

# **Sulla stabilità di un motociclo rispetto a perturbazioni laterali.**

*Candidati:*

*Gianluca D'Aurea  
Giovanni Palumbo*

*Relatori:*

*Prof. Ing. Sergio della Valle  
Prof. Ing. Domenico de Falco*

## **INTRODUZIONE**

Il comportamento dinamico di un motociclo, nelle differenti situazioni operative che possono presentarsi, risulta ad oggi largamente inesplorato. In merito a tale comportamento, gli studi cinematici e dinamici finora svolti hanno riguardato il comportamento del sistema 'motociclo-guidatore' ed il controllo del veicolo, con lo scopo di migliorarne la sicurezza.

Con lo stesso obiettivo, in questa tesi, ci si è proposti di analizzare la stabilità laterale del sistema, senza controllo da parte del pilota; per stabilità laterale s'intende, com'è noto, la capacità del mezzo di riportarsi allo stato di equilibrio corrispondente alla posizione verticale durante il moto rettilineo, dopo aver subito perturbazioni esterne generate, ad esempio, da asperità del piano stradale o da raffiche di vento. Alcuni autori (SHARP [1] ) hanno dimostrato, risolvendo le equazioni del moto di un modello di motociclo in moto rettilineo ( linearizzato nell'intorno della posizione di equilibrio, nel campo di velocità di avanzamento compreso tra 3 m/sec e 50 m/sec ) che esso è stabile rispetto a perturbazioni laterali. Altri, invece, (COSSALTER [2] ) con un'analisi del tutto simile, ma condotta con modelli multibody, ritengono che un motociclo che si muova di moto rettilineo, senza controllo del pilota, sia sempre instabile a qualunque velocità di avanzamento; ciò implicherebbe che, a seguito di una perturbazione esterna, seppur lieve, il veicolo cadrebbe.

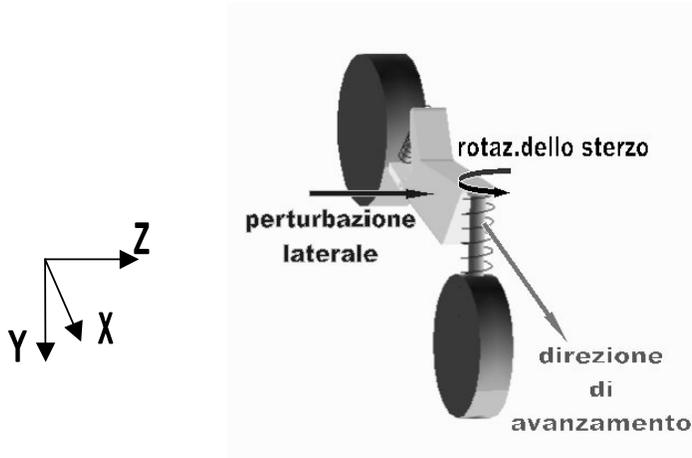
## **DESCRIZIONE DEL MODELLO**

Per gli scopi sopra indicati si è pertanto messo a punto un modello di motocicletta con un codice multibody, l'ADAMS, per verificarne l'effettiva stabilità laterale.

Il modello consta delle seguenti parti:

- Telaio
- Sospensione anteriore
- Sospensione posteriore
- Ruota anteriore e posteriore

Il telaio è schematizzato come un corpo rigido, ed in esso è inglobato il motore e il pilota. La sospensione anteriore è formata dalla forcella, dalla piastra di attacco al telaio e dal gruppo molla-ammortizzatore, supposto di rigidità costante con il carico, e coefficiente di smorzamento diverso nelle le fasi di estensione e compressione. La sospensione posteriore è costituita dal forcellone e dal gruppo molla-ammortizzatore avente le stesse caratteristiche della sospensione anteriore. Per la schematizzazione dei pneumatici è stato adoperato il modello FIALA. Le sospensioni sono state collegate al telaio con vincoli di tipo cerniera (revolute joint), capaci cioè di consentire la rotazione relativa tra le parti. Lo stesso tipo di vincolo è stato adoperato per il collegamento delle ruote alle sospensioni (fig. 1).



*fig. 1 Schema del motociclo.*

## DESCRIZIONE DELLE SIMULAZIONI E DEI RISULTATI.

Una volta terminata la fase di costruzione del modello è stata effettuata una serie di simulazioni. Assunto come stato iniziale del sistema quello corrispondente alla posizione di equilibrio statico, si è supposta agente sulla ruota posteriore la coppia motrice, fornita dalle curve caratteristiche effettive del motore corrispondenti ad una legge lineare di apertura dell'acceleratore. All'istante in cui la motocicletta ha raggiunto una velocità di avanzamento di 30 m/s, si è supposta agente sul modello una forza trasversale alla direzione di avanzamento, concentrata nel centro geometrico laterale, per un intervallo di tempo di circa 0,5 sec, rappresentativa di una raffica di vento. Si è quindi analizzata la stabilità e trovato il suo limite al variare del modulo della forza.

