la direzione in cui esso effettivamente si sta muovendo. Un pneumatico che non sta slittando ha un angolo di slittamento pari a zero.

La figura seguente rappresenta una macchina che sta percorrendo una curva a bassa velocità. Tutti e quattro gli angoli di slittamento sono nulli.



Nell'ipotesi che la macchina abbia il corretto effetto Ackermann e che le ruote posteriori abbiano convergenza neutra, la macchina può percorrere la curva senza che alcun pneumatico slitti. Si noti che le linee immaginarie che prolungano i semiassi si intersecano tutte in un punto. Questo è il punto intorno al quale la macchina sta curvando, diciamo il centro della curva che la macchina sta percorrendo. Questa è la tipica situazione in cui la velocità in curva è bassa, e tutti i pneumatici sopportano grosso modo lo stesso peso.

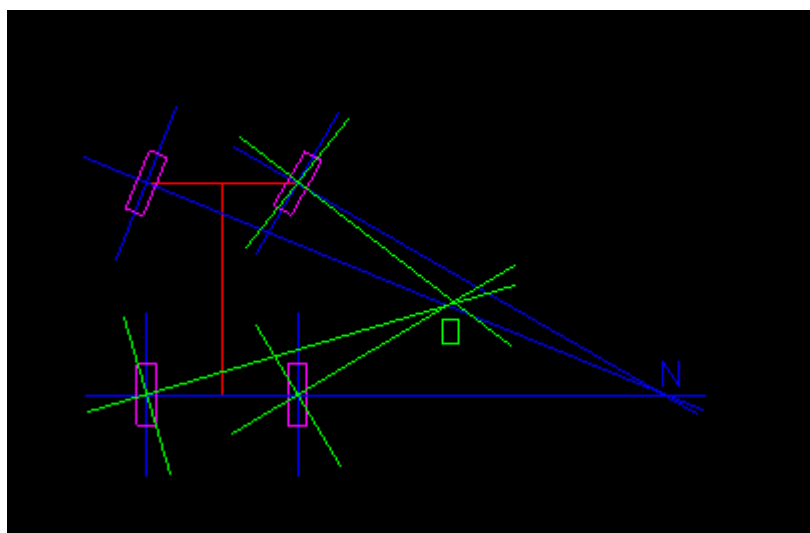
Ma... sfortunatamente, le cose non stanno sempre come vorremmo. Una delle condizioni che si verificano comunemente è il cosiddetto sottosterzo. Questa è la condizione in cui sui pneumatici anteriori non insiste un peso sufficiente, ed essi cominciano a slittare, creando un angolo di slittamento.



L'angolo di slittamento dei pneumatici anteriori è l'angolo tra le linee e quelle verdi.

La macchina non sta girando attorno al punto che vi aspettereste, o che vorreste (punto N, intersezione delle linee). Invece, sta girando attorno al punto di intersezione delle linee verdi (punto U), il che si tramuta in un aumento del raggio di sterzata rispetto a quanto ci si aspetta. Questo è il fenomeno del sottosterzo: quando il raggio di sterzata è maggiore di quello che vorreste.

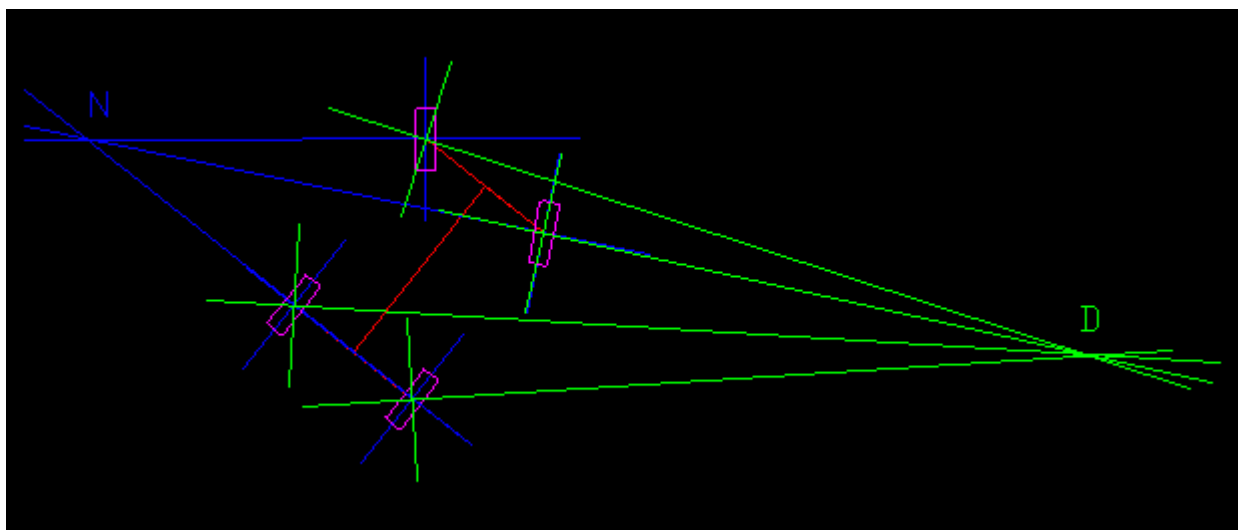
Può anche accadere il contrario: può essere insufficiente il peso esercitato sui pneumatici posteriori, che quindi cominciano a slittare. Questa situazione in genere porta alla condizione che si definisce di sovrasterzo, in cui il raggio di sterzata è minore di quello atteso.



Qui, i pneumatici posteriori hanno cominciato a slittare, dando luogo a due angoli di slittamento relativi al retrotreno. Anche il pneumatico interno anteriore ha cominciato a slittare, e questo accade perché la macchina non può girare intorno a due punti contemporaneamente. In questo caso, la macchina sta girando attorno al punto O (mentre ci saremmo aspettati che girasse attorno al punto N). In curva, le linee che definiscono gli angoli di slittamento si intersecano sempre nel punto intorno al quale la macchina sta girando. Se così non fosse, il pneumatico che sopporta il carico minore (in questo caso l'anteriore interno) seguirà un angolo di slittamento (in modo da soddisfare la condizione -N.d.T.-).

Si noti che il punto (O) attorno al quale la macchina sta girando è ora molto più vicino alla mezzeria della macchina ed è spostato in avanti. La macchina percorrerà una curva molto più stretta, curverà molto di più e prima di quanto atteso.

Condizioni di puro sovra- o sottosterzo sono molto comuni, ma in realtà può accadere ogni sorta di combinazioni "strane": ad esempio, è possibile percorrere la curva in derapata.



Nonostante le ruote anteriori siano sterzate a sinistra, la macchina sta percorrendo una curva a destra (in controsterzo). I pneumatici posteriori stanno slittando ad un angolo molto pronunciato. Inutile dire che ciò richiede grande abilità di guida.

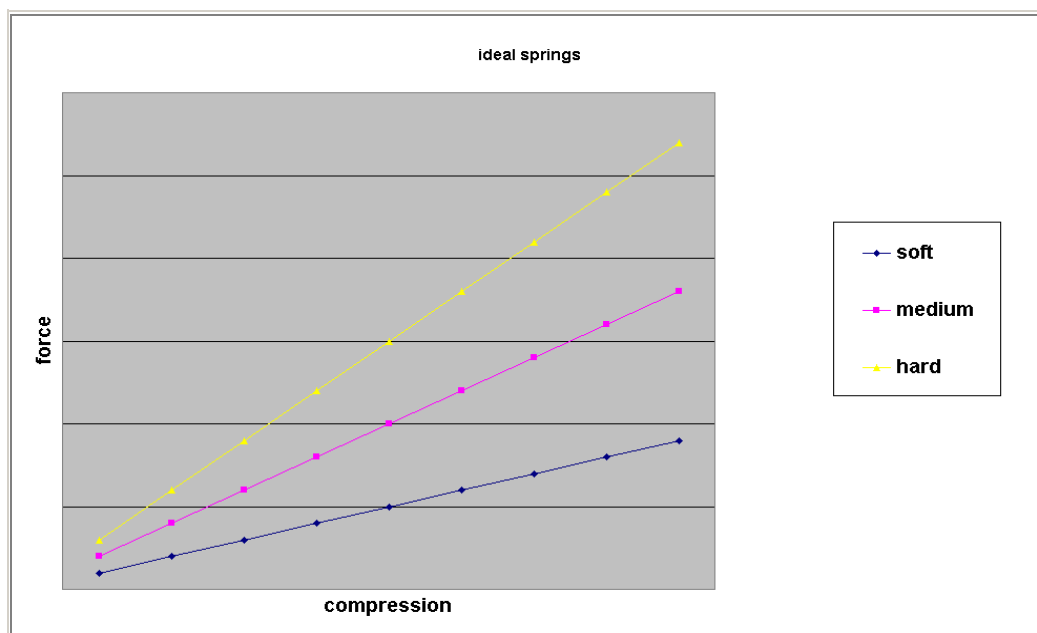
Le sospensioni

2.1 Le molle

Il tipo più diffuso di molla è quello elicoidale (vedi figura), al cui interno viene normalmente alloggiato il cilindro dell'ammortizzatore, e l'insieme compone l'unità molla-ammortizzatore. Una molla è un elemento elastico, che resiste alla compressione nella sua direzione di lavoro. La forza resistente che esercita è proporzionale all'accorciamento della molla stessa. In termini matematici:

Forza = Accorciamento × Costante elastica

Se la costante elastica ha un valore elevato, la molla risulta dura, mentre se ha un valore basso, la molla risulta morbida.



Nel caso delle molle progressive, la costante elastica aumenta all'aumentare della compressione della molla, mentre per le molle regressive accade il contrario. La maggior parte delle molle elicoidali ha un comportamento leggermente progressivo, in quanto, all'accorciarsi della molla, alcune spire cominciano a toccarsi, soprattutto agli estremi della molla, e quindi il numero di spire disponibili diminuisce.

Mentre dal punto di vista matematico le molle non presentano particolari complicazioni, lo stesso non si può dire dal punto di vista dell'assetto. Il problema è che lavorano in due dimensioni:

longitudinalmente e trasversalmente rispetto all'asse della macchina. Ad esempio: una macchina con molle morbide non solo presenterà un accentuato rollio nelle curve veloci, ma abbasserà anche molto il muso nelle staccate violente e lo alzerà molto nelle accelerazioni. Ciò è dovuto al fatto che le molle devono compensare i momenti che si creano (vedi centro di rollio e anti-beccheggio), e molle morbide devono essere compresse parecchio per resistere ad una data forza (se questo concetto non è chiaro, vi consiglio di dare un'altra occhiata al grafico). Si noti che sia un curva che in staccata l'effetto è lo stesso: più carico sulle ruote anteriori. Allora si potrebbe pensare: "Perché darsi la pena di distinguere, tanto l'effetto è lo stesso". Invece è importante analizzare quanto accade, perché, una volta letti i capitoli che seguono, sarete in grado di regolare il bilanciamento trasversale in modo indipendente da quello longitudinale. Per adesso, si tenga presente che la durezza delle molle influenza praticamente tutto: reazione alle asperità del terreno, rigidità al rollio, rigidità al beccheggio ecc.

In generale, si potrebbe dire che una molla più rigida diminuisce il grip della ruota corrispondente, mentre una molla più morbida l'aumenta. Ciò accade perché le molle contrastano il trasferimento di peso, sia longitudinalmente che trasversalmente: a parità di sterzata, accelerazione o frenata, una molla più rigida subirà una compressione minore, con conseguente minor movimento del telaio e quindi minor trasferimento di peso. Al contrario, una molla più morbida subirà un accorciamento maggiore, il che risulta in un maggior spostamento di peso.

Tuttavia, non si possono usare sempre le molle che si vorrebbero: se la strada presenta una serie di piccole asperità ravvicinate fra loro, molle rigide faranno saltellare la macchina, con danno per la tenuta di strada. Quindi bisognerà utilizzare delle molle più morbide, per mantenere i pneumatici a contatto del terreno. Su piste lisce, invece, bisogna usare molle più rigide, per aumentare la reattività della macchina e la sua capacità di effettuare i salti.

2.2 Gli ammortizzatori

L'ammortizzatore è necessario per dissipare l'energia associata all'escursione della sospensione. Il movimento della sospensione può essere dovuto alle irregolarità del terreno, o alle accelerazioni trasversali o longitudinali. Senza gli ammortizzatori, il movimento delle sospensioni continuerebbe ad aumentare, creando delle situazioni molto buffe. In termini di energia, l'ammortizzatore dissipa la maggior parte dell'energia associata al movimento della macchina, a differenza delle molle, che assorbono l'energia, ma poi la restituiscono. Si immagini una macchina priva di ammortizzatori in movimento su una superficie stradale irregolare. I continui impatti con le asperità farebbero rimbalzare vivacemente la sospensione, il che non è una buona cosa. Gli ammortizzatori assorbono l'energia in eccesso, e consentono ai pneumatici di rimanere a contatto col terreno quanto più possibile. Ciò suggerisce anche che l'ammortizzatore dovrebbe sempre essere regolato in funzione della durezza della molla: non bisogna mai abbinare un ammortizzatore molto morbido ad una molla molto rigida o un ammortizzatore molto duro ad una molla molto morbida. Piccoli aggiustamenti, tuttavia, possono dare risultati molto interessanti. Un ammortizzatore un po' più duro renderà più stabile la macchina, e rallenterà i movimenti sia di beccheggio che di rollio, dando alla macchina un comportamento meno nervoso. Si noti che l'ammortizzatore influenza solo la velocità con cui avvengono i movimenti di beccheggio e di rollio, non la loro entità. Quindi, se volete che la vostra macchina presenti meno rollio, intervenite sulle barre anti-rollio o sulle molle, ma non sugli ammortizzatori.

Ciò che si può regolare con l'ammortizzatore è la velocità con cui la sospensione riprende la posizione di partenza: se una macchina con molle morbide ma ammortizzatori duri viene schiacciata verso il basso, ritornerà nella posizione originale molto lentamente, mentre una

macchina con molle rigide ed ammortizzatori morbidi si riprenderà molto velocemente. La stessa situazione si ha in uscita dalle curve: in curva, il peso si sposta e il telaio si sarà inclinato lateralmente e/o longitudinalmente, ma quando si raddrizza lo sterzo le sollecitazioni dovute alla sterzata scompaiono e il telaio riassume la configurazione originale. La velocità con cui ciò avviene è determinata dalla durezza degli ammortizzatori. Così, una macchina con molle morbide e ammortizzatori duri mostrerà la tendenza a voler continuare a curvare quando si raddrizza lo sterzo, e tenderà a voler andare dritta quando si comincia a sterzare; avrà un comportamento in generale poco reattivo, e molto dolce. Una macchina con molle rigide e ammortizzatori morbidi sarà molto reattiva: seguirà velocemente e aggressivamente la volontà del pilota.

Le asperità del terreno possono impedire di regolare le molle e gli ammortizzatori come si vorrebbe. Irregolarità piccole e in rapida successione richiedono molle e ammortizzatori morbidi. Questi, però, non possono essere utilizzati in caso di dossi improvvisi e di grandi dimensioni, perché il telaio impatterebbe troppo duramente col terreno, nel qual caso bisognerà optare per una regolazione più rigida. Su percorsi molto lisci si possono adottare regolazioni molto rigide sia per quanto riguarda le molle che per gli ammortizzatori.

Tuttavia, le cose non sono poi così semplici: persino nel caso dei semplici ammortizzatori utilizzati per le macchine radiocomandate, c'è differenza tra l'azione ammortizzante ad alta e a bassa velocità. Forse vale la pena di sottolineare che qui si parla della velocità del pistone rispetto al cilindro dell'ammortizzatore, e non della velocità della macchina. Nella maggior parte delle automobili reali se ne tiene conto per mezzo di una serie di valvole calibrate presenti nel pistone. In unità meno sofisticate, come quelle usate nei modelli R/C, la differenza tra le due situazioni dipende dalle proprietà intrinseche del fluido utilizzato.

L'unica cosa forse che gli appassionati di corse devono sapere di fluidodinamica, è che esistono fondamentalmente due tipi di moto con cui un fluido può muoversi: flusso laminare e flusso turbolento. Un flusso si dice laminare se le particelle del fluido si muovono su traiettorie parallele, secondo linee di flusso che non si intersecano mai. Un flusso laminare si ha di quando la velocità è bassa, la viscosità del fluido è alta e la superficie che lo circonda è liscia e non presenta brusche variazioni. Un flusso si dice turbolento se le particelle si muovono su traiettorie casuali, creando piccoli vortici. Il moto turbolento è favorito da alta velocità, bassa viscosità e superfici non lisce o con brusche variazioni. Un flusso turbolento richiede (o spreca, a seconda dei punti di vista) molta più energia di uno laminare, perché c'è molto più attrito interno tra le particelle del fluido. Inoltre, mentre per un flusso laminare la pressione (resistenza, nel caso di un ammortizzatore) è proporzionale alla velocità del fluido stesso, in un flusso turbolento è proporzionale al quadrato della velocità. La linea di demarcazione tra i due tipi di flusso non è netta, c'è un'ampia zona "grigia". Per predire se un flusso sarà laminare o turbolento, si utilizza una grandezza detta Numero di Reynolds. Il Numero di Reynolds è definito come

$$Re = D \times V / \bullet$$

dove D è il diametro del tubo, V è la velocità del fluido, e \bullet è la viscosità.

