



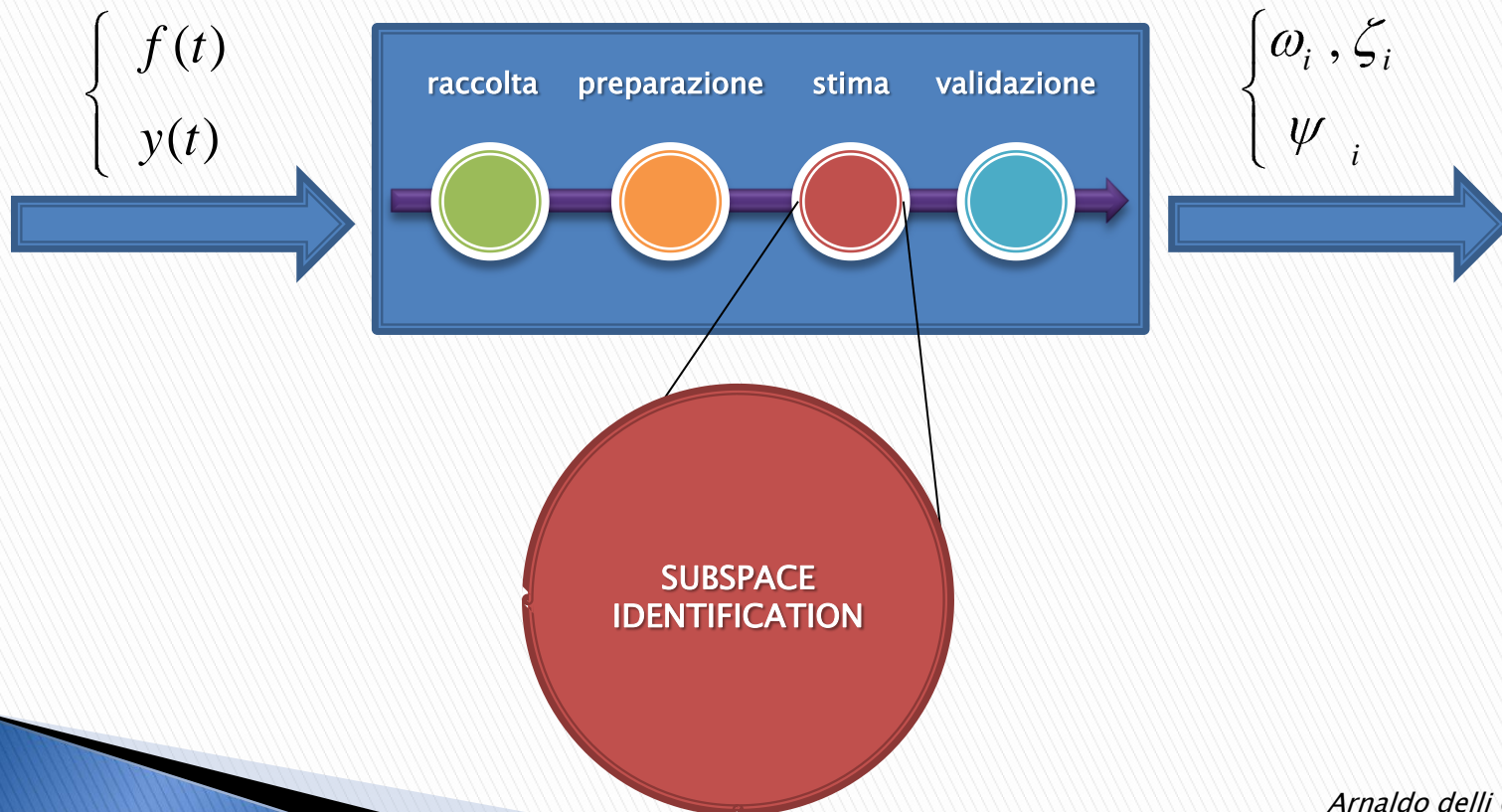
# PRESENTAZIONE DELL'ATTIVITÀ DI RICERCA A.A. 2009/2010