Dalle simulazioni effettuate si è riscontrato quanto segue:

- Per valori del modulo minori di 160 Newton, il motociclo, dopo aver subito la sollecitazione, devia dalla traiettoria rettilinea originaria, portandosi, al termine della perturbazione, su una

nuova traiettoria parallela alla precedente e discosta da essa di una quantità dipendente dall'impulso totale della forza (fig. 2). La moto, per effetto della perturbazione, ovviamente s'inclina (moto di rollio) e al termine della stessa si riporta nella posizione verticale. Lo sterzo compie rapide oscillazioni durante l'intervallo di azione della forza, e al termine di essa, si riporta nella posizione iniziale (fig. 2).

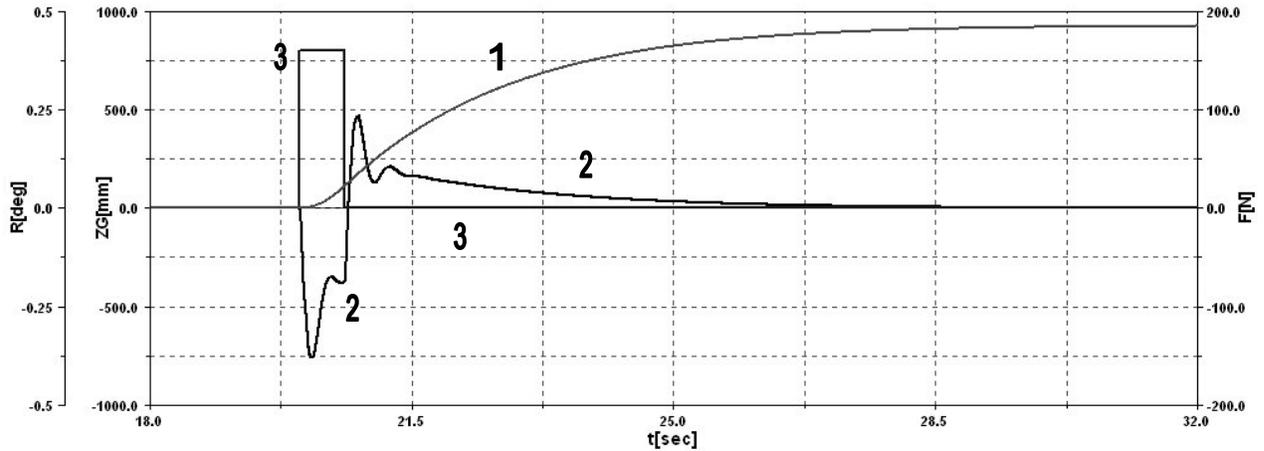


fig. 2: 1;YG=spostamento laterale 2;R=rotazione dello sterzo 3;F=forza laterale; t=tempo.

Quando il modulo della forza varia tra 160 e 500N, lo spostamento del motociclo in direzione perpendicolare a quella di avanzamento si presenta come un'oscillazione smorzata, intorno ad un valore medio costante, di ampiezza massima dipendente dal modulo della forza. Lo sterzo manifesta un comportamento del tutto diverso dal precedente: infatti esso continua ad oscillare per un tempo notevolmente più lungo del caso precedente intorno alla posizione iniziale, e con una frequenza di oscillazione molto bassa (dell'ordine di  $10^{-1}$  Hz ) (fig. 3).