Se Re è minore di 2000, il flusso sarà molto probabilmente laminare, se è tra 2000 e 4000, sarà una via di mezzo tra i due, sopra 4000 il flusso sarà molto probabilmente turbolento.

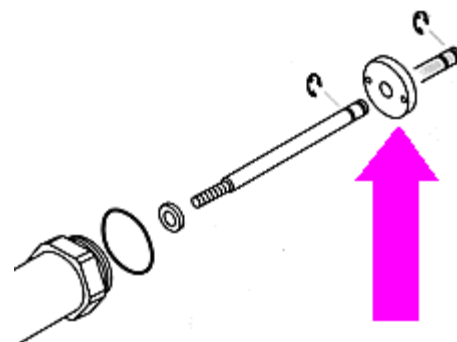
Si consideri ora un tipico ammortizzatore da R/C: si ha un olio di una data viscosità che passa ad una certa velocità attraverso dei fori di un dato diametro, praticati nel pistone. Un po' di olio fluisce all'esterno del pistone, quasi sempre con flusso laminare, dato che lo spazio è così ristretto, e genera molto attrito. per l'olio che passa attraverso i fori, invece, è difficile dire cosa succede. Quando la velocità del pistone è molto bassa sarà laminare, e quando è alta sarà turbolento. Il punto esatto di transizione tra i due tipi di flusso è difficile da prevedere teoricamente, ma è facile da rilevare in pratica: dato che la resistenza dell'ammortizzatore è proporzionale alla velocità con cui si muove il

pistone finché il flusso è laminare, e improvvisamente al quadrato della velocità quando il flusso diventa turbolento, quando avviene il passaggio si ha la sensazione di un blocco idraulico, dato che la differenza di resistenza tra i due casi è di solito molto elevata. (In Inglese, N.d.T.) la transizione viene talvolta chiamata 'pack', perché la sensazione è come se l'ammortizzatore "packs up".

Questo effetto può essere sia utile che dannoso: può impedire alla macchina di colpire il terreno quando atterra da un salto, ma può anche far rimbalzare malamente la macchina quando passa su asperità brusche o irregolarità prese ad alta velocità. Quindi è veramente importante impostare correttamente questa regolazione.

Il modo di farlo è di scegliere opportunamente il tipo di pistone e di olio: dal punto di vista statico, sia la combinazione di un pistone con fori piccoli e olio fluido che quella di un pistone con fori grandi e olio viscoso si equivalgono, e la sensazione che si ha provando a muovere la macchina con la mano sarà la stessa. L'effetto sulla guida sarà lo stesso anche nei passaggi a bassa velocità, come nelle curve lente e su irregolarità a bassa frequenza. La vera differenza, tuttavia, si ha nel comportamento ad alta velocità: la prima combinazione andrà velocemente in blocco a causa della maggiore velocità dell'olio più fluido (a parità di tempo, deve passare la stessa quantità di olio attraverso fori più piccoli, quindi la velocità deve essere maggiore). La seconda combinazione, invece, sarà meno propensa alla turbolenza relativamente alta, a causa della maggior lentezza con cui scorre il fluido molto più viscoso. Per questo, si avrà turbolenza solo per velocità del pistone molto più alte, o addirittura non si verificherà per nulla.

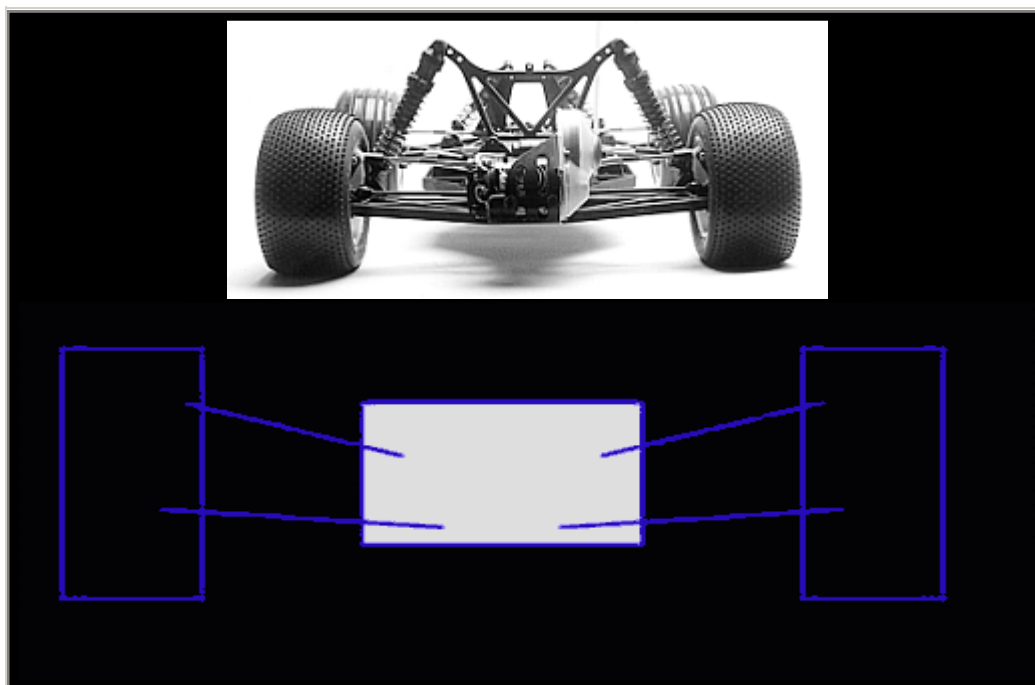
Per quanto detto, la scelta del pistone e dell'olio giusti dipende soprattutto dal tracciato della pista. Salti "killer" o irregolarità "scassa-telaio" richiedono pistoni con fori piccoli, per impedire che il telaio impatti col terreno, rendendo tra l'altro molto instabile la macchina. Diversamente, se la pista è molto irregolare e piena di solchi, il blocco degli ammortizzatori farebbe rimbalzare la macchina, rendendola molto instabile. In questo caso, bisognerebbe orientarsi verso pistoni con fori grandi.



2.3 Centro di rollio

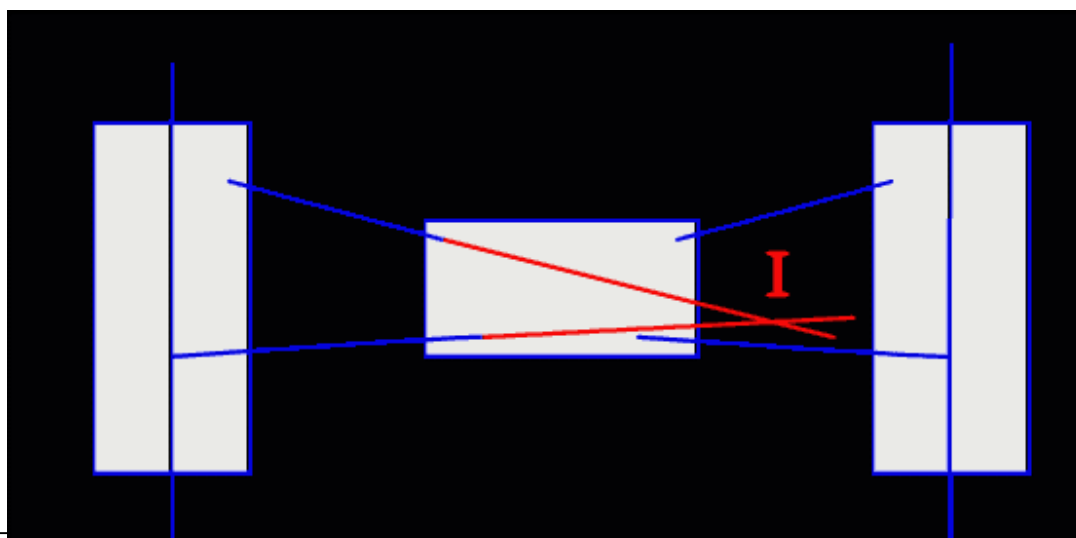
Non è facile predire la reazione della macchina quando viene sottoposta a sollecitazioni che vanno ad agire sulle ruote. Le forze possono essere assorbite, suddivise, convertite in un momento ecc. dai vari componenti delle sospensioni. Per evitare tutti questi dettagli, è possibile individuare il centro di rollio della macchina, e utilizzarlo per cercare di predirne il comportamento. Un centro di rollio è un punto immaginario nello spazio, si può considerare come il cardine virtuale attorno al quale la macchina ruota quando il telaio si inclina lateralmente in curva. E' come se gli elementi della sospensione forzassero il telaio a ruotare intorno a questo punto dello spazio.

Diamo prima un'occhiata alla teoria che c'è dietro. Il teorema di Kennedy dice che se tre oggetti sono incernierati tra loro, ci sono al massimo tre centri di rotazione, che sono sempre allineati tra loro, ossia giacciono su una stessa retta. Per comprendere cosa sia un centro di rotazione, si consideri l'analogia con i poli della Terra: al ruotare della Terra su se stessa, i poli rimangono fermi al loro posto. In altre parole, la terra ruota intorno all'asse immaginario che passa per i due poli. Ora, questa è un'analogia tridimensionale, mentre nel caso del centro di rollio, inizialmente ci bastano due dimensioni. Riassumendo, il centro di rotazione di un oggetto (o gruppo di oggetti) è come il centro della traiettoria circolare da esso (essi) descritta.



Se consideriamo la sospensione di una tipica macchina radiocomandata, con un triangolo inferiore e un braccio superiore, vediamo che questo è un insieme di oggetti incernierati tra loro. Questi oggetti sono il telaio, il braccio superiore, il triangolo e il portamozzo. Per ora, consideriamo il portamozzo, il semiassi e la ruota come un unico oggetto. Dapprima, consideriamo il telaio, il braccio superiore e il portamozzo. Essi sono incernierati tra loro, quindi si applica il teorema di Kennedy. Il centro di rotazione relativa del braccio e del portamozzo è lo snodo a sfera che li collega, dato che è la cerniera attorno alla quale ruotano uno rispetto all'altro. Il centro di rotazione relativa tra il braccio e il telaio è a sua volta lo snodo a sfera che li collega. Quindi, considerando il telaio, il braccio superiore e il portamozzo, abbiamo già trovato due dei tre centri di rotazione. Il terzo centro di rotazione, se esiste, giacerà sulla retta immaginaria congiungente i primi due. Questa retta è tracciata in rosso nella prossima figura.

Lo stesso vale per la metà inferiore della sospensione: il centro di rotazione relativo tra il triangolo inferiore ed il portamozzo è il perno esterno, il centro di rotazione relativo tra il triangolo inferiore ed il telaio è il perno interno, quindi un eventuale terzo centro di rotazione deve giacere sulla retta che congiunge i primi due. Anche questa retta è tracciata in rosso. Se la vostra macchina utilizza snodi a sfera al posto dei perni, l'asse che passa per il centro delle due sfere costituisce un perno



virtuale.

Se le due rette rosse si intersecano, il centro di rotazione relativo tra l'insieme ruota/portamozzo ed il telaio è proprio il punto di intersezione I. Il punto I viene talvolta chiamato "cardine virtuale" o "centro (di rotazione) istantaneo".

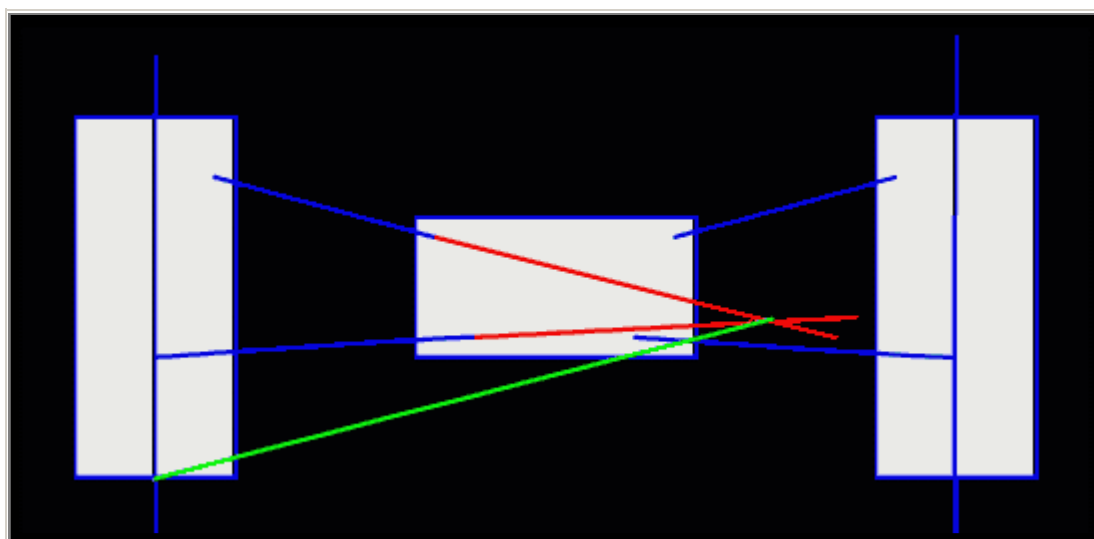
La distanza tra il punto I e la mezzeria della ruota viene talvolta definita "lunghezza del braccio di oscillazione", è come se l'insieme ruota/portamozzo fosse attaccato ad un braccio oscillante immaginario che può ruotare incernierato nel punto I. Utilizzare un simile braccio oscillante sarebbe equivalente ad utilizzare la sospensione a trapezio, ma la realizzazione pratica di un tale sistema sarebbe assai problematica. In ogni caso, è una utile semplificazione. La lunghezza di questo braccio oscillante, insieme alla sua angolazione, determinano di quanto cambierà l'angolo di campanatura (camber) della ruota durante l'escursione della sospensione. Quanto maggiore è la lunghezza di questo braccio, tanto minore sarà la variazione della campanatura.

Se il braccio superiore e il triangolo inferiore sono paralleli, le due rette rosse non si intersecheranno, o, in altre parole, il punto di intersezione I è infinitamente lontano dalla macchina. Ma questo non è un problema: basta tracciare la retta verde della prossima figura parallela alle due rette rosse.

L'intersezione delle rette rosse dovrebbe sempre cadere dalla parte della macchina, rispetto alla mezzeria della ruota, altrimenti l'angolo di campanatura cambierà in modo bizzarro: passerà da negativo a positivo e poi di nuovo negativo, il che non ha un buon effetto dal punto di vista della trazione.

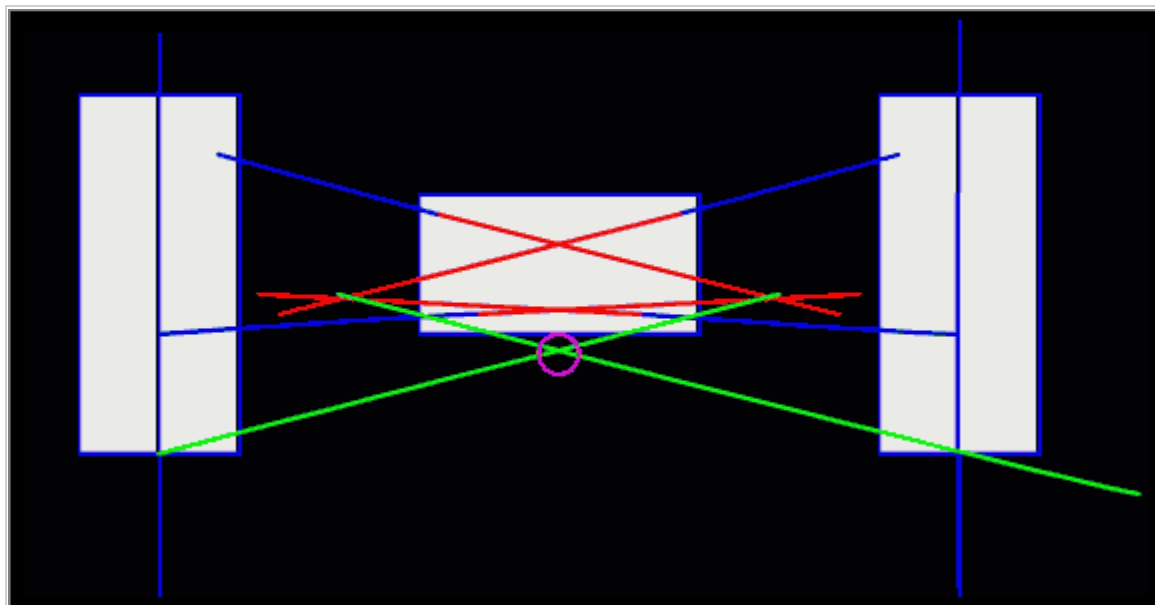
Anche la ruota e il terreno possono muoversi relativamente tra loro. Supponiamo che la ruota possa muoversi come incernierata al terreno nel punto di contatto, che normalmente è il centro della carcassa del pneumatico. Questo punto è il centro di rotazione relativo tra ruota e terreno. Per come è stato fatto il disegno, potrebbero nascere dei problemi quando il telaio si inclina lateralmente: anche le ruote potrebbero inclinarsi, e quindi il punto di contatto col terreno si sposterebbe specialmente nel caso di pneumatici a profilo quadrato, che non si deformano granché.

