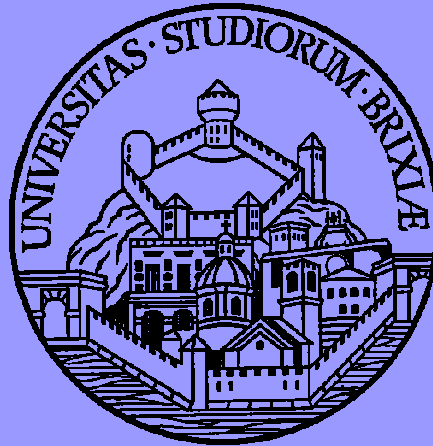


Dottorato di Ricerca in Meccanica Applicata
XXI Ciclo
Relazione sull'attività svolta nel secondo anno - A.A. 2006/2007



Attività di simulazione per lo studio della dinamica di autovetture e veicoli speciali

Dottorando: Devid Gandini

Tutor: Marco Gadola



IMI

Università degli Studi di Brescia
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale

*Attività di simulazione per lo studio della
dinamica di autovetture e veicoli speciali*

Indice

1) Attività di Progettazione, Simulazione e Sperimentazione di un Quadriciclo innovativo a trazione ibrida (Progetto di Ricerca UniBs/Riservato).

Lucidi 3-11

2) Simulazione per il comportamento dinamico di un veicolo speciale dedicato alla sperimentazione di pneumatici per veicoli industriali: applicazioni del codice TruckSim (Progetto di ricerca Moog/Bridgestone).

Lucidi 12-17

Attività di Ricerca

1) Attività di Progettazione, Simulazione e Sperimentazione di un Quadriciclo innovativo a trazione ibrida (Progetto di Ricerca UniBs/Riservato).

Introduzione: Il Veicolo

1) Quadriciclo secondo la direttiva CEE 92/61 :

- Quadriciclo leggero (massa < 350 kg , Potenza < 4 kW, Velocità < 45 km/h)
- Quadriciclo pesante (massa < 450 kg , Potenza < 15 kW)

2) Dimensioni estremamente compatte (**Larghezza ~ 1mt. – Lunghezza ~ 2mt. – Altezza ~ 1.5 mt.**) :

- Grande agilità nel traffico cittadino
- Possibilità di parcheggiare praticamente ovunque (dimensioni paragonabili a quelle di uno "scooterone")

3) Feeling di guida di tipo automobilistico

4) Due passeggeri (seduti uno dietro l'altro)

5) Trazione ibrida : uno o due motori elettrici (a seconda delle versioni) alimentati a batterie e con un motogeneratore a benzina/metano in grado di by-passare le batterie ed alimentare direttamente i motori.

6) Basso costo di produzione e quindi semplicità costruttiva

7) Basso impatto ambientale ed elevata autonomia di marcia



Introduzione: Il Veicolo

In passato sono stati costruiti **3 prototipi** funzionanti e questo ha permesso di:

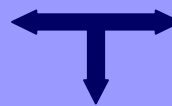
- Valutare e validare il concetto innovativo del veicolo
- Effettuare le prime valutazioni sullo stile, sull'abitabilità interna, sull'ergonomia della posizione di guida, sull'accessibilità,...
- Effettuare le prime valutazioni soggettive di guida (feeling di guida, prestazioni, stabilità,...)



Veicolo molto simpatico, piacevole e con impatto positivo su tutte le persone che lo hanno guidato



Tuttavia il veicolo, se portato al limite, presenta dei problemi di stabilità



Si è deciso di procedere con l'industrializzazione del progetto cercando di risolvere i problemi di stabilità del veicolo



Riprogettare ex-novo il veicolo (in funzione dell'industrializzazione) tenendo saldi i punti di forza del prototipo ma con attenzione alla stabilità

PROGETTO DI COLLABORAZIONE CON UNIBS



I prototipi...