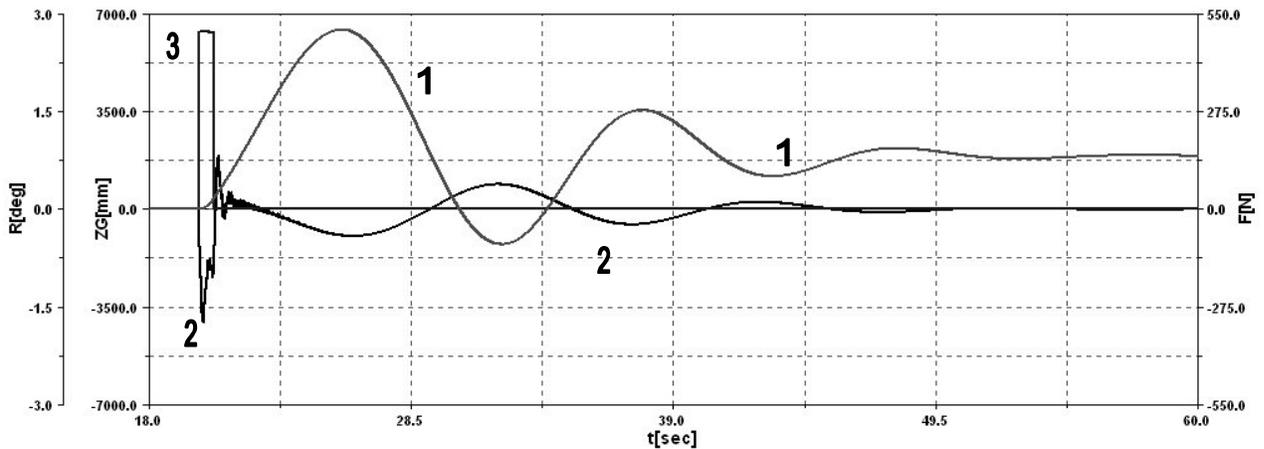


fig.3: 1;ZG=spostamento laterale 2;R=rotazione dello sterzo 3;F=forza laterale; t=tempo.

- Infine per valori della forza superiori a 500N, la stabilità laterale risulta compromessa. Il modello infatti, sotto l'azione della perturbazione, devia dalla traiettoria originaria senza più ritornare in tale direzione, e s'inclina nel verso concorde alla forza. Successivamente, alla fine della perturbazione, s'inclina dal lato opposto senza più riuscire a raddrizzarsi fino a cadere (fig. 5).

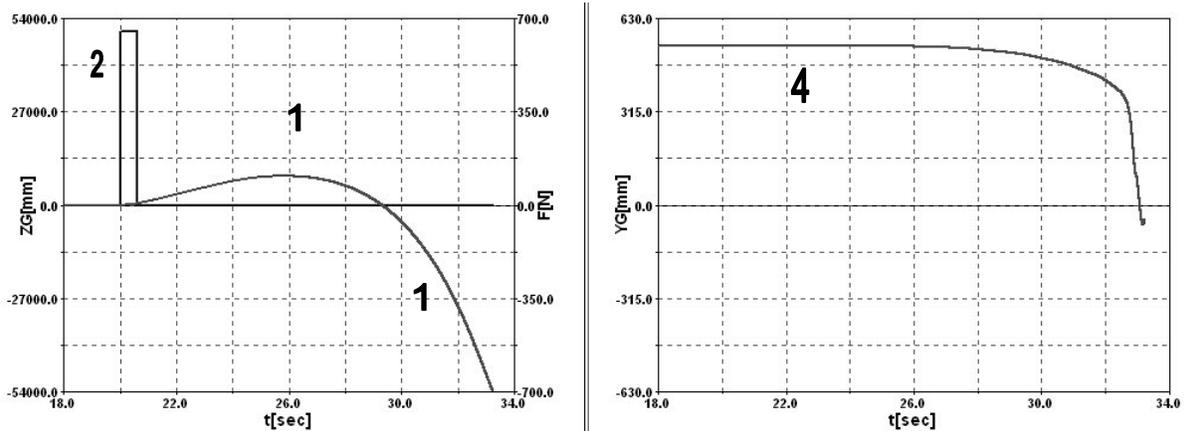


fig. 5: 1; $ZG$ =spostamento laterale 2; $F$ =forza laterale; 4; $YG$ =altezza dal suolo baricentro telaio  
 $t$ =tempo

## CONCLUSIONI

Le simulazioni condotte hanno evidenziato che il motociclo, in un ampio campo di velocità e intervallo di valori della forza applicata, presenta comportamento stabile nel senso indicato nell'introduzione. In particolare si è rilevato che le oscillazioni dello sterzo, durante l'azione della perturbazione, hanno frequenza tale da non consentire il controllo da parte del pilota; le stesse invece, al termine dell'azione perturbatrice sono di frequenza molto più bassa e quindi tali da consentire il controllo sul sistema da parte del pilota. Si ritiene che un significativo sviluppo dello studio effettuato potrebbe consistere nell'applicazione di un controllo al sistema, che, soprattutto ad elevate velocità di avanzamento, consenta il recupero della stabilità.

[1] R.S.SHARP, *THE STABILITY AND CONTROL OF THE MOTOCYCLES*, JORNAL OF MECHANICAL ENGINEERING SCIENZE, 13, 1971

[2] V.COSSALTER, *CINEMATICA E DINAMICA DELLA MOTOCICLETTA*, ED. PROGETTO,1997.