Ora possiamo applicare nuovamente il teorema di Kennedy: il terreno, la ruota e il telaio sono incernierati tra loro, abbiamo già trovato il centro di rotazione relativo tra ruota e terreno oltre a quello tra ruota e telaio. L'eventuale centro di rotazione relativo tra telaio e terreno deve giacere sulla retta che collega gli altri due centri di rotazione, che è tracciata in verde nella prossima figura.



La stessa procedura può essere seguita per l'altra metà della sospensione, come illustrato nella prossima figura. Di nuovo troviamo una retta verde, sulla quale deve giacere il centro di rotazione

relativo tra terreno e telaio. Quindi, il centro di rotazione relativo tra terreno e telaio è proprio il punto di intersezione tra le due rette verdi (evidenziato in viola).



Questo punto (viola), che è il centro di rotazione relativo tra telaio e terreno, viene anche detto il centro di rollio del telaio. Teoricamente, il terreno potrebbe ruotare attorno ad esso ed il telaio rimanere fermo, ma di solito accade il contrario: è il telaio a ruotare intorno ad esso mentre il terreno rimane fermo.

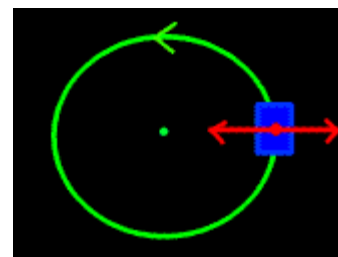
Il centro di rollio è l'unico punto nel quale potrebbe essere applicata una forza agente sul telaio, senza che questo ruoti.

Il centro di rollio si sposta quando la sospensione viene compressa o estesa, e quindi in effetti è un centro istantaneo di rollio. Esso si sposta perché gli elementi della sospensione non si muovono di moti perfettamente circolari gli uni rispetto agli altri, per lo più i movimenti sono più complicati. Fortunatamente, ogni movimento può essere descritto come una serie infinita di segmenti di movimento circolare infinitamente corti. Quindi non è poi così importante che il telaio non si muova di un moto perfettamente circolare, lo si può vedere come se si muovesse di moto circolare attorno ad un punto centrale che a sua volta è sempre in movimento.

Volendo determinare il centro di rollio della macchina, si può procedere "a occhio" immaginando le linee ed i punti di intersezione, oppure si può prendere una grande foglio di carta e fare un disegno in scala delle sospensioni.

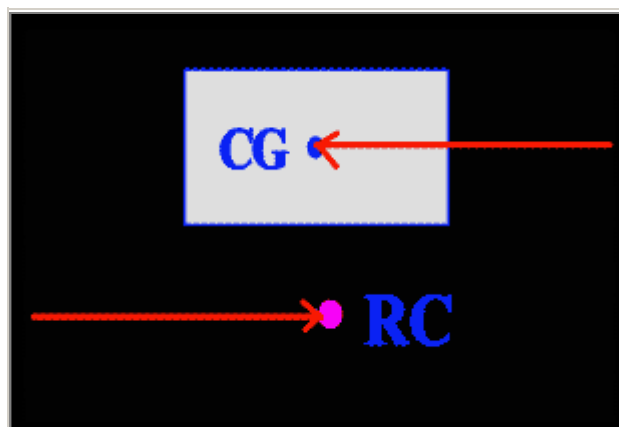
Ora che conosciamo la posizione del centro di rollio (RC), vediamo come essa influenzi il comportamento della macchina. Si immagini una macchina che percorre a velocità costante una traiettoria circolare a raggio costante. La macchina subisce una forza inerziale che tenderebbe a far procedere la macchina lungo una retta tangente alla curva ma, dato che si trova in una situazione di equilibrio dinamico, ci dovrà essere una forza uguale e contraria che compensa la prima. Questa forza viene esercitata dai pneumatici grazie all'attrito col terreno.

In linea di principio, la forza centrifuga agisce in ogni punto di ogni componente, ma se individuamo il baricentro (CG, centro di gravità) della macchina, è possibile sostituire a tutte le piccole forze che agiscono su ogni singolo punto con una unica forza risultante, applicata nel baricentro. E' come se tutta la massa della macchina fosse concentrata nel baricentro (CG). Se questo è stato calcolato correttamente, le due rappresentazioni sono perfettamente equivalenti.

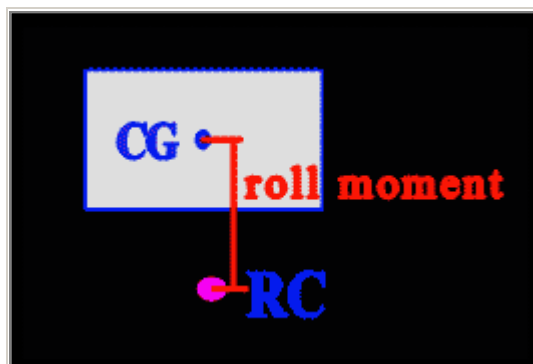


Le forze applicate ai pneumatici, d'altra parte, possono essere combinate in una unica forza equivalente, applicata al centro di rollio.

La situazione, vista dal retro della macchina, si può rappresentare così:



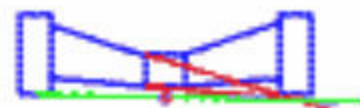
Due forze uguali ed opposte, ma applicate in due punti differenti, generano una coppia pari al prodotto tra l'intensità della forza e la distanza tra i punti di applicazione. Quindi, quanto più distano i punti di applicazione, tanto maggiore sarà l'effetto torcente della coppia sul telaio. Questa distanza viene detta braccio di rollio ("roll moment" in figura N.d.T.). Si noti che si considera sempre la distanza verticale tra il baricentro ed il centro di rollio, dato che le forze agiscono sempre orizzontalmente.



Il momento torcente generato dalla coppia di forze farà ruotare il telaio intorno al centro di rollio. Questo movimento si protrarrà finché la coppia generata dalle molle non sarà uguale e contraria. Gli ammortizzatori determinano la velocità con cui ciò avviene. Si noti che, almeno in questo esempio, la coppia dovuta alla forza centrifuga è costante, mentre una coppia generata dalle molle aumenta con l'escursione della sospensione (vedi il paragrafo Le molle). E' la differenza tra le due coppie, la risultante, che causa la rotazione del telaio. Questa risultante decresce all'aumentare della coppia generata dalle molle, e quindi la velocità con cui il telaio si inclina diminuisce progressivamente, fino ad annullarsi quando le due coppie sono uguali e contrarie. Quindi, per una data rigidità delle molle, un braccio di rollio più grande farà inclinare molto il telaio nelle curve, mentre un braccio di rollio minore causerà un'inclinazione minore. Questo spiega anche perché un veicolo con un baricentro alto tende ad inclinarsi molto nelle curve, a volte fino a ribaltarsi.

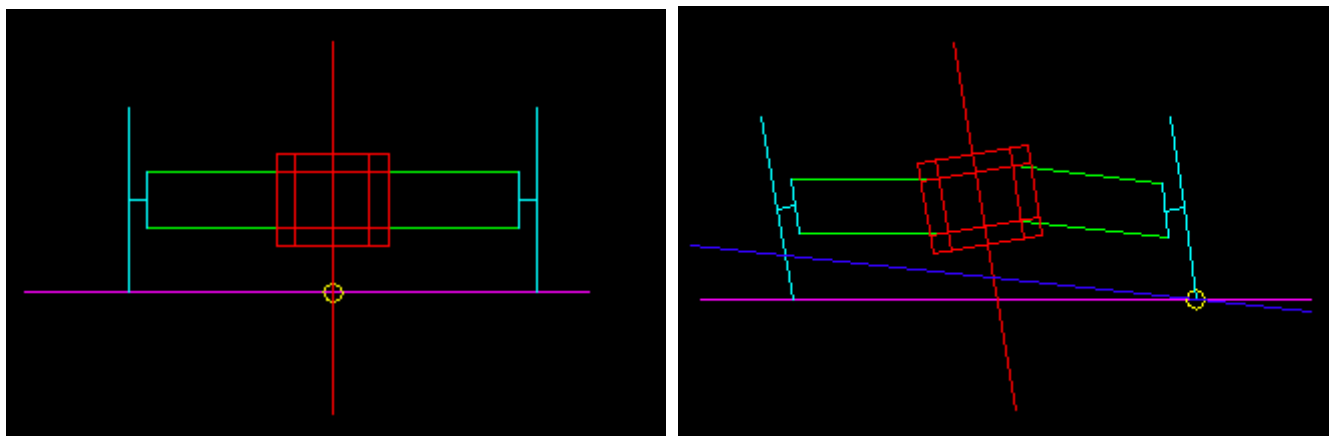
Per questo, la lunghezza del braccio di rollio in ogni dato istante è una misura dell'entità della coppia che fa inclinare il telaio in curva.

Il problema, però, è più complicato. Infatti, la posizione del centro di rollio cambia quando la sospensione viene compressa o estesa, per lo più muovendosi nella stessa direzione in cui si muove il telaio. Quindi,



se la sospensione viene compressa, normalmente il centro di rollio si abbassa.

Questa piccola animazione mostra come l'altezza del centro di rollio cambi con l'escursione della sospensione. Inoltre, anche il baricentro si sposta un po', dato che la posizione delle masse non sospese rispetto al telaio cambia a sua volta. Quindi, è piuttosto difficile dire se il braccio di rollio effettivamente aumenti o diminuisca.



Non solo, ma in curva, quando il telaio si inclina, il centro di rollio tipicamente si sposta rispetto alla mezzzeria del telaio.

La maggior parte delle macchine radiocomandate permette di modificare la lunghezza e la posizione di aggancio del braccio superiore della sospensione, permettendo così di modificare le caratteristiche di rollio della macchina. Le generalizzazioni che seguono dovrebbero essere applicabili nella maggior parte dei casi.

Se il braccio superiore della sospensione è parallelo al triangolo inferiore, il centro di rollio sarà molto basso quando la macchina viaggia all'altezza da terra nominale, per cui il telaio si inclinerà molto all'ingresso in curva.

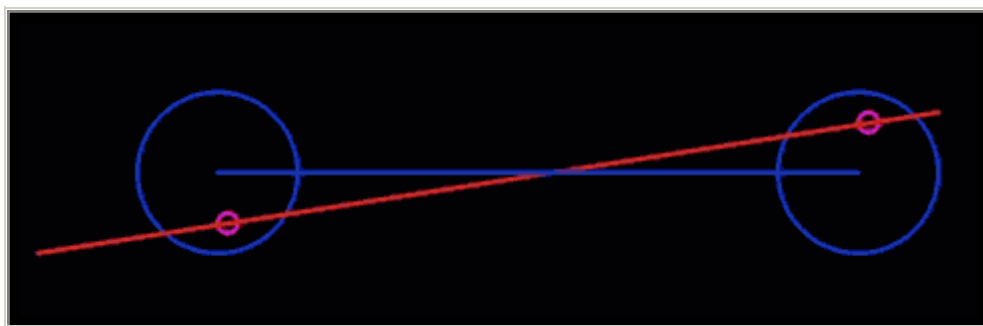
Se il braccio superiore è inclinato verso il basso, il centro di rollio sarà più alto, quindi il braccio di rollio sarà minore, e questa estremità della macchina avrà un comportamento molto aggressivo nell'ingresso in curva.

Se il braccio superiore è molto lungo, il braccio di rollio avrà lunghezza pressoché costante all'inclinarsi del telaio. Questa estremità della macchina si inclinerà molto, ai limiti di escursione della sospensione. Se non si adotta un angolo di campanatura (camber) accentuato, i pneumatici potrebbero slittare a causa dell'eccessiva inclinazione positiva delle ruote (camber positivo).

Se il braccio superiore è corto, il braccio di rollio diminuirà molto all'inclinarsi del telaio, che quindi non si inclinerà molto.

Fino ad ora, abbiamo ignorato il fatto che in una macchina ci sono due sistemi di sospensioni indipendenti, ciascuno dei quali ha un proprio centro di rollio: uno all'avantreno ed uno al retrotreno. Dal momento che sono collegati tra loro mediante una struttura rigida, il telaio, si influenzeranno a vicenda. Qualcuno tende a trascurare questo fatto nell'effettuare le regolazioni, e comincia da un estremo senza considerare affatto come si comporta l'altro. Inutile dire che ciò può causare comportamenti anomali della macchina. Questi possono essere in parte mascherati da un telaio molto flessibile, ma siamo ben lontani da una soluzione ideale.

Comunque sia, l'avantreno è obbligato a ruotare intorno al centro di rollio anteriore, ed il retrotreno attorno a quello posteriore. Se il telaio è rigido, dovrà ruotare attorno alla retta che congiunge i due centri di rollio (viola) e questa retta viene detta asse di rollio (rosso).



La posizione dell'asse di rollio rispetto al baricentro della macchina ha una grande influenza sul comportamento in curva della macchina. Se l'asse è inclinato in avanti, l'avantreno si inclinerà di più che il retrotreno, dando alla macchina un comportamento a "testa bassa" in curva. Dato che il braccio di rollio posteriore è minore di quello anteriore, il retrotreno non si inclinerà molto, e quindi il telaio rimarrà circa all'altezza nominale da terra. Si noti che se la sospensione ha un'escursione negativa (in estensione) molto limitata, il telaio si abbasserà di più quando si inclina. Con il muso basso e il retrotreno alto, le ruote anteriori supporteranno una percentuale maggiore del peso della macchina, il che si traduce in maggior tenuta dei pneumatici anteriori, con conseguente effetto di sovrasterzo. Un asse di rollio inclinato verso il posteriore, invece, favorirà un comportamento sottosterzante. Si ricordi che la posizione dei centri di rollio è una condizione dinamica, quindi l'asse di rollio può in effetti cambiare inclinazione quando la macchina incontra delle sconnessioni del terreno o mentre percorre una curva. Così è possibile che si verifichi una condizione di sottosterzo all'ingresso in curva, quando il telaio è meno inclinato, che si tramuta in sovrasterzo a metà curva, quando il centro di rotazione anteriore si è abbassato di molto. Da questo esempio si capisce come le caratteristiche dei centri di rollio possano essere impostate in modo da soddisfare specifici requisiti di comportamento, posti dal pilota o dal circuito.

In generale, possiamo dire che l'angolo tra il braccio superiore e il triangolo inferiore determina la posizione del centro di rollio quando il telaio è nella posizione di riposo, e che la lunghezza del braccio superiore determina di quanto cambia l'altezza del centro di rollio con l'inclinazione del telaio. Un braccio superiore lungo e parallelo al triangolo farà sì che il centro di rollio sia molto in basso e rimanga tale durante le curve. Quindi, la macchina (o almeno questa estremità della macchina) si inclinerà parecchio in curva. Un braccio superiore molto corto e angolato verso il basso farà sì che il centro di rollio sia alto e rimanga tale quando il telaio si inclina. così, il telaio si inclinerà poco. Diversamente, un braccio superiore corto e parallelo al triangolo farà sì che il telaio tenda ad inclinarsi molto inizialmente, ma che via via che si inclina questa tendenza diminuisca. Così il telaio si inclinerà velocemente all'inizio, ma si fermerà presto. E un braccio lungo ed inclinato verso il basso ridurrà la tendenza del telaio ad inclinarsi inizialmente, ma questa tendenza non cambierà con l'aumentare dell'inclinazione.

In termini di comportamento della macchina, ciò significa che l'estremità che ha in condizioni normali il braccio superiore più inclinato (centro di rollio più alto) avrà la massima tenuta all'ingresso e all'uscita dalla curva, e che l'estremità che presenta il centro di rollio più basso, quando il telaio è inclinato al massimo, avrà la massima tenuta in centro curva. Quindi, se si desidera più sterzo a metà curva, conviene allungare un po' il braccio superiore dell'avantreno (ricordarsi di regolare poi la campanatura (camber)). Se si desidera più aggressività all'ingresso in curva, e più sterzo alle basse velocità, conviene o diminuire l'angolo del braccio superiore del retrotreno, oppure aumentare un po' l'angolo di quello anteriore.

A questo punto ci si chiederà: cosa è meglio, un centro di rollio alto o basso? Dipende tutto dalle altre parti della macchina e dal circuito. Una cosa è certa: su un circuito molto sconnesso, è meglio che il centro di rollio sia un po' più alto. Ciò impedirà alla macchina di ondeggiare da un lato all'altro quando incontra le asperità, e permetterà di utilizzare molle più morbide, che da parte loro

permetteranno alle ruote di stare più a lungo in contatto col terreno sconnesso. Su piste lisce, si può adottare un centro di rollio molto basso, con molle molto rigide, per aumentare la reattività della macchina e la capacità di effettuare salti. Nel Capitolo 6 seguiranno ulteriori considerazioni.