OBIETTIVO STABILITA' :

- 1) Innalzare il più possibile la **soglia del ribaltamento statico e dinamico** (Rollover Threshold)
- 2) Veicolo con comportamento fortemente **sottosterzante** soprattutto nelle seguenti manovre:
 - Cambi di corsia (Semplice e Doppio)
 - Colpo di sterzo
 - Rilascio/Accelerazione in curva

PARAMETRI DAI QUALI DIPENDE LA STABILITA' :

- Passo
- Carreggiate ant./post.



Vincolate dalla tipologia /geometria del veicolo

- **Ripartizione dei pesi**
- **Altezza del baricentro**
- **Geometria delle masse (Masse, Momenti inerzia,...)**
- **Ripartizione delle rigidità a rollio**
- **Pneumatici ant./post.**
- **Caratteristica degli ammortizzatori ant./post.**
- **Cinematica sospensione posteriore (Recupero di Camber, Convergenza)**
- **Elastocinematica**

Parametri sui quali si può intervenire per migliorare la stabilità

Le attività fin qui svolte:

- 1) Progettazione della cinematica delle sospensioni e della cinematica di sterzo.
- 2) Collaborazione diretta nella progettazione dell'autotelaio della vettura.
- 3) Creazione del modello in CarSim della vettura prototipo ("old-design")
- 4) Individuazione manovre significative
- 5) Simulazioni per valutare le caratteristiche dinamiche del veicolo prototipo in manovre ritenute significative.
- 6) Simulazioni per il predimensionamento dell'impianto frenante
- 7) Inizio modellizzazione in CarSim del veicolo in configurazione "new-design"
- 8) Simulazioni iterative per individuare il set-up preliminare del veicolo

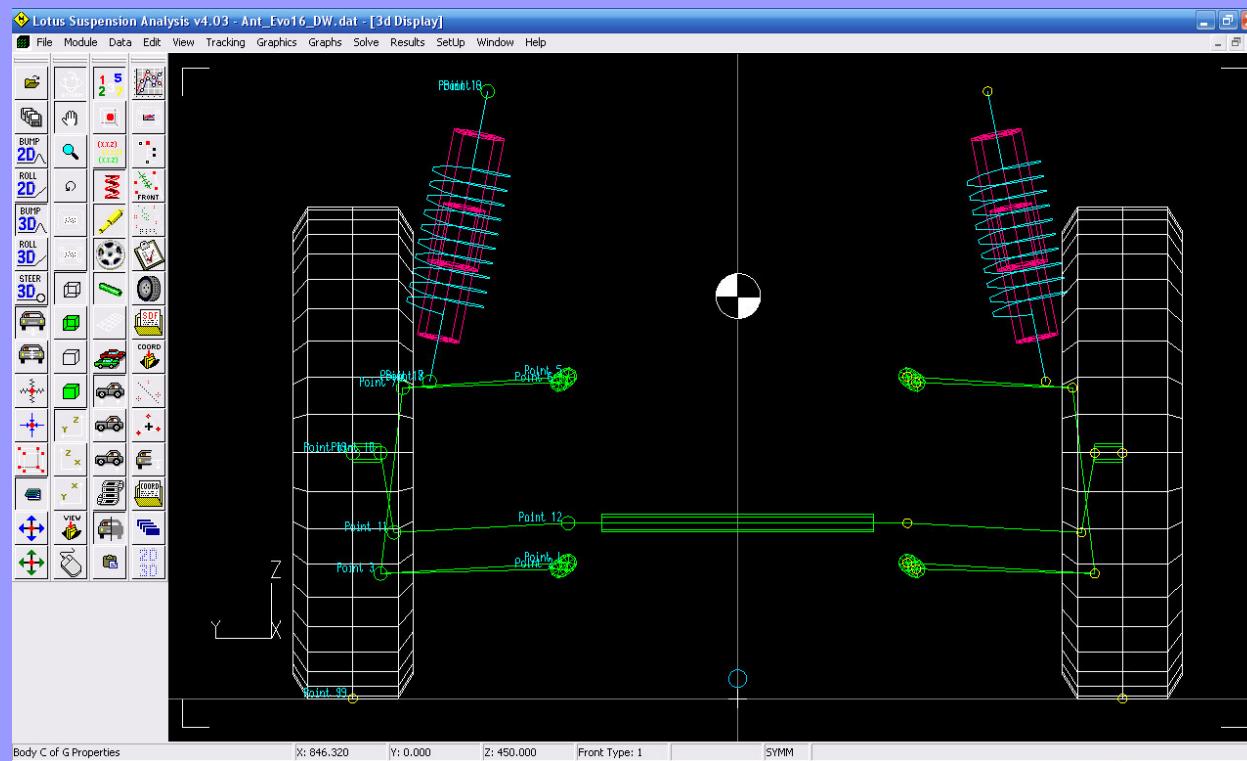
Le prossime tappe del lavoro:

- 1) Attività di sperimentazione in pista del prototipo "old-design" opportunamente strumentato per raggiungere un livello accettabile di stabilità.
- 2) Analisi dati telemetrici e calibrazione del modello del prototipo in CarSim per validazione virtuale/reale
- 3) Aggiornamento del modello CarSim del veicolo new-design con le informazioni ottenute dalle prove sperimentali sul prototipo e campagna di simulazioni per validare il set-up.
- 4) Attività di sperimentazione in pista sul prototipo "new-design" e affinamento del set-up
- 5) Analisi dati telemetrici e calibrazione del modello in CarSim.

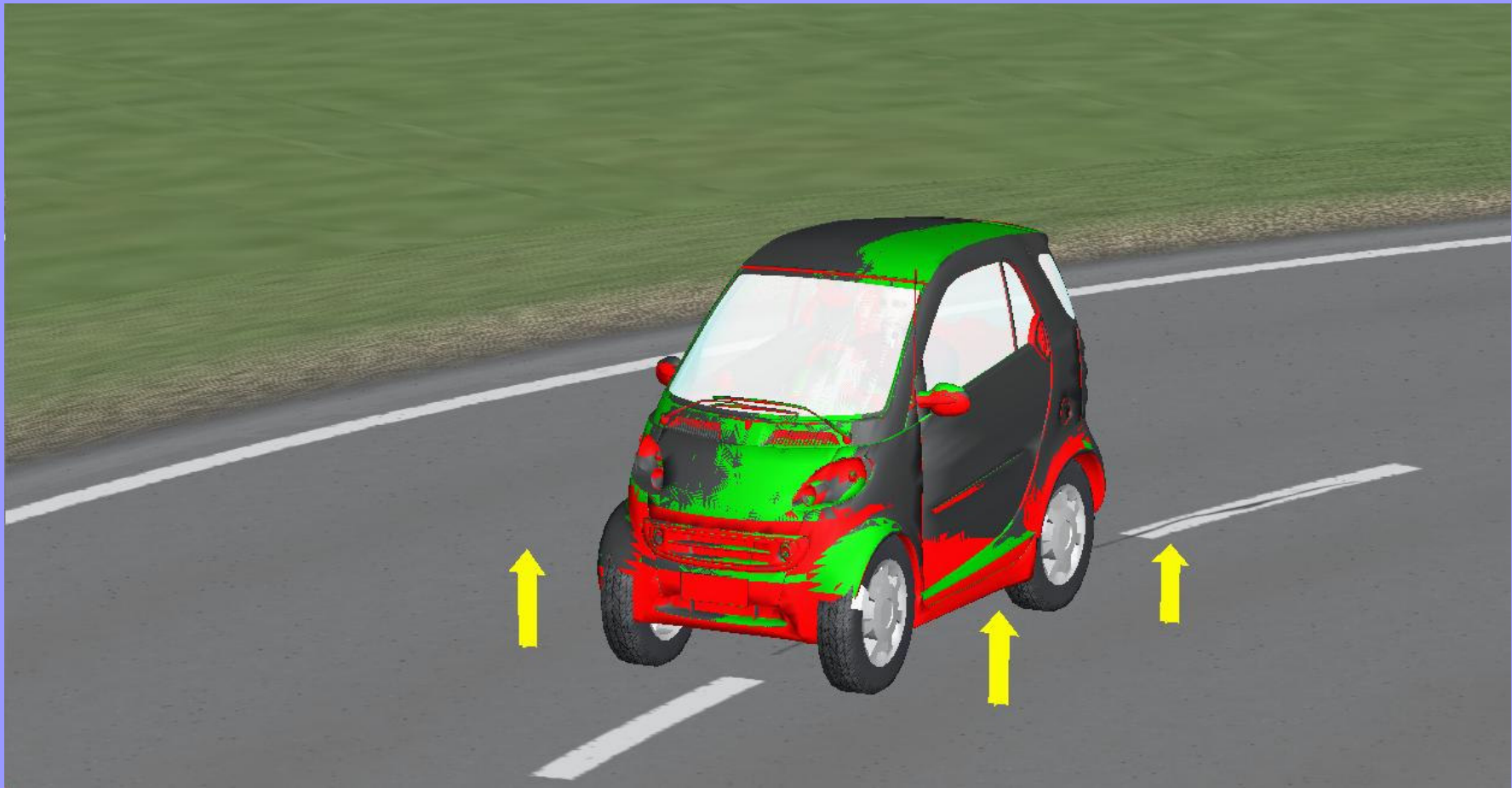
I Software utilizzati:

Per l'attività di simulazione si sono utilizzati i seguenti software:

- 1) **CarSim 7.0 (MSC)**, software specifico per la simulazione della dinamica di autoveicoli
- 2) **MLKRace, SHARK(Lotus)**, software specifici per la progettazione della cinematica di sospensioni e sterzo



Un esempio di Simulazione...



3 Veicoli identici ma con differenti Set-Up per quanto riguarda :

- Ripartizione rigidezze a rollio
- Pneumatici (il veicolo rosso presenta pneumatici ant./post. differenziati)



IMI

Università degli Studi di Brescia
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale

*Attività di simulazione per lo studio della
dinamica di autovetture e veicoli speciali*

Le tappe principali

2004 – Idea di realizzare una vetturina da città con caratteristiche innovative e studio del Design da parte di una importante azienda torinese

2005/2006 – Progettazione del prototipo di vettura da parte di una nota azienda italiana costruttrice di automobili da competizione

2006 – Realizzazione di tre prototipi (due telai meccanizzati e un telaio carrozzato)

2006 – Prime prove in pista con i prototipi

Inizio 2007 – Avvio dell'industrializzazione del prodotto

Marzo 2007 – Inizio progettazione del veicolo per la serie (progettazione ex-novo)

Oggi – Il progetto del veicolo sta per essere ultimato e si sta predisponendo la realizzazione dei primi prototipi new-design.

Novembre 2007 – Inizio sperimentazione in pista con i prototipi old-design per la messa a punto della stabilità statica e dinamica

Fine Dicembre 2007 – Costruzione dei primi prototipi new-design.

Inizio 2008 – Attività di sperimentazione in pista dei nuovi prototipi e affinamento della stabilità statica e dinamica ed inizio produzione preserie

2008 – Attività di sperimentazione e testing sui veicoli preserie (endurance, failsafe, ecc..)