2.4 L'anti-beccheggio (anti-squat)

Per anti-beccheggio si intende l'angolo della sospensione posteriore rispetto all'orizzontale. Lo scopo di questa inclinazione è di diminuire l'effetto di beccheggio (squat) quando la macchina accelera (Squatting è quando il retrotreno si abbassa durante l'accelerazione).

Più anti-beccheggio darà più "trazione di guida": ci sarà un carico maggiore sulle ruote posteriori durante le accelerazioni, soprattutto nei primi metri. Allo stesso tempo, aumenterà la direzionalità a pieno gas, dato che il retrotreno non si abbassa granché. Lo svantaggio è una tendenza all'instabilità all'ingresso in curva, specialmente al retrotreno. Ridurre l'angolo di anti-beccheggio ha l'effetto opposto: una direzionalità a pieno gas molto minore, e più trazione al posteriore quando l'accelerazione non è più massima. La macchina sarà anche molto più stabile all'inserimento in curva. C'è anche un effetto sulla capacità della macchina di effettuare i salti: più anti-beccheggio farà saltellare di più la macchina in accelerazione su terreno sconnesso, ma aumenterà la capacità della macchina di assorbire i colpi quando si toglie gas. Ridurre l'anti-beccheggio ha l'effetto opposto: migliora la capacità della macchina di assorbire i colpi in accelerazione, e la riduce quando si lascia il gas.

2.5 L'altezza da terra

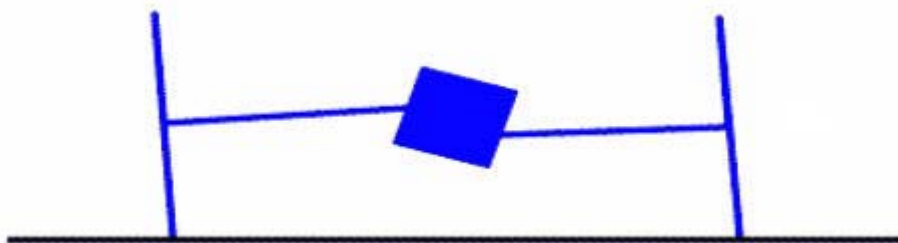
Scegliere la corretta altezza da terra è importante: se troppo bassa, la macchina toccherà terra spesso, se troppo alta aumenta inutilmente il rischio di ribaltarsi in accelerazione. Scegliere un'altezza uguale all'avantreno e al retrotreno è un buon punto di partenza. Alzare o abbassare un estremo ha effetto sul comportamento di tutta la macchina: l'estremo più basso porta una percentuale leggermente maggiore del carico statico, ma, soprattutto, ha un centro di rollio più basso, così che quella estremità della macchina si inclinerà di più in curva, abbassandolo ulteriormente, e avrà più tenuta di strada.

Non bisogna dimenticare, poi, che modificare l'altezza da terra vuol dire modificare anche l'ammontare della corsa negativa della sospensione, e ciò, come spiegato nel prossimo paragrafo, può avere serie conseguenze.

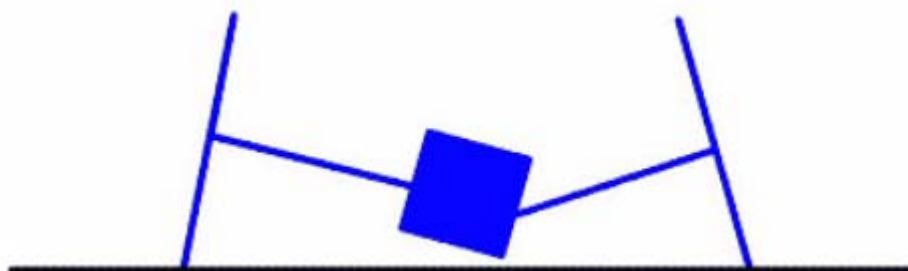
2.6 La corsa delle sospensioni

L'ampiezza dell'escursione negativa delle sospensioni (downtravel) di una macchina può avere grande effetto sul suo comportamento. Influenza sia la tendenza al rollio che quella al beccheggio del telaio.

In questa animazione, vediamo una macchina che ha un'ampia capacità di escursione negativa inclinarsi in curva. Il telaio è libero di inclinarsi, e l'altezza del baricentro non cambia di molto.



In quest'altra animazione, invece, vediamo come si inclina in curva una macchina la cui sospensione non ha quasi corsa negativa. Il telaio viene spinto verso il basso nell'inclinarsi, abbassando in effetti il baricentro.



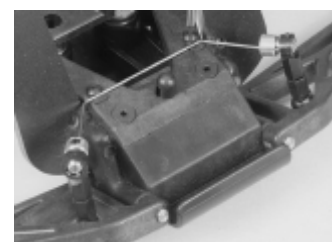
Quindi, l'estremità della macchina che avesse meno escursione negativa dell'altra, verrebbe abbassata in curva, aumentandone la tenuta, specialmente a metà curva quando il trasferimento di peso è massimo. Poca o nulla corsa negativa all'avantreno darà grande direzionalità, specialmente all'ingresso delle curve veloci, o nelle sterzate violente. Al retrotreno, poca o nulla corsa negativa aumenterà la trazione in ogni fase della curva.

Ma questo non è tutto: l'entità dell'escursione negativa ammessa dalla sospensione influenza anche il bilanciamento longitudinale della macchina, durante accelerazioni e frenate. Un'estremità con molta corsa negativa sarà in grado di alzarsi molto, e quindi beccheggio del telaio sarà più pronunciato e ci sarà maggior trasferimento di peso. Ad esempio: se l'avantreno ha una grande escursione negativa, si alzerà molto durante le accelerazioni violente, trasferendo molto peso sulle ruote posteriori. Così la macchina avrà scarsa direzionalità in accelerazione, ma molta trazione al retrotreno. Un'ampia escursione negativa ad entrambi gli estremi, combinata con molle morbide, può causare un eccessivo trasferimento di peso: sottosterzo in accelerazione e sovrasterzo in frenata. La cura è semplice: ridurre l'escursione negativa o usare molle più rigide.

Ci sono anche degli svantaggi nel limitare la corsa negativa delle sospensioni: la macchina toccherà facilmente terra, riducendo la capacità di affrontare le asperità del terreno ed i salti.

2.7 Le barre anti-rollio

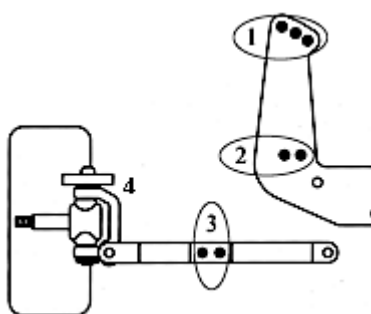
Le barre anti-rollio sono come “molle laterali”: lavorano solo in senso trasversale. Il principio di funzionamento è il seguente: quando un lato della sospensione viene compresso, quell'estremo della barra viene sollevato. Anche l'altro estremo della barra tenderà a sollevarsi, sollevando anche l'altro lato della sospensione, il che si tramuta in una resistenza al rollio del telaio. Con quanta forza, e di quanto, l'altro lato venga sollevato dipende dalla rigidità torsionale e dallo spessore della



barra: una barra sottile si torcerà parecchio, e non solleverà molto l'altra estremità, permettendo al telaio di inclinarsi per quanto concesso dalla sospensione. Si noti che la barra viene sollecitata solo quando un'estremità è ad altezza diversa rispetto all'altra, come avviene in curva. Quando entrambe le estremità sono sollevate in pari misura, come durante una frenata, la barra è a riposo e non ha effetto. Per questo, le barre anti-rollio influenzano solo il bilanciamento trasversale della macchina, non quello longitudinale.

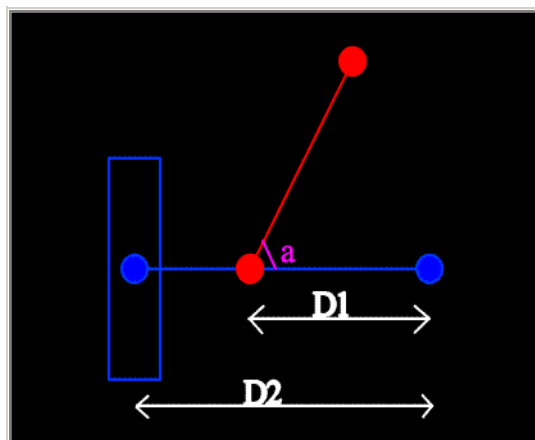
Va detto che le barre anti-rollio non sono l'unico elemento che determina la tendenza ad inclinarsi del telaio: esse lavorano insieme alle molle ed agli ammortizzatori. Si supponga di utilizzare una barra anti-rollio sul retrotreno, senza modificare nessun'altra regolazione. Quando la macchina entra in curva, il telaio comincia ad inclinarsi. Normalmente, la sospensione esterna si comprimerebbe, quella interna si estenderebbe e la ruota esterna supporterebbe un carico molto maggiore. Con la barra anti-rollio, invece, anche la sospensione interna viene in qualche misura compressa, cosicché il telaio si inclina di meno, e il retrotreno rimane ad un'altezza inferiore al normale. In questo modo, il retrotreno supporta un carico maggiore, e questo è distribuito più uniformemente tra le due ruote, la trazione aumenta ed è più costante. Si ricordi che ciò vale solo all'inserimento in curva, la situazione a metà curva è differente. Normalmente, senza la barra anti-rollio, il telaio smetterebbe di inclinarsi quando la molla esterna ha compensato completamente la coppia di rollio. Invece, con la barra anti-rollio, un po' di quella coppia viene compensata dalla sospensione interna, compressa tramite la barra anti-rollio. Se la sospensione esterna viene compressa meno del normale, il retrotreno ha un'altezza da terra maggiore del normale, riducendo il carico sopportato dal retrotreno e aumentando quello sull'avantreno. E' come se il retrotreno si fosse irrigidito un po', aumentando la direzionalità e diminuendo la trazione al posteriore. Questa, tuttavia, è più costante, dato che il peso è distribuito uniformemente tra le ruote posteriori. Tutto ciò non vale su terreni accidentati: le barre anti-rollio possono complicare notevolmente il comportamento della macchina in fuoristrada, e per questo sono utilizzate solo raramente su piste accidentate. Utilizzare una barra anti-rollio sull'avantreno ha effetti analoghi ma opposti: diminuisce la direzionalità, rendendola però più costante ed uniforme.

2.8 La posizione degli attacchi degli ammortizzatori



La maggior parte delle macchine radiocomandate offre diverse posizioni per gli attacchi degli ammortizzatori, sia sul castello (area 1) che sul triangolo inferiore (area 3). Scegliendo la posizione degli attacchi si può modificare l'azione delle molle. La questione è come ciò modifichi il comportamento della macchina. Per comprenderlo, dobbiamo prima introdurre il concetto di costante elastica equivalente alla ruota.

La costante elastica equivalente alla ruota è la costante elastica che dovrebbe avere una molla collegata al centro della ruota, per dare la stessa rigidità della molla effettivamente utilizzata. Dopo tutto, è lì che è applicata la forza di trazione: alla ruota.



Con riferimento alla figura, la costante elastica equivalente alla ruota è definita come:

$$\text{Costante elastica equivalente alla ruota} = \text{Costante elastica della molla} \times (D1/D2)^2 \times \sin(a)$$

dove $(D1/D2)$ è il rapporto di leveraggio, e 'a' è l'inclinazione dell'ammortizzatore. Questa formula ci dice due cose:

Più è inclinato l'ammortizzatore, più morbida è la costante elastica equivalente alla ruota.

Più vicino al telaio è l'estremo inferiore dell'ammortizzatore, più morbida è la costante elastica equivalente alla ruota.

Si noti che cambiando la posizione dell'attacco inferiore dell'ammortizzatore si modificano sia l'angolo dell'ammortizzatore che il rapporto di leveraggio, ma è quest'ultimo che ha di solito l'effetto maggiore. Ciò si rileva anche dalla formula: il rapporto di leveraggio vi compare al quadrato, mentre $\sin(a)$ no. Anche l'escursione della sospensione cambia, e con essa il comportamento della macchina.

Tra l'altro, l'inclinazione dell'ammortizzatore non è costante: aumenta con la compressione della sospensione. Questo effetto è più pronunciato se gli ammortizzatori sono più inclinati, possiamo dire che, quanto più inclinati sono gli ammortizzatori, tanto più la molla avrà un comportamento progressivo. Perciò possiamo pensare di cambiare la posizione di attacco dell'ammortizzatore sul castello per regolare in modo fine le caratteristiche di molle e ammortizzatori, e per modificarne la progressività.

Si tenga comunque presente che ciò non è del tutto corretto: se il perno del triangolo inferiore non è allineato con la mezzeria della ruota, una frazione non trascurabile delle forze che agiscono sulla ruota viene trasmessa al telaio dal braccio superiore. ciononostante, l'approssimazione è molto buona.

Dal momento che l'inclinazione dell'ammortizzatore ne modifica la progressività, ne viene influenzata anche la velocità del pistone. Se l'ammortizzatore è inclinato (progressivo), la velocità del pistone aumenterà quando la sospensione viene compressa, mentre se l'ammortizzatore è quasi verticale (lineare), la velocità rimane praticamente costante. Ovviamente ciò cambia il punto di transizione dall'ammortizzazione "laminare" a quella "turbolenta". La transizione a regime turbolento si avrà prima quando l'ammortizzatore è vicino alla verticale, perché quando è invece inclinato, ci vuole un po' di tempo (e di compressione della sospensione) prima che il pistone raggiunga la stessa velocità. Quindi, inclinare gli ammortizzatori ha più o meno lo stesso effetto che usare un pistone con fori leggermente più grandi, e viceversa.

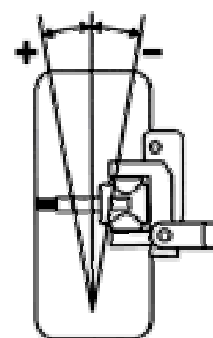
Personalmente trovo che cambiare la posizione dell'attacco inferiore dell'ammortizzatore sia un accorgimento comodo quando si voglia modificare l'escursione negativa della sospensione, senza cambiare la lunghezza dell'ammortizzatore stesso, o quando si cerca solo un piccolo aggiustamento della rigidità delle molle. Cambiare la posizione di attacco superiore è un aggiustamento molto

delicato, io preferisco ricorrervi solo dopo aver regolato tutti gli altri parametri più importanti, ed il comportamento della macchina è già più o meno quello desiderato. E' particolarmente utile per cambiare il "feeling" dell'inserimento in curva. Ora, non so se questo sia vero quando l'azione delle molle è molto progressiva, ma quanto più gli ammortizzatori sono verticali, tanto più diretta sarà la loro azione nell'inserimento in curva. Ad esempio: se gli ammortizzatori anteriori sono un po' inclinati, la macchina si inserirà in curva molto aggressivamente, sarà molto reattiva. Se quelli posteriori sono quasi verticali, e quelli anteriori sono più inclinati, la macchina non avrà molto inserimento in curva, ma avrà più direzionalità nel centro-curva, tenderà a "raddrizzarla". In qualche caso, il posteriore potrebbe cominciare a derapare. E' un effetto molto simile ad avere molle rigide o ammortizzatori duri: se le molle e gli ammortizzatori anteriori sono molto rigidi, la reazione iniziale all'inserimento in curva sarà molto forte. Nella parte centrale della curva, la macchina soffrirà probabilmente di sottosterzo, ma la reazione iniziale le dà un carattere "reattivo". Anche il centro di rollio ha questo effetto: un centro di rollio anteriore molto alto farà inserire la macchina in curva in modo molto aggressivo, ma darà sottosterzo in centro-curva. E' divertente se vi piace una macchina aggressiva che si può "buttare a capofitto" nelle curve, ma dubito che sia la soluzione globalmente più veloce. Viceversa, se il centro di rollio posteriore è molto alto, la macchina si inserirà in curva in modo molto dolce, e potrebbe tendere al sovrasterzo in centro-curva.

L'angolazione delle ruote

3.1 L'angolo di campanatura (camber)

L'angolo di campanatura (camber) è l'angolo tra l'asse verticale del pneumatico e la verticale del terreno, misurato in modo che se le ruote sono inclinate verso l'interno, l'angolo è negativo, se sono inclinate verso l'esterno, l'angolo è positivo. Viene normalmente misurato con la macchina in assetto di marcia (all'altezza nominale da terra), e i valori sono tipicamente compresi tra -0,5 e -3.

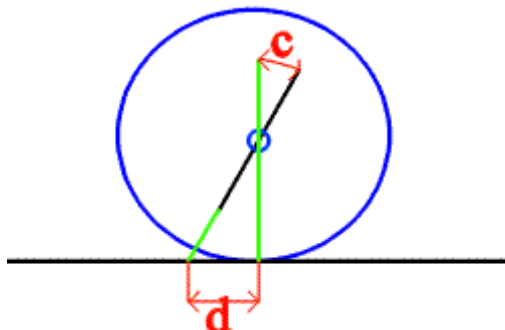


Per cominciare, non si usa mai un angolo di campanatura positivo, sempre negativo o nullo. Un angolo negativo è necessario perché, quando la macchina percorre una curva, il telaio si inclina, tendendo ad aumentare l'angolo di campanatura stesso. Inoltre, dato che per lo più i pneumatici di gomma sono molto flessibili, tendono a deformarsi un po' verso il centro della curva. Se l'angolo di campanatura non fosse leggermente negativo, il pneumatico toccherebbe terra solo con la fascia esterna, con riduzione della trazione. Dato che il coefficiente di attrito (grip) del pneumatico cresce al crescere dell'area di contatto col terreno, la situazione ideale si avrebbe se il pneumatico rimanesse sempre perpendicolare al terreno senza deformarsi in presenza di forti carichi laterali. Purtroppo, non è così, e normalmente bisogna cercare il miglior compromesso. Il problema è che, se si vuole la massima trazione accelerando in rettilineo, bisogna regolare la campanatura a 0° , mentre, se si vuole la massima trazione in curva, bisogna impostarlo a un valore negativo di qualche grado, in funzione della rigidità della sospensione e della durezza della mescola del pneumatico. Quindi non è possibile ottimizzare entrambe le situazioni, e bisogna cercare un compromesso. Il modo più facile è regolare la campanatura in modo che il pneumatico si consumi in modo uniforme su tutta la larghezza del battistrada, così che ogni punto del pneumatico viene utilizzato al massimo. Si tenga presente che una macchina con sospensioni molto morbide richiede un angolo di campanatura (negativo) più accentuato di una con sospensioni molto rigide. In condizioni di fuoristrada molto accidentato, tuttavia, potrebbe essere utile usare un angolo di campanatura maggiore di quanto garantirebbe un consumo uniforme del pneumatico, per stabilizzare la macchina sugli ostacoli più grossi e per ridurre il rischio che la ruota si infili in un solco e la macchina si ribalti.

L'angolo di campanatura può anche essere impiegato per modificare il comportamento di guida della macchina, ma io lo sconsiglierei decisamente: una regolazione diversa da quella ottima in ogni caso riduce la trazione, rallentando inevitabilmente la macchina.

3.2 L'angolo di incidenza (caster)

L'angolo di incidenza (caster) è l'angolo che la verticale al suolo forma con l'asse del perno del portamozzo nella sospensione anteriore. Nel caso di una sospensione a trapezio, l'asse tra i centri dei due giunti a sfera funge da "perno virtuale".



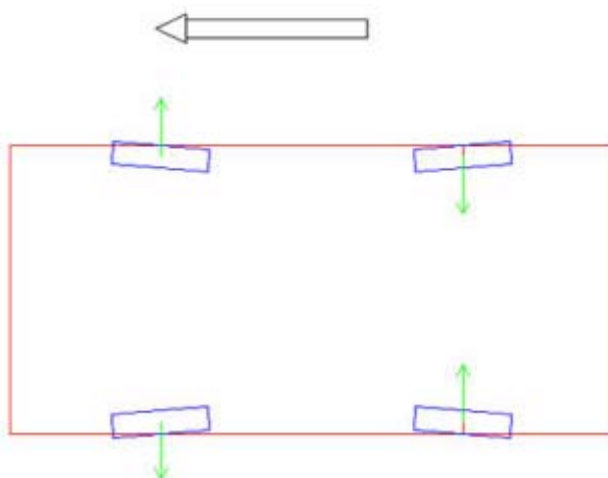
Se il portamozzo è inclinato all'indietro, come nella figura (il modello è visto da sinistra), l'angolo di incidenza è positivo. Un angolo di incidenza negativo non viene mai usato (portamozzo inclinato in avanti). Si noti che l'area di contatto tra pneumatico e terreno risulta arretrato rispetto al punto di intersezione dell'asse del portamozzo e la superficie del terreno, di un tratto pari a d in figura. Ciò fa sì che le ruote 'seguano'.

Un angolo di incidenza non nullo causerà un eccesso di campanatura delle ruote anteriori quando vengono sterzate, facendo alzare l'avantreno. E' questo innalzamento che dà alle ruote anteriori la tendenza a raddrizzare spontaneamente quando non si applica forza allo sterzo: con le ruote dritte il telaio sta all'altezza minima da terra, mentre per sterzare bisogna applicare della forza, per alzare l'avantreno. Al venir meno dell'azione sterzante, la forza di gravità riporterà le ruote nella posizione originale. Questo effetto è tanto più pronunciato, quanto più la macchina è pesante e l'angolo di incidenza è pronunciato. Inoltre, al crescere dell'angolo di incidenza, cresce la differenza di campanatura tra le ruote quando vengono sterzate. Questa differenza di campanatura va a compensare l'inclinazione del telaio e la deformazione dei pneumatici che si verificano in curva. Quindi, un angolo di incidenza pronunciato aumenterà la direzionalità all'inserimento in curva e nei curvoni veloci, in cui l'inclinazione del telaio è più pronunciata. Aumenterà anche la stabilità su terreno accidentato e la stabilità in rettilineo. Un angolo di incidenza poco pronunciato, invece, migliorerà la direzionalità nelle curve lente e ammorbidirà l'inserimento in curva.

Si noti che l'angolo di incidenza non è sempre costante: nelle macchine con sospensioni a trapezio in cui il braccio superiore non è parallelo al triangolo inferiore, l'incidenza varierà con il movimento della sospensione. Se il triangolo inferiore ha un'inclinazione orizzontale minore rispetto al braccio superiore, l'angolo di incidenza diminuirà con la compressione della sospensione, ad esempio in curva o in frenata. Questo effetto è detto "incidenza reattiva".

3.3 La convergenza (toe)

Raramente le ruote di una macchina sono perfettamente parallele tra loro. Il disegno qui a sinistra mostra una macchina con le ruote anteriori divergenti e le posteriori convergenti. Si parla di convergenza (toe-in) quando le ruote puntano verso l'interno, e di divergenza (toe-out) quando puntano verso l'esterno, rispetto alla direzione di marcia.



Entrambe le ruote anteriori “tirano” la macchina di lato, anche se l’effetto totale è nullo, dal momento che le forze in gioco sono uguali ed opposte. Queste forze sono indicate dalle frecce verdi. Il fatto che le ruote non puntino nella direzione di marcia crea un angolo di slittamento, come spiegato nel Capitolo 1.

In teoria, la macchina non sbanda né a destra né a sinistra, ma questa è una situazione instabile. Supponiamo che la macchina incontri una piccola irregolarità del terreno su un lato soltanto, oppure che le ruote siano leggermente sterzate. Ciò si tradurrà in un po’ di carico in più su uno dei due pneumatici anteriori, che quindi farà più presa sul terreno e potrà tirare la macchina un po’ dalla propria parte. Nel caso della leggera sterzata, la forza che tira nel verso opposto diminuirà, a causa dello spostamento del peso, e non a causa dell’ostacolo. Il risultato è che una ruota tira con più forza in una direzione, mentre la forza che agisce in direzione opposta si è indebolita. Di conseguenza, le due forze non si controbilanciano più, e si crea una risultante che fa curvare la macchina. Questa è una cattiva notizia, dato che il conseguente trasferimento di peso agirà ulteriormente in modo da peggiorare il problema. Il guidatore può cercare di controsterzare, ma se la correzione non è perfetta, ci ritroviamo daccapo nella stessa situazione, questa volta in direzione opposta. La macchina avrà quindi la tendenza a sbandare da una parte e dall’altra, o, nel peggiore dei casi, ad entrare in oscillazione.

Se la divergenza delle ruote causa instabilità, non c’è motivo di adottarla al retrotreno, renderebbe la macchina inguidabile. Invece, per quanto riguarda l’avantreno, c’è l’effetto stabilizzante dell’angolo di incidenza. E’ per questo che talvolta le ruote anteriori possono essere leggermente divergenti, purché la macchina abbia un angolo di incidenza sufficiente a dare stabilità sui rettilinei. L’effetto “instabilità” si farà comunque notare nell’inserimento in curva, che risulterà più immediato ed aggressivo.

Il retrotreno presenta una leggera convergenza. Anche in questo caso si creano due forze opposte, ma questa volta il sistema risultante è stabile. Infatti, se, per qualsiasi ragione, una delle due forze diventasse più grande dell’altra, la macchina tenderebbe a girare nella direzione che causa un trasferimento di peso verso la ruota che sta perdendo tenuta di strada. Un maggior carico si traduce in una maggior tenuta, e quindi il sistema tende a stabilizzarsi. Questo effetto viene anche definito retroazione negativa.

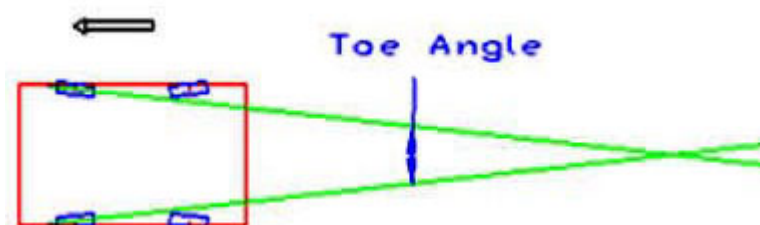
La convergenza delle ruote ha un effetto stabilizzante: tenderà a far andare dritta la macchina. Viene adottata per lo più al retrotreno, dove ne previene la tendenza a ‘scappare’ quando i pneumatici vengono bruscamente portati ai limiti del cerchio di tenuta, e ogni irregolarità del terreno può far loro perdere la presa. Il guidatore avrà la sensazione che il posteriore sia “inchiodato alla strada”, come se ci fosse una forza invisibile che lo tiene in traiettoria. Tuttavia ci sono degli svantaggi: la direzionalità in curva può soffrirne parecchio, specie in quelle lente. L’effetto può arrivare ad essere

tale che la tenuta dell'avantreno è a malapena sufficiente a far curvare la macchina. In altre parole, troppa convergenza al retrotreno può tradursi in un effetto di sottosterzo.

Se le ruote anteriori sono convergenti, si ha sostanzialmente lo stesso effetto stabilizzante. Ciò può essere comodo per controllare le accelerazioni, ma farà perdere direzionalità all'anteriore: l'inserimento in curva sarà assai meno aggressivo.

Convergenza e divergenza hanno in comune un effetto: aumentano la prontezza di reazione della macchina. Le forze opposte, per piccole che siano normalmente, eliminano tutti i giochi della sospensione, e precaricano lateralmente i pneumatici, deformandone leggermente la carcassa. Ciò consente alla macchina di reagire più prontamente.

Lo svantaggio di un angolo accentuato di convergenza o divergenza sta soprattutto nello spreco di energia, ovvero perdita di velocità. La velocità massima diminuisce all'aumentare dell'angolo, dato che l'angolo di slittamento dei pneumatici cresce proporzionalmente. Quanto maggiore è il grip della pista, tanto maggiore sarà la perdita: quindi, se la pista ha molto grip, bisogna evitare di esagerare con la convergenza (o divergenza). Inoltre, se l'angolazione delle ruote è pronunciata, saranno altrettanto ampi gli angoli di slittamento, con conseguente diminuzione della tenuta di strada persino in rettilineo.



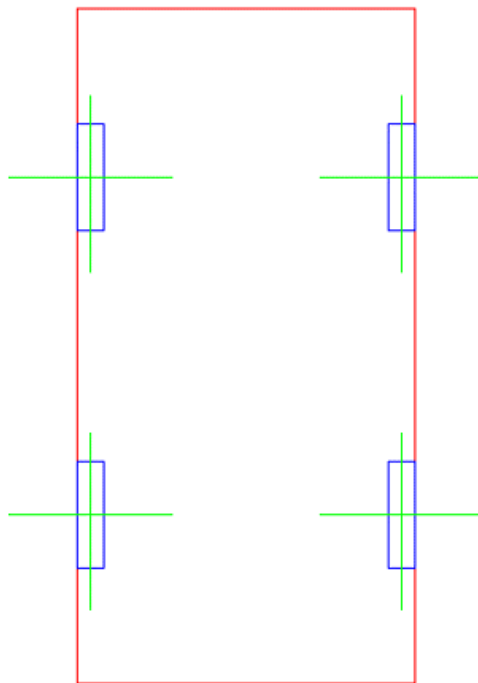
L'angolo di convergenza o divergenza ("toe angle" in figura N.d.T.) è quello tra gli assi longitudinali dei due pneumatici di uno stesso asse, e viene misurato in gradi.

I valori normalmente utilizzati vanno da -1.5 a +1.5 gradi all'anteriore, più di così darebbe luogo a comportamenti strani, mentre al posteriore è comune utilizzare da 0 a 3.5 gradi di convergenza, qualcosa meno per le macchine on-road.

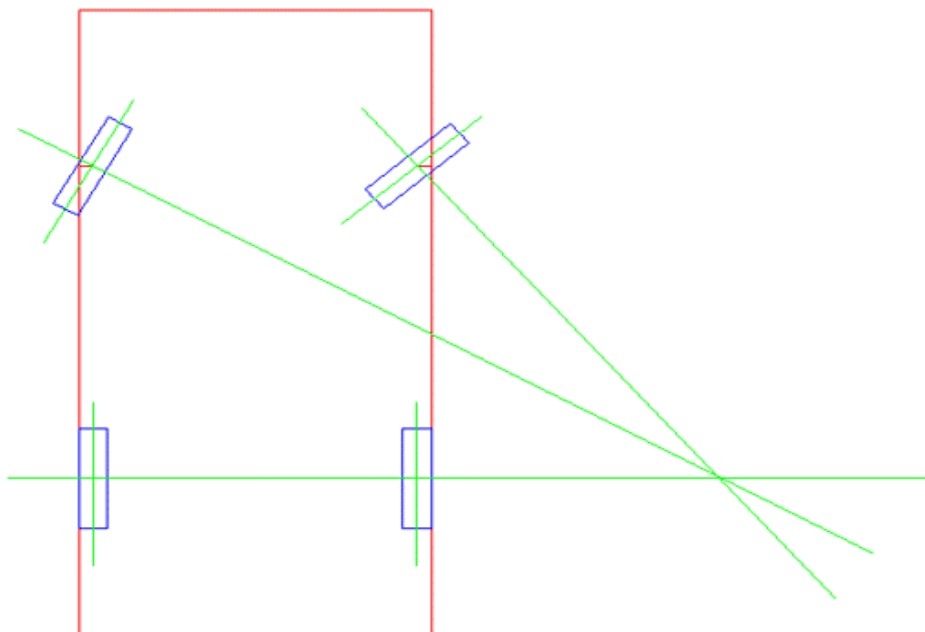
3.4 L'effetto Ackermann

Come avrete immaginato, l'effetto Ackermann fu "scoperto" da un tale di nome Rudolf Ackermann, ancora ai tempi delle corse dei calessi. Si tratta di determinare l'angolo di sterzata corretto necessario a far curvare una macchina (o un calesse).

Questa è la situazione quando la macchina procede in linea retta: i prolungamenti dei semiassi anteriori e posteriori non si intersecano. Nessuna delle ruote sta slittando, e tutti i semiassi hanno la medesima angolazione (0°).

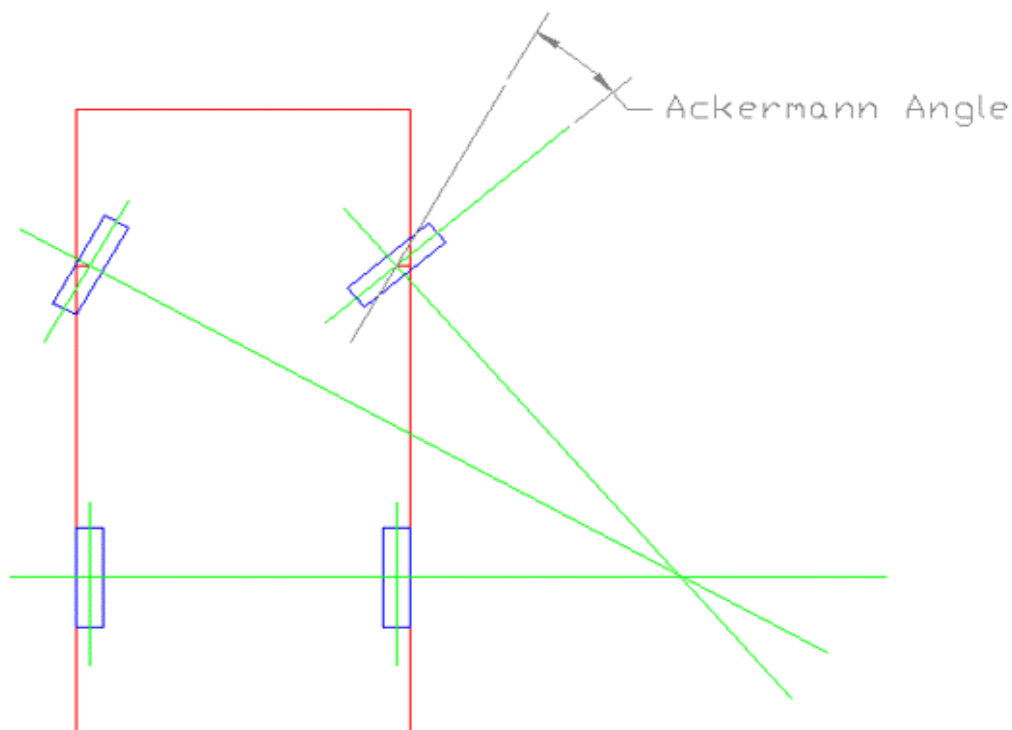


Qui vediamo la stessa macchina mentre percorre una curva molto ampia. Il punto di intersezione dei semiassi è il punto attorno al quale la macchina sta girando: è il centro della traiettoria circolare percorsa dal mezzo.