Fine 2008 – Probabile inizio commercializzazione



Conclusioni e Sviluppi futuri

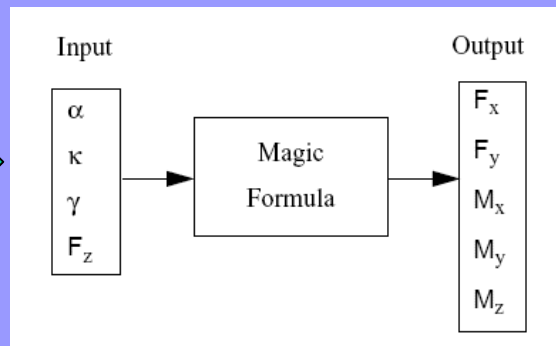
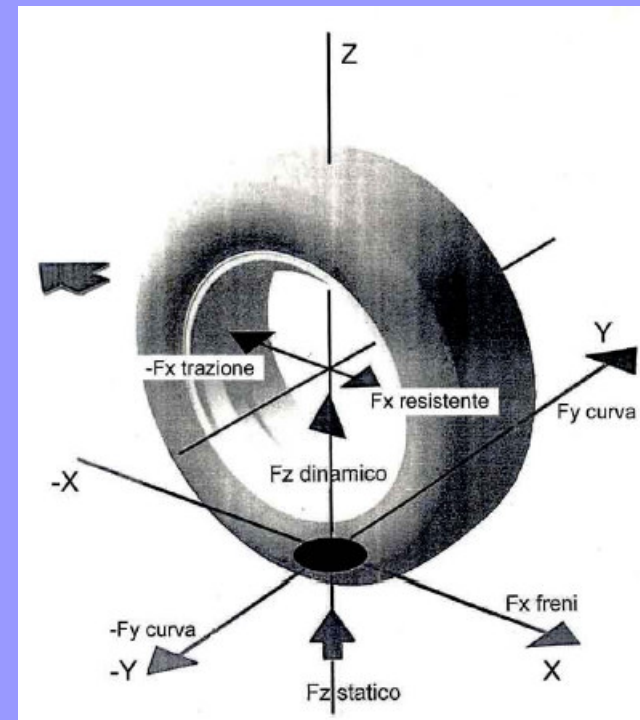
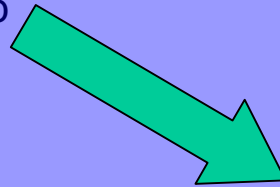
- La finalità di questa attività di ricerca è quella di rendere stabile una vettura con caratteristiche molto particolari dettate dal marketing della casa costruttrice
- La stabilità si potrebbe anche ricercare ricorrendo a soluzioni alternative (Carver, ...) che però andrebbero a snaturare la filosofia del progetto
- Gli strumenti della ricerca sono essenzialmente di due tipi:
 - Da un lato la simulazione come strumento preliminare di indagine
 - Dall'altro lato la sperimentazione come strumento di validazione



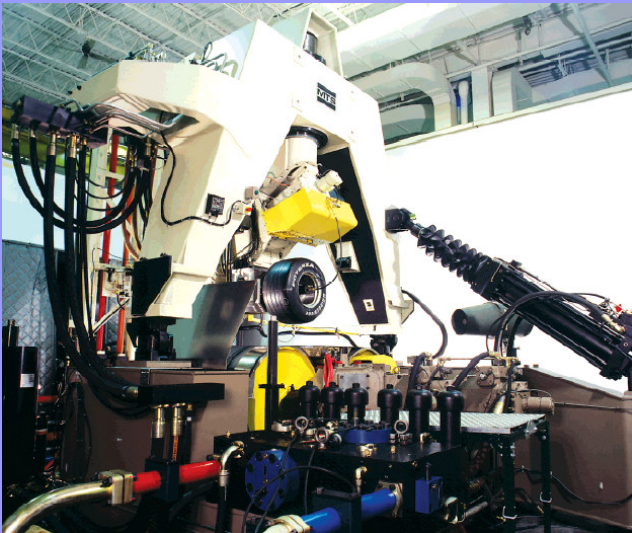
1) Simulazione per il comportamento dinamico di un veicolo speciale dedicato alla sperimentazione di pneumatici per veicoli industriali: applicazioni del codice TruckSim (Progetto di ricerca Moog/Bridgestone).