Si noti che, se nessuna delle ruote sta slittando, la ruota anteriore interna ha un angolo leggermente più accentuato della anteriore esterna. In una curva ampia come questa non è molto, ma è già qualcosa.

Qui invece abbiamo la stessa macchina mentre percorre una curva relativamente stretta. Il raggio di curvatura è molto piccolo.



Si noti che in questo caso la direzione delle ruote anteriori è decisamente differente, e questa differenza diventa ancora più grande al restringersi della curva. Questo è l'effetto Ackermann.

In realtà, è molto difficile, se non impossibile, realizzare un meccanismo di sterzo che riproduca esattamente gli angoli necessari a soddisfare la teoria di Ackermann. Tuttavia, esiste una serie di meccanismi di sterzo semplici che producono un'ottima approssimazione della situazione ideale. In fondo, c'è sempre un po' di gioco nel meccanismo dello sterzo, ed i pneumatici possono compensare il resto con la deformazione dei fianchi dei pneumatici.

La teoria è interessante, e nelle macchine di tutti i giorni è utile avere la giusta configurazione secondo Ackermann quando si effettuano manovre sterzando al massimo, come quando si parcheggia, perché la macchina avrà un comportamento più dolce. Ma nelle corse le gomme tendono a slittare in ogni caso, e quindi tutto sommato si può giocare un poco con gli angoli.

L'angolo tra i due pneumatici anteriori viene detto "Angolo di Ackermann", e può essere impostato regolando la tiranteria dello sterzo.

Un angolo di Ackermann pronunciato si traduce in un comportamento di guida dolce e prevedibile. La macchina percorrerà le curve con precisione, senza che le quattro ruote tirino in direzioni diverse. Un angolo di Ackermann un po' minore dà più direzionalità, specialmente nell'inserimento in curva, ma non è garantito che ogni tanto l'avantreno non "scappi", ed il raggio di sterzata non sarà uniforme. Ciò può rivelarsi utile su circuiti veloci, se la macchina soffre di sovrasterzo in centro-curva, ma vorreste un inserimento più deciso. Per non parlare dell'impatto psicologico sul concorrente immediatamente davanti a voi quando entrate in curva.

Lo spostamento del peso

Il peso di un veicolo, in condizioni statiche (assenza di movimento), è distribuito come spiegato nel Capitolo 6. La terza legge di Newton,

forza = massa × accelerazione,

implica che, ogni volta che il veicolo accelera in una direzione, si generano delle forze che si aggiungono a quella di gravità. Ad esempio, quando la macchina atterra dopo un salto, la sua velocità verticale decresce molto rapidamente, in pratica smette piuttosto bruscamente di cadere. La forza aggiuntiva che si esercita sul veicolo è in questo caso pari al prodotto della massa del veicolo per la decelerazione verticale.

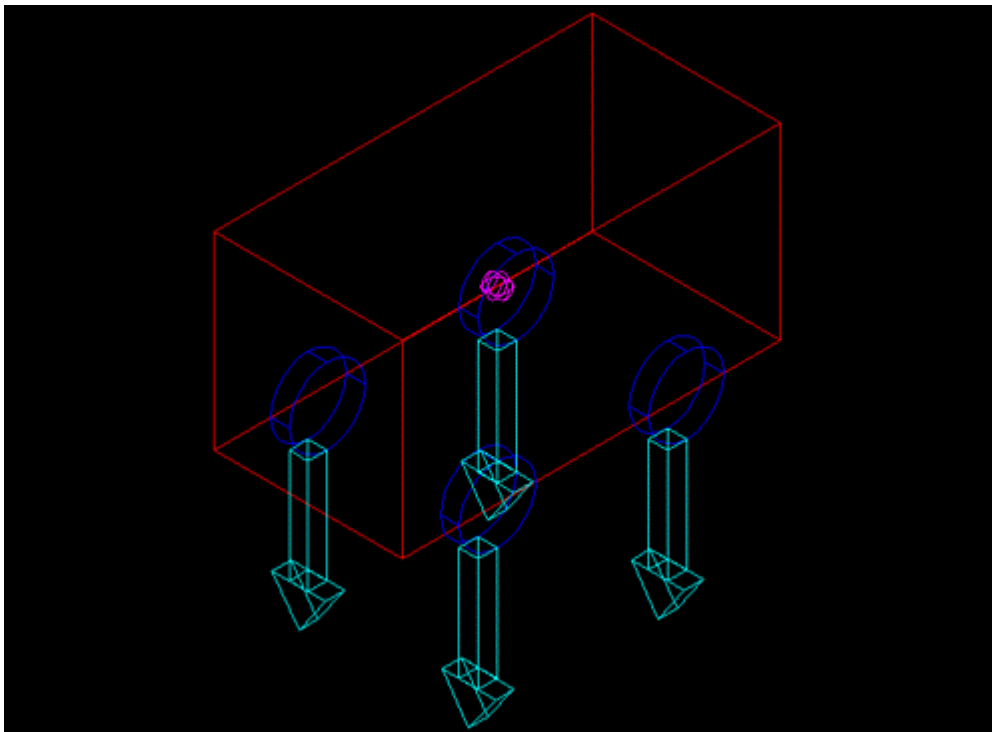
Per fare un esempio numerico, si supponga che discesa della macchina sia durata un secondo. Appena prima che impatti la superficie, la sua velocità verticale sarà pari a $G \times 1 \text{ secondo} = 10 \text{ m/s}$. Supponiamo che la macchina pesi $1 \text{ kg} = 10 \text{ Newton}$, e le sospensioni richiedano $0,1 \text{ secondi}$ per assorbire l'impatto dell'atterraggio. La forza risultante sui pneumatici è quindi pari a $1 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s} / 0,1 \text{ s} = 100 \text{ N} = 10 \text{ kg}$. Quindi, nel breve istante dell'atterraggio è come se la macchina pesasse 10 kg anziché 1 kg .

Il concetto che si intende chiarire è il seguente: il peso di una macchina, e quindi il carico sui suoi pneumatici, cambia continuamente, anche se la sua massa rimane costante. Beh, veramente non è così, la massa cambia in funzione della velocità, ma facciamo finta che il Sig. Einstein non sia mai nato, tanto nel nostro caso la differenza è trascurabile, a meno che non siate così veloci da avvicinarvi alla velocità della luce, ma per questi casi non c'è nulla che vi possa servire in queste pagine! • Ogni volta che c'è un'accelerazione, o, in altre parole, ogni volta che la cambiano la velocità o la direzione di marcia, si generano delle forze aggiuntive a quella di gravità.

Vi chiederete che importanza abbia. Semplice: il carico sopportato da ciascun pneumatico ne determina la tenuta di strada, e quindi influenza il comportamento della macchina. In effetti potremmo dire che il trasferimento del peso sia l'argomento di per sé più importante nelle competizioni automobilistiche, e anche quello che distingue i bravi piloti da quelli mediocri. E' la capacità di sapere dove si scarica il peso dell'automobile in ogni dato istante, in modo da mantenere i pneumatici al limite delle loro possibilità, che rende veloce un pilota.

Dato che il nostro mondo si estende in 3 dimensioni, anche il trasferimento di peso è un fenomeno tridimensionale (suppongo che in un mondo a 4 dimensioni sarebbe troppo facile fare i furbi). In presenza di movimento verticale, il peso può essere aumentato o sottratto. La dimensione verticale è un po' differente dalle due orizzontali, per la presenza della forza di gravità. La macchina può trovarsi in condizioni di pesare molte volte il suo peso normale (quello che ha procedendo su una strada piana) quando attacca una salita o impatta un'asperità del terreno, come anche di trovarsi in assenza di peso (mentre sta volando in un salto), o di pesare meno del normale (nel tratto discendente di una cunetta). E non si dimentichi la deportanza, che concorre ad aumentare il peso della macchina sui pneumatici. Fortunatamente, nelle altre due dimensioni il peso totale è costante,

può solo spostarsi da una parte all'altra, come nelle accelerazioni, quando il peso viene spostato dalle ruote anteriori a quelle posteriori, ma il totale rimane costante. Stessa storia quando si affronta una curva, solo in un'altra dimensione: il peso viene spostato dai pneumatici interni a quelli esterni, ma ancora il totale rimane costante. Per semplicità, d'ora in poi supporremo che la pista sia orizzontale, ignorando il primo caso.

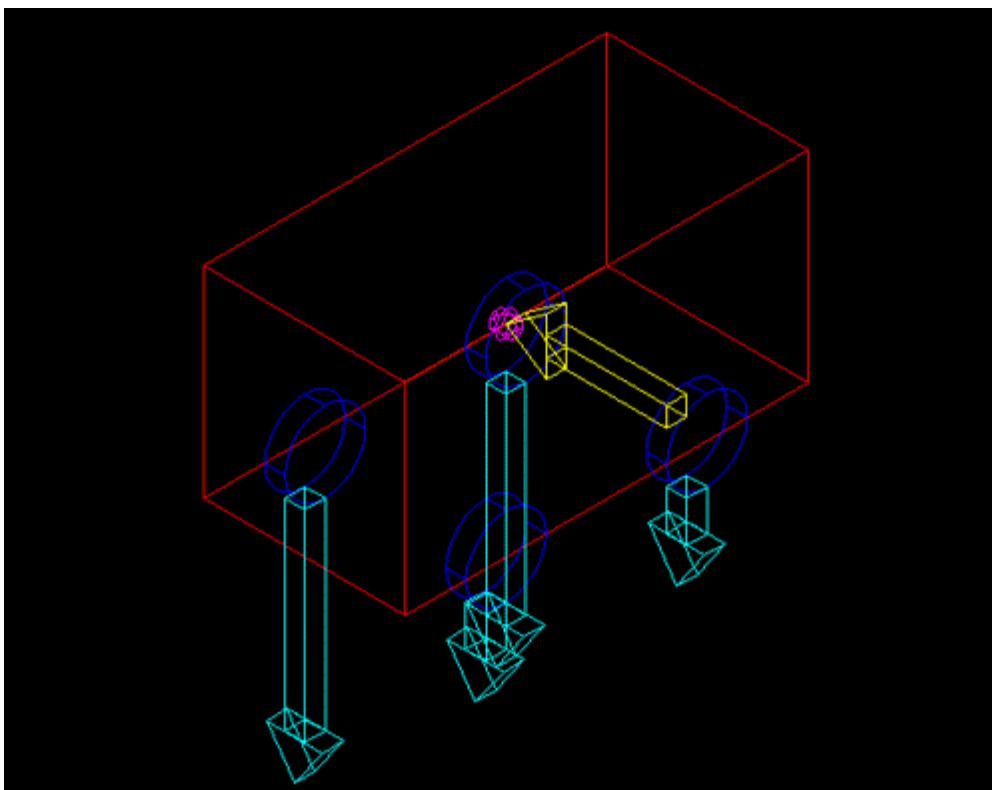


Si consideri il caso seguente: il baricentro (in viola) si trova proprio nel mezzo, e la macchina procede a velocità costante (se è ferma la velocità rimane costante a zero), in linea retta e su una superficie perfettamente orizzontale. In questo caso, se il peso totale è pari a W , i pneumatici sopportano tutti lo stesso peso, pari a $W/4$.

Nota: c'è una piccola incongruenza in questi disegni: le frecce azzurre rappresentano il peso che insiste sui pneumatici. L'incongruenza sta nel fatto che tutte le altre forze sono disegnate applicate alla macchina, mentre queste sono disegnate come se fossero esercitate dalla macchina.

4.1 Trasferimento del peso in senso laterale

Questa è la medesima macchina mentre affronta una curva. Sta ancora procedendo a velocità costante su una superficie orizzontale, ma ora la direzione di marcia sta cambiando, con un raggio di sterzata costante.

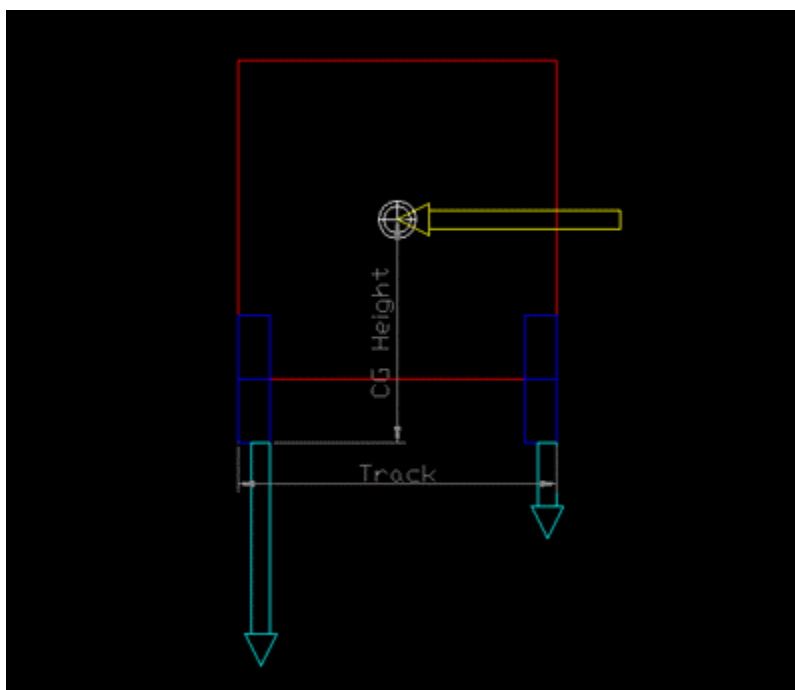


Innanzitutto, nel disegno non sono state rappresentate tutte le forze, per non complicarlo eccessivamente. Su ogni pneumatico agisce una forza orizzontale, e queste quattro forze controbilanciano quella disegnata in giallo. Sono sostanzialmente le forze d'attrito del pneumatico col terreno. Anche il vettore della forza peso non è disegnato, anche se è applicato al baricentro (in viola), e diretto verso il basso. Le altre forze invece sono rappresentate.

La freccia gialla rappresenta la forza centrifuga. Questa risulta dall'inerzia complessiva della macchina, è applicata al baricentro e punta verso l'esterno della traiettoria circolare seguita dalla macchina. Questa forza si traduce in un momento che tende ad inclinare la macchina, che dovrà essere controbilanciato da una forza uguale e contraria, come stabilito dalla seconda legge di Newton. Questa reazione è data dalla risultante del maggior carico sopportato dai pneumatici esterni. Dato che il peso totale non cambia, tutto il peso aggiunto ai pneumatici esterni è sottratto a quelli interni. In altre parole, il peso si è spostato verso l'esterno della curva.

Le conseguenze sono molte ed importanti. Un carico non omogeneo sui pneumatici comporta che la tenuta di strada totale si riduca, diminuendo la direzionalità della macchina. Inoltre, il momento che abbiamo citato sopra tende a far inclinare il telaio. In questo esempio la macchina non si inclina, perché non è dotata di sospensioni, come non si inclinerebbe nel caso in cui il baricentro si trovasse sull'asse di rollio. E comunque, l'inclinazione del telaio non modifica la quantità di peso trasferita non cambia (nell'ipotesi che il baricentro non si sposti). Ciò che cambia, invece, è dove viene trasferita la maggior parte del peso. Ceto, in questo esempio è facile: il peso sottratto dalla ruota anteriore sinistra va sull'anteriore destra, e quello sottratto alla posteriore sinistra va sulla posteriore destra. In altre parole, la macchina è simmetrica e rimane tale poiché non è dotata di sospensioni. Ma per una macchina reale la situazione è differente: supponiamo che il retrotreno si inclini molto di più dell'avantreno, a causa del centro di rollio posteriore molto basso, oppure perché le molle sono molto morbide. In questo caso, il carico trasferito sulla ruota posteriore destra è maggiore. Certo, un po' di peso verrà anche trasferito sulla anteriore destra, ma in misura minore, e la macchina soffrirà di sottosterzo. Se poi aggiungiamo un'accelerazione o una frenata, ci sarà un ulteriore trasferimento di peso in senso longitudinale. Questo è il motivo per cui si può compensare

il sottosterzo frenando leggermente: in questo modo, infatti, si trasferisce un po' di peso dal posteriore verso l'avantreno, migliorando un po' la direzionalità. Tutto considerato, non è facile determinare dove e quanto peso verrà trasferito. I fattori in gioco sono tanti, come la rigidità delle molle e delle barre anti-rollio, l'altezza da terra dei centri di rollio, la corsa delle sospensioni ecc.

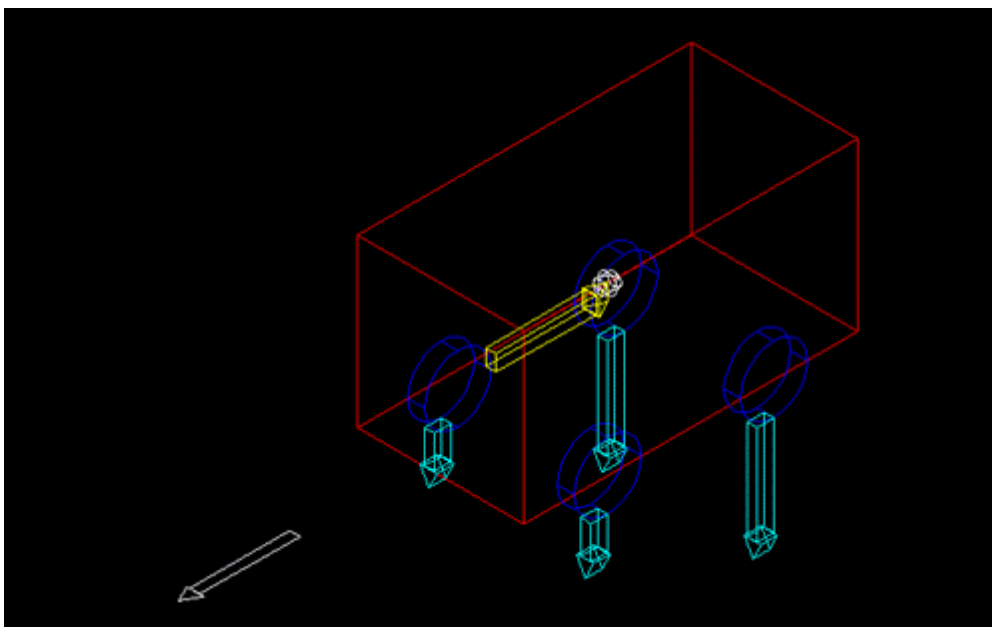


Intanto, vediamo quanto peso viene trasferito. Questo corrisponde alla differenza tra le forze agenti sui pneumatici dei lati opposti, ed è pari al prodotto tra la forza centrifuga (in giallo) e l'altezza da terra del baricentro, diviso per la carreggiata della macchina. La forza centrifuga, a sua volta, espressa in 'g', è data dal prodotto dell'accelerazione radiale per il peso complessivo della macchina. L'accelerazione radiale, a sua volta, è pari al quadrato della velocità angolare del veicolo, diviso per il raggio di sterzata.

Da ciò possiamo concludere che la quantità di peso trasferita è proporzionale all'altezza del baricentro, ed inversamente proporzionale alla carreggiata della macchina. E' per questo che la maggior parte delle macchine da corsa sono quanto più basse e larghe sia ammesso dai regolamenti. In questo modo viene minimizzato il trasferimento di peso, in che a sua volta migliora la trazione complessiva. Essa risulta inoltre proporzionale al peso complessivo, motivo per cui le macchine da corsa sono il più leggere possibile. La quantità di peso trasferita è poi proporzionale a fattori indipendenti dalla macchina, quali la velocità ed il raggio di sterzata istantaneo.

4.2 Trasferimento del peso in senso longitudinale

Il discorso è praticamente uguale a quello per il trasferimento di peso laterale, solo nell'altra direzione. Questa volta la macchina sta percorrendo una traiettoria rettilinea (freccia bianca), e sta accelerando. In altre parole, la velocità sta aumentando, o, nei termini usati sopra, il vettore velocità aumenta in modulo e rimane costante in direzione e verso.



Di nuovo non sono state disegnate tutte le forze agenti, ad esempio le forze che spingono la macchina, che agiscono sulle aree di contatto tra i pneumatici ed il terreno, nella stessa direzione della freccia bianca. Anche il peso della macchina è stato sottinteso.

Come sempre, quando un oggetto subisce un'accelerazione, c'è anche una forza d'inerzia applicata nel baricentro CG (in giallo). Ciò crea un momento, che viene compensato dallo spostamento del peso dalle ruote anteriori a quelle posteriori. Tutto il peso sottratto dalle ruote anteriori viene spostato sulle posteriori, e, fintantoché l'accelerazione è rettilinea, ciò avviene in modo simmetrico.

Un carico maggiore sui pneumatici posteriori può far comodo in una macchina a trazione posteriore che sia accelerando in rettilineo, ma, a causa della riduzione del carico frontale, ci sarà un pronunciato effetto di sottosterzo. Si applicano tutti i discorsi fatti al paragrafo precedente: dato che i pneumatici sono caricati in modo diseguale, la trazione totale è minore. Questo è anche il motivo per cui il modo più veloce di percorrere una curva è senza frenare o accelerare. Inutile dire che per far ciò è necessaria una macchina ben bilanciata, né sovrasterzante né sottosterzante. Un'altro aspetto uguale è che l'entità complessiva del trasferimento di peso è indipendente dall'inclinazione del telaio. La macchina probabilmente si inclinerà in avanti in frenata e all'indietro in accelerazione, ma la quantità di peso spostata non cambia. Ciò ovviamente a meno che non cambi di molto l'altezza del baricentro, il che può accadere se le sospensioni hanno un'ampia corsa negativa. Supponiamo che il muso si alzi parecchio, mentre il posteriore non si abbassi granché. In questo caso, il baricentro si alzerà, aumentando la quantità di peso trasferita alle ruote posteriori. E' questo il meccanismo che innesca le sgommate: più il muso si alza, maggiore è la trazione e quindi l'accelerazione, tanto più tende ad alzarsi il muso, e così via, con una specie di "effetto valanga".

La formula per calcolare l'ammontare del peso trasferito è molto simile alla precedente. Questa volta è data dal prodotto della forza d'inerzia per l'altezza del baricentro, diviso per il passo della macchina (anziché la carreggiata). La forza d'inerzia è pari al prodotto dell'accelerazione per la massa del veicolo. Perciò, un baricentro basso ed un passo lungo diminuiscono il trasferimento di peso longitudinale. E, come sempre, l'entità del trasferimento è proporzionale all'accelerazione.

Il rapporto di trasmissione

Questo è probabilmente l'argomento più semplice di tutti. Nella maggior parte dei casi, il miglior rapporto di trasmissione è quello che consente alla macchina di accelerare quanto più possibile, senza mandare in fuori-giri il motore. Quindi, per trovare il rapporto di trasmissione ottimo, basta aggiustarlo in modo che il motore raggiunga il massimo numero di giri verso la fine del rettilineo più lungo.

Tuttavia, in qualche caso può essere utile allungare o accorciare il rapporto rispetto all'ottimo: un rapporto un po' più corto darà delle accelerazioni maggiori, il che lo rende interessante se il circuito ha molti brevi rettilinei, e l'accelerazione massima è molto importante. Un rapporto più lungo viene spesso adottato per evitare di sgommare in accelerazione, soprattutto su circuiti con basso grip. Può rendere la macchina un po' più facile da guidare, ma è consigliabile solo per piste su cui lo slittamento delle ruote è un problema.

Il rapporto di trasmissione dà il numero di giri che l'albero motore deve compiere perché le ruote compiano un giro completo. Ad esempio: un rapporto di 9.0 significa che quando il motore ha compiuto 9 giri, le ruote ne hanno compiuto esattamente uno, dopo 18 giri del motore le ruote ne hanno compiuti 2, e così via.

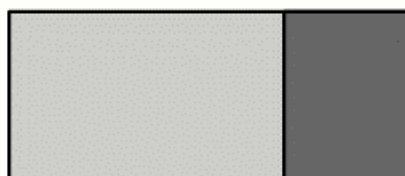
Il "trucco" consiste in questo: un numero più alto comporta un rapporto più corto, e viceversa. Così, 9.0 è un rapporto più lungo di 10.0. Mettiamola così: se il motore deve fare meno giri per farne fare uno alle ruote (numero più piccolo), la macchina andrà più veloce a parità di giri/min, e quindi il rapporto è più lungo.

La distribuzione dei pesi

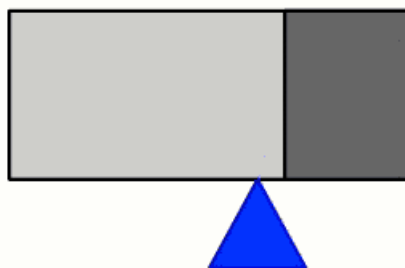
La distribuzione dei pesi è molto importante, perché determina non solo la ripartizione statica del peso sui singoli pneumatici, ma anche come il peso si distribuisce in condizioni dinamiche.

Il modo più semplice per valutare la distribuzione dei pesi è determinare il baricentro (CG) della macchina. Il baricentro è il punto dello spazio in cui si può pensare concentrata tutta la massa della macchina. La sua determinazione serve a semplificare gli effetti delle forze inerziali. Infatti, mentre in realtà ogni punto di un corpo è soggetto alle forze inerziali, è possibile semplificare il quadro facendo l'ipotesi, del tutto equivalente, che la risultante di tutte queste forze sia concentrata in un unico punto, che è appunto il baricentro. In questo modo, anziché dover determinare come ogni singolo punto di una macchina da 1,5 kg reagisca ad una data forza, possiamo più semplicemente studiare come reagisca una macchina priva di peso dotata di un "punto" pesante 1,5 kg posto nel baricentro. Quest'ultima situazione è molto più semplice: la forza agisce esclusivamente sul baricentro, e non sul resto della macchina.

Ovviamente, il tutto funziona solo se determiniamo il baricentro in modo corretto. Un metodo per farlo è descritto qui. Questo metodo è molto laborioso, e potrebbe dare risultati poco accurati, per cui io proporrei di usare un altro metodo. L'idea è di sfruttare il fatto che, quando un oggetto è in equilibrio statico, il baricentro giace sulla verticale del punto di appoggio. Applicando questo principio su tre piani distinti, si può determinare la posizione del baricentro. Ecco un esempio.



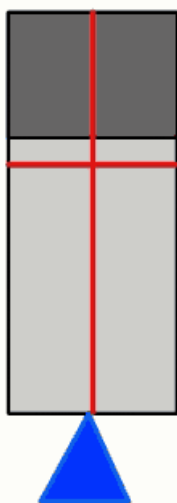
Qui è raffigurato un oggetto composto di una parte pesante (scura) e di una parte più leggera (chiaro), di cui vorremmo determinare il baricentro. Dato che la parte a destra è più pesante, il baricentro si troverà probabilmente spostato a destra rispetto al centro geometrico.



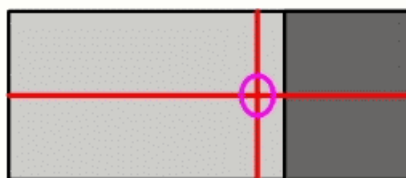
Cerchiamo di tenere l'oggetto in equilibrio su un appoggio a spigolo, e supponiamo che quella indicata sia la posizione in cui rimane in equilibrio. Ora sappiamo che il baricentro è proprio sulla verticale di questa posizione.



La linea rossa contiene tutti i punti che erano sulla verticale della posizione di equilibrio, e quindi il baricentro deve giacere su di essa.



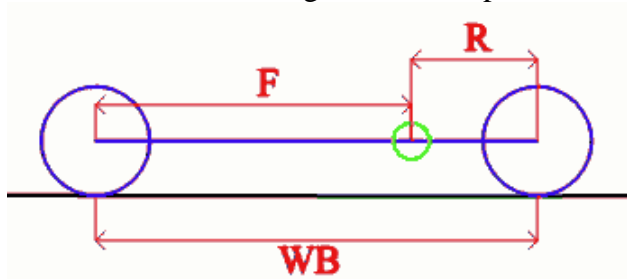
Adesso seguiamo lo stesso procedimento, ma su un'altra dimensione. Di nuovo, possiamo tracciare una linea rossa su cui deve trovarsi il baricentro.



Poiché questo era un esempio in due dimensioni, è sufficiente ripetere la procedura due volte, per trovare il baricentro (cerchiato in viola). Per una macchina, che ha tre dimensioni, bisognerà ripeterla tre volte. Il tutto potrebbe presentare qualche difficoltà pratica, ma qui dovrete usare la vostra immaginazione.

Una volta nota la posizione del baricentro, possiamo facilmente calcolare il peso sopportato dai pneumatici e la distribuzione dei pesi.

Per cominciare, consideriamo la distribuzione longitudinale dei pesi:



Il passo WB è la distanza che intercorre tra l'asse anteriore e quello posteriore, F è la distanza tra il baricentro CG (in verde) e l'asse anteriore, mentre R è la distanza tra il baricentro CG e l'asse posteriore.

Peso sull'asse anteriore = peso totale \times (R/WB)

Peso sull'asse posteriore = peso totale \times (F/WB)

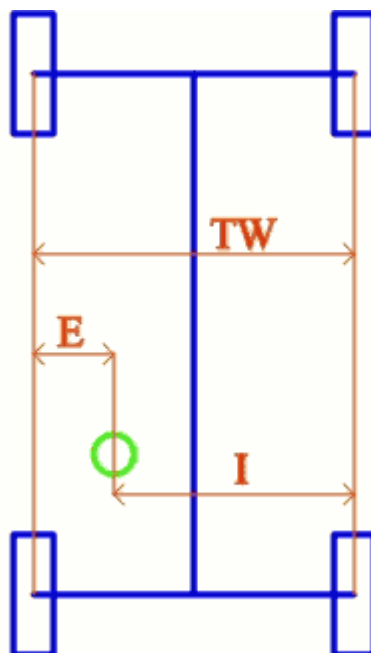
Ovvero, in percentuali:

Percentuale di peso anteriore = (R/WB) \times 100%

Percentuale di peso posteriore = (F/WB) \times 100%

Ovviamente, ciò influenzerà il comportamento di guida della macchina: maggior peso sul pneumatico significa infatti maggior tenuta di strada. Quindi, se il baricentro è arretrato, la macchina presenterà una buona trazione sulle ruote posteriori, che è utile se si vuole la massima accelerazione. Se il baricentro è spostato in avanti, la macchina avrà grande direzionalità, ma potrebbe mancare in trazione posteriore, con maggior rischio di andare in testa-coda.

In qualche caso, specialmente nelle macchine cosiddette LTO (left turn only) che corrono sui circuiti ovali, è più importante la distribuzione trasversale dei pesi. E' sostanzialmente la stessa cosa:



TW è la carreggiata, la distanza tra le mezzerie dei pneumatici all'altezza dell'asse, E è la distanza tra il baricentro CG (in verde) e la mezzeria dei pneumatici di sinistra, I quella tra il baricentro e la mezzeria dei pneumatici di destra. Se la carreggiata anteriore e quella posteriore differiscono, E ed I devono essere misurate all'altezza del CG.

Peso sul lato sinistro = (I/TW) \times peso totale

Peso sul lato destro = (E/TW) \times peso totale

Ovvero, in percentuali:

Percentuale di peso a sinistra = (I/TW) \times 100%

Percentuale di peso a destra = (E/TW) \times 100%

Si noti che, se si desidera calcolare il peso sopportato da un dato pneumatico, è necessario moltiplicare il peso totale della macchina per due fattori, uno che dà conto del bilanciamento longitudinale e uno per quello trasversale. Ad esempio:

Peso sul pneumatico anteriore sinistro = peso totale \times (I/TW) \times (R/WB)

Peso sul pneumatico anteriore destro = peso totale \times (E/TW) \times (R/WB)

Peso sul pneumatico posteriore sinistro = peso totale \times (I/TW) \times (F/WB)

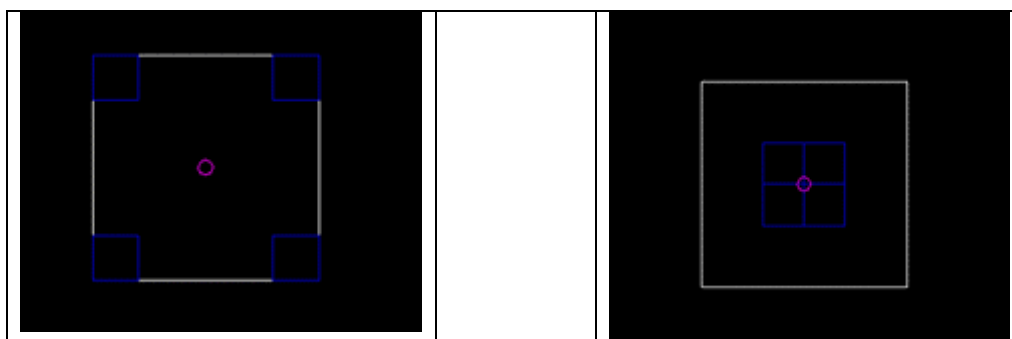
Peso sul pneumatico posteriore destro = peso totale \times (E/TW) \times (F/WB)

Si noti che ciò è corretto solo se la macchina non ha regolazioni particolari. Il precarico delle molle dovrebbe essere lo stesso su entrambi i lati della macchina.