Introduzione: La caratterizzazione dello pneumatico

- 1) Misurazione delle performance dello pneumatico in condizioni statiche e dinamiche
- 2) "Elaborare" ed "estrapolare" i dati sperimentali misurati al fine di ottenere i coefficienti della Magic Formula di Pacejka. (modello matematico dello pneumatico)
- 3) Utilizzo della Magic Formula nei vari software di simulazione.



Test in laboratorio

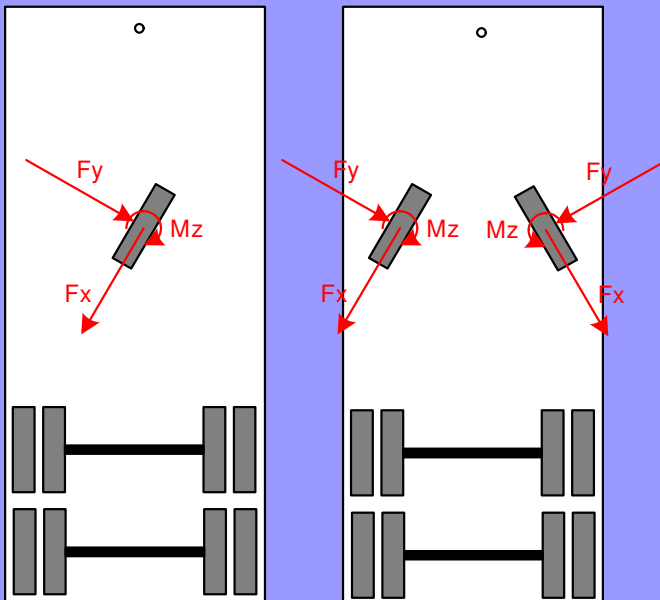


Test su strada



Necessità di applicare e misurare:

- Angolo di deriva
- Scorrimento
- Camber
- Forze, Momenti (sensore Kistler)



• Singola ruota sterzante

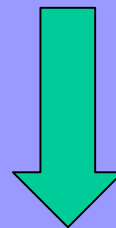
- Più economico
- Ok per pneumatici da auto
- No per pneumatici industriali

• Doppia ruota controsterzante

- Meno economico
- No effetti imbardanti sul trailer

L'attività di simulazione

- 1) Modellizzazione dell'intero veicolo (motrice+semirimorchio), costante aggiornamento del modello e simulazioni di supporto alla progettazione del semirimorchio.
- 2) Sviluppo di un modello Simulink per simulare in TruckSim la movimentazione delle ruote di misura.
- 4) Simulazioni per valutare il comportamento del veicolo durante situazioni accidentali (scoppio di un pneumatico, rottura di un tirante sterzo, errato funzionamento attuatori, ...).
- 5) Simulazioni per valutare le caratteristiche dinamiche dell'intero veicolo in termini di **Handling** (comportamento direzionale) e di **Ride** (dinamica verticale).
- 6) Modellizzazione della pista di prova di Aprilia (APG) e simulazione di alcune procedure di prova pneumatici.



Tutti i risultati delle simulazioni sono stati utilizzati per fare delle **valutazioni comparative** tra le differenti configurazioni provate.

Alcune fotografie del veicolo...



Il veicolo in prova...

**Prova statica di caricamento
assale e sterzata ruote**



Test sulla pista APG



Conclusioni e Sviluppi futuri

- Questo lavoro di simulazione si è svolto per essere di supporto all'attività di progettazione del veicolo e per prevederne il comportamento dinamico.
- In conclusione il veicolo è stato realizzato fisicamente dimostrando di essere perfettamente funzionante ed in primi risultati dei test in pista sono risultati essere perfettamente in accordo con i risultati delle simulazioni (stessa frequenza propria a rollio ed imbardata,...)
- I committenti sono risultati soddisfatti del risultato ottenuto ed hanno pertanto deciso di ampliare il semirimorchio con una stazione di misura per pneumatici automobilistici (stazione "passenger")
- Il prossimo passo sarà quello di svolgere una campagna di simulazioni per valutare il comportamento del semirimorchio con la seconda stazione di lavoro.