Di nuovo, se il baricentro non giace sulla mezzeria della macchina, ci saranno conseguenze sul comportamento della stessa: spostarlo a sinistra migliora la capacità di curvare a sinistra, ma renderà molto difficile mantenere una traiettoria rettilinea, specialmente in accelerazione.

Anche l'altezza da terra del baricentro è molto importante: determina infatti la tendenza al rollio della macchina e come il peso si distribuisce. Maggiori particolari su questo argomento si trovano al Capitolo 2.

Purtroppo, non abbiamo ancora visto tutto: abbiamo trascurato l'inerzia, per la precisione l'inerzia rotazionale. Ad esempio:



Questi disegni schematizzano due macchine: la prima, a sinistra, ha tutto il peso (in \square) concentrato agli estremi, lontano dal baricentro CG (in viola). La seconda, a destra, ha tutto il peso concentrato nel mezzo, vicino al baricentro. Per il resto, le due macchine hanno lo stesso peso e il baricentro nella stessa posizione.

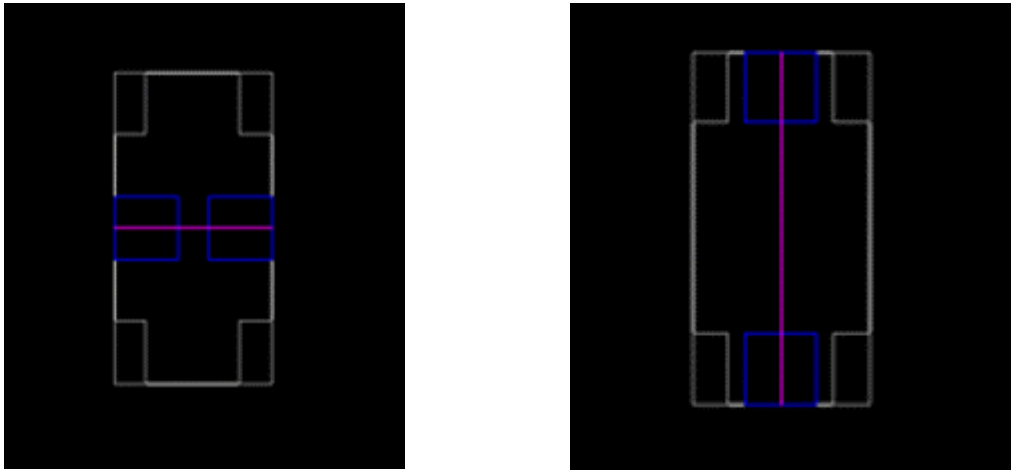
In curva o in frenata, entrambe le macchine trasferiranno la stessa percentuale di peso e si inclineranno di un angolo uguale. Tuttavia, non si comporteranno allo stesso modo, perché il loro momento d'inerzia è differente. La prima macchina reagirà lentamente, si inserirà in curva in modo poco deciso e sarà in generale più riluttante a cambiare direzione. Qualcuno dirà che è lenta, altri che è molto stabile, è la stessa cosa. Il contrario avverrà per la seconda macchina: sarà veloce nei cambi di direzione, e apparirà molto agile e quindi anche instabile.

Quindi, il momento d'inerzia non cambia l'entità degli spostamenti del telaio, bensì la velocità con cui li compie. E' come brandire una mazza da baseball dotata di una punta molto grossa e pesante: ci vuole un grosso sforzo per metterla in movimento, e una volta che ha preso velocità, è molto difficile cambiarne la traiettoria.

Anche il momento d'inerzia può essere calcolato: il momento d'inerzia di un corpo attorno ad un asse è dato dalla somma di tutte le masse elementari che lo compongono, moltiplicate per il quadrato della loro distanza dall'asse stesso. Per corpi dalla forma semplice, come cilindri, cubi e

coni, il conto si può fare a mano, ma per applicazioni reali è necessario un sofisticato programma di CAD.

Si noti che è importante rispetto a quale asse si calcola il momento d'inerzia. Si consideri il seguente esempio:



Questi disegni rappresentano macchine identiche, salvo per la diversa distribuzione dei pesi: la prima ha gli elementi pesanti (in \square) allineati lungo l'asse trasversale (in viola), e la seconda lungo l'asse longitudinale.

Consideriamo la prima macchina: se calcoliamo il momento d'inerzia relativo all'asse trasversale, dovremo moltiplicare tutte le masse per la loro distanza dall'asse al quadrato. In questo caso, la maggior parte della massa verrà moltiplicata per una distanza piccola (al quadrato), ed il risultato sarà piccolo a sua volta. Viceversa, se calcoliamo il momento d'inerzia rispetto all'asse longitudinale (non mostrato in figura), la maggior parte della massa sarà moltiplicata per una distanza grande (al quadrato), ed il risultato sarà a sua volta grande. Quindi, la prima macchina ha un momento d'inerzia molto grande rispetto all'asse longitudinale, e molto piccolo rispetto a quello trasversale. In altre parole, questa macchina reagirà molto lentamente in curva, e si inclinerà lateralmente molto lentamente. D'altra parte, presenterà una spiccata tendenza al beccheggio, cosa che potrebbe essere utile nelle staccate violente, ma la farà rimbalzare molto sulle asperità del terreno, rendendola molto instabile.

Per la seconda macchina vale il discorso opposto: essa presenta una grande momento d'inerzia rispetto all'asse trasversale (non mostrato), e un momento d'inerzia molto piccolo rispetto all'asse longitudinale. Ciò significa che la macchina avrà una spiccata tendenza al rollio e risponderà bene in curva, ma sarà molto stabile in senso longitudinale. Ciò contribuisce a stabilizzare la macchina sulle irregolarità del terreno, mantenendo una buona capacità di inserimento in curva.

Forse, a questo punto, capirete perché tanto interesse per il motore centrale nelle macchine reali: il motore è di gran lunga l'elemento più pesante, per cui, posizionandolo centralmente, il momento d'inerzia della macchina è ridotto, a tutto vantaggio della maneggevolezza.

Capitolo 7

La deportanza

Sostanzialmente, la deportanza è una forza che schiaccia la macchina, e quindi anche i pneumatici, verso il basso. In un certo senso, è come “grip gratuito”, dato che non richiede spostamento del peso. Perciò spesso si fa la distinzione tra “grip meccanico” e “grip aerodinamico”. Tuttavia, non è proprio gratuito: più deportanza significa anche più resistenza all'aria, per cui è necessario trovare il miglior compromesso tra grip e resistenza aerodinamica.

Un'altro aspetto molto importante è che la deportanza è proporzionale alla velocità, più precisamente alla velocità relativa tra la macchina e l'aria. Quindi, a bassa velocità, la deportanza è trascurabile. Questo va ricordato quando si impostano le regolazioni per le curve lente: la deportanza non avrà molto effetto. Ad alta velocità, invece, la deportanza è in molti casi dominante rispetto alle regolazioni meccaniche: nelle curve molto veloci, aggiustare la deportanza è l'unico intervento utile.

Capitolo 8

Il bilanciamento

Il bilanciamento della macchina è senza dubbio uno dei requisiti più importanti perché la macchina abbia un buon comportamento di guida, potremmo dire che è la chiave per ottenere una macchina veloce e che ispiri confidenza.

Ciò è dovuto sostanzialmente al fatto che sono presenti due sistemi di sospensioni indipendenti, l'anteriore ed il posteriore, che sono costretti a lavorare insieme. Come si può immaginare, se non sono regolati per dare più o meno lo stesso comportamento, il "lavorare assieme" può diventare problematico.

Si consideri questo esempio: una macchina con una distribuzione perfettamente simmetrica dei pesi, cioè con lo stesso carico su ogni pneumatico e con molle e ammortizzatori tutti uguali, ma con il centro di rollio posteriore molto più basso rispetto a quello anteriore. La macchina si inserirebbe bene in curva, dopodiché soffrirebbe di un terribile sottosterzo. Vediamo cosa accade. L'anteriore ha un centro di rollio alto, quindi il braccio di rollio sarà molto piccolo, e l'avantreno tenderà ad inclinarsi poco. Per il retrotreno, vale il contrario: esso mostrerà tendenza ad inclinarsi parecchio. Dato che la rigidità delle molle è la medesima, o, se è per questo, la costante elastica alla ruota è la medesima, la forza che si oppone al rollio sarà la medesima, ed il posteriore vorrà inclinarsi più dell'avantreno. Supponiamo che l'avantreno di suo si inclinerebbe di 2 gradi, ed il retrotreno di 10. Ovviamente, dato che il telaio è una struttura rigida, ciò che accadrà sarà una situazione intermedia, e l'angolo di rollio effettivo sarà la media dei due, cioè 6 gradi. In questo modo, né l'avantreno né il retrotreno sono nella condizione ottimale. All'avantreno, il peso trasferito sul pneumatico esterno dovrebbe essere quello relativo ad un'inclinazione di 2 gradi, ma essendo questa di 6 gradi, il carico sul pneumatico anteriore esterno sarà molto maggiore del giusto. Al retrotreno accade il contrario: il peso che dovrebbe essere trasferito sul pneumatico esterno dovrebbe essere quello corrispondente ad un'inclinazione di 10 gradi, ma, dato che l'inclinazione è di solo 6 gradi, una frazione importante di questo peso sarà rimasta sul pneumatico posteriore interno. Questa è una situazione tutt'altro che ideale, ed il comportamento in curva non sarà né dolce, né prevedibile o veloce. Il carico in eccesso sul pneumatico posteriore interno, con il conseguente aumento di tenuta di strada dello stesso, spingerà la macchina verso l'esterno della curva, dando un effetto di sottosterzo, specialmente in accelerazione. Il peso in eccesso sul pneumatico anteriore esterno darà un comportamento imprevedibile di sovrasterzo. I due estremi della macchina stanno agendo uno contro l'altro, e la situazione non può che peggiorare in frenata o in accelerazione. In accelerazione, il trasferimento di peso verso il pneumatico posteriore interno sarà ancora maggiore, aumentando la spinta a raddrizzare. In frenata, il peso si sposta in avanti, cosa che in circostanze normali è utile, ma in questo caso il peso sul pneumatico anteriore esterno era già eccessivo, e l'effetto sarà di esaltare ulteriormente il sovrasterzo. Inutile dire che non è così che si guadagna in velocità, e la macchina richiederà una grandissima abilità di guida. Lo stesso tipo di problema sarebbe stato causato da molle troppo morbide al retrotreno.

Cosa ci insegna dunque questo esempio? La morale è che i due estremi della macchina dovrebbero sempre essere regolati in modo da poter lavorare assieme correttamente, ma non è tutto: possiamo prendere spunto da questo esempio per alterare di proposito il bilanciamento della macchina, in modo da ottenere uno specifico comportamento.

Per poter decidere se la macchina è ben bilanciata o meno, serve un termine di paragone. Io uso la seguente configurazione immaginaria: una macchina con un baricentro esattamente nel centro, con molle, ammortizzatori e centri di rollio esattamente uguali all'avantreno e al retrotreno. E' chiaro che una siffatta macchina è ben bilanciata, ma, di solito, una macchina a trazione anteriore avrà più peso sull'asse anteriore, una a trazione posteriore sull'asse posteriore ecc. Ciò è facile da compensare: basta aumentare la rigidità delle molle e la durezza degli ammortizzatori della stessa percentuale di cui risulta spostato il baricentro. Ad esempio: se il posteriore sopporta un peso doppio rispetto all'avantreno, vanno adottate all'avantreno molle con rigidità doppia e ammortizzatori con resistenza doppia rispetto al posteriore. In questo modo, la macchina sarà molto facile da guidare, e in generale si adatterà bene a condizioni di pista estreme. Tuttavia, potreste trovarla troppo poco aggressiva, o troppo, per il vostro gusto...

Per questo c'è un rimedio: si possono apportare le modifiche che si desiderano, finché non si disturba troppo il bilanciamento complessivo. Ad esempio, si potrebbe spostare parte del peso in avanti, continuando ad usare molle più rigide all'anteriore. In questo modo il carico statico sui pneumatici anteriori sarà maggiore, e si avrà un miglior inserimento in curva e probabilmente una migliore direzionalità in accelerazione, ma si perderà un po' di trazione sul posteriore. Oppure si possono impiegare al retrotreno una barra anti-rollio e molle leggermente più morbide. Ciò aumenterà la direzionalità in centro-curva, e migliorerà la trazione. Un altro accorgimento utilizzato di frequente è di tenere il centro di rollio posteriore più alto di quello anteriore, insieme a molle (e ammortizzatori) più rigide all'anteriore, e più morbide al posteriore. La macchina risulterà molto stabile: l'inserimento in curva sarà deciso, grazie alle molle anteriori rigide, ma poi ci sarà un po' di sottosterzo, perché il trasferimento di peso sul pneumatico anteriore esterno richiederà un po' di tempo, proprio grazie alla durezza degli ammortizzatori. Al retrotreno ciò avverrà molto più in fretta. In seguito, quando il trasferimento di peso sarà completo, la macchina risulterà molto controllabile. Questo assetto può risultare molto veloce: la macchina può essere 'lanciata' nella curva, senza perdere troppa velocità grazie al blando sottosterzo. Poi, all'apice della curva, sarà probabilmente necessario rallentare un po', ma in seguito la macchina sarà di nuovo molto stabile, come in ingresso di curva, e sarà possibile accelerare per uscire dalla curva ad alta velocità.

Come modificare l'assetto

Lo scopo di modificare l'assetto della macchina è di migliorare i tempi sul giro, o di renderla più maneggevole, o, come spesso accade, entrambe le cose. Una macchina più facile da guidare permette di ottenere tempi migliori e più costanti, oltre a dare fiducia al pilota, che ne avrà bisogno quando la situazione si fa più competitiva, e questa è forse la cosa più importante.

Ancora prima di cominciare a pensare di modificare l'assetto, bisogna considerare questi due aspetti: primo, la macchina è in perfette condizioni? Bisogna assicurarsi che tutti i componenti delle sospensioni agiscano senza sforzare, senza eccessivo gioco, e che la macchina non abbia regolazioni strane. Cose come queste possono davvero renderne imprevedibile il comportamento. Secondo, cominciare dai pneumatici. Se i pneumatici sono del tipo sbagliato, il tempo che si passa a lavorare sull'assetto è tutto sprecato: la macchina non sarà mai veloce quanto potrebbe.

Il primo passo fondamentale nel modificare l'assetto è determinare quali elementi hanno effetto sul comportamento che si intende modificare. Piloti e meccanici esperti, e in genere persone con una buona conoscenza della dinamica dei veicoli, lo sapranno già o lo 'sentiranno'. Per sapere cosa cambiare, è necessario conoscere la funzione di ogni singolo elemento. Ad esempio: modificare la convergenza all'avantreno non modifica il bilanciamento della macchina, bensì il comportamento all'inserimento in curva. Dal materiale presentato nei capitoli precedenti dovrebbe essere chiaro, ma in pratica potrebbe essere difficile valutare la differenza tra il comportamento effettivo della macchina e quello desiderato.

Ecco di seguito alcuni esempi.

Supponiamo di correre su una pista ampia e scorrevole, con molte piccole irregolarità ritmiche del terreno. Non si pensi di adottare contemporaneamente una regolazione morbida di molle e ammortizzatori, e un centro di rollio molto basso: la macchina si inclinerebbe da un lato e dall'altro ad ogni asperità, risultando molto instabile, imprevedibile e con scarsa trazione. In questo caso, irrigidire molle ed ammortizzatori aumenterà la trazione, ma non sarà la migliore delle soluzioni, che invece sarebbe alzare il centro di rollio, assicurandosi che rimanga alto quando il telaio si inclina. Si noti che se le asperità si susseguono quasi ritmicamente, una scelta di molle ed ammortizzatori morbidi farà "andare in risonanza" il telaio, con uno strano effetto di instabilità. In tal caso, sarebbe meglio irrigidire un po' gli ammortizzatori e forse anche le molle. così la macchina salterebbe sulla cima delle irregolarità senza affondare negli avvallamenti. Il rollio non è l'unica possibile fonte di problemi su una pista accidentata: se le sospensioni hanno troppa corsa negativa, si potrebbe soffrire di un eccessivo beccheggio. La soluzione è semplice: ridurre la corsa negativa delle sospensioni. Anche se ciò aumenta il rischio che il telaio tocchi terra nei grandi salti, la stabilità nelle zone accidentate migliorerà di molto, specialmente nelle staccate e nelle accelerate.