*dottorando*

*Arnaldo delli Carri*

## ▶ ANALISI MODALE

- Sperimentale
- Operazionale (output-only)



# COLLABORAZIONI ALL'ESTERO



BELGIUM



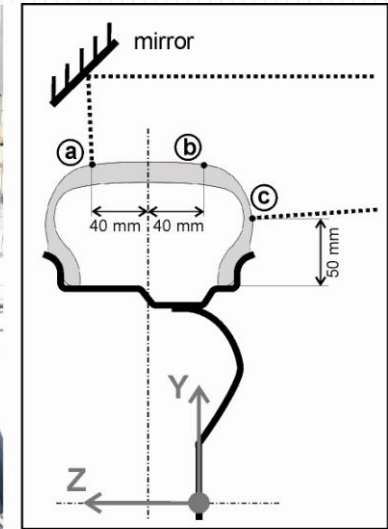
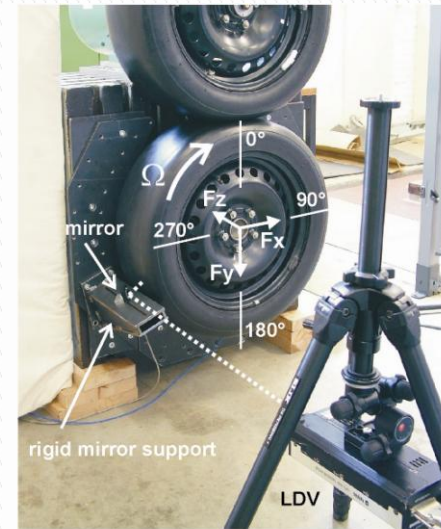
LMS HQ



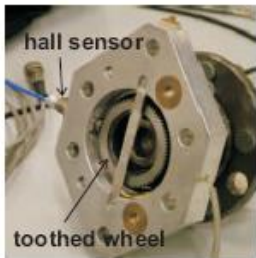
TENNECO



- ▶ Identificare frequenze proprie e deformate modali della ruota
- ▶ Impossibile investigare la zona di contatto
  - Tecniche OMA
- ▶ Misure tramite LDV
  - Sincronizzate con forze-triggering

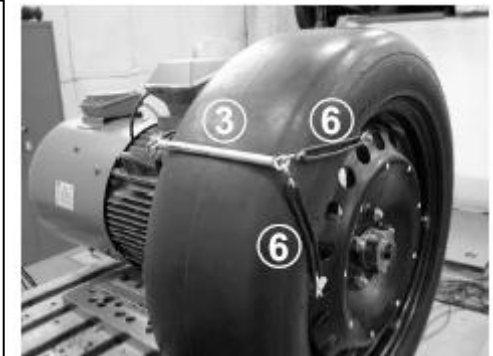
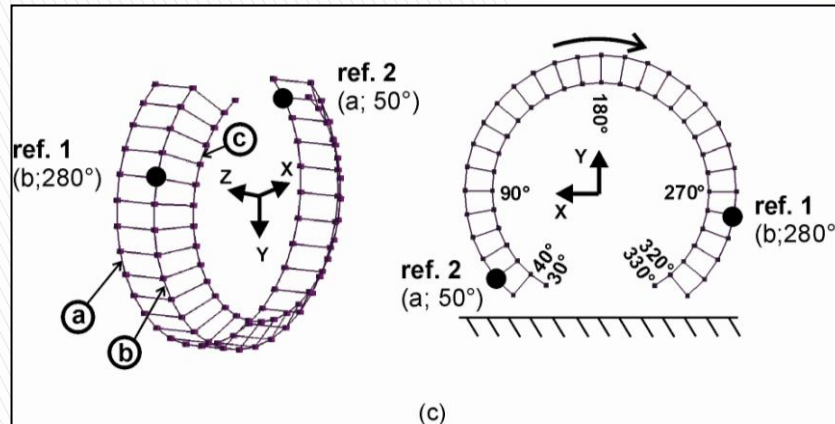


Piezoelectric dynamometer  
(KISTLER type 9265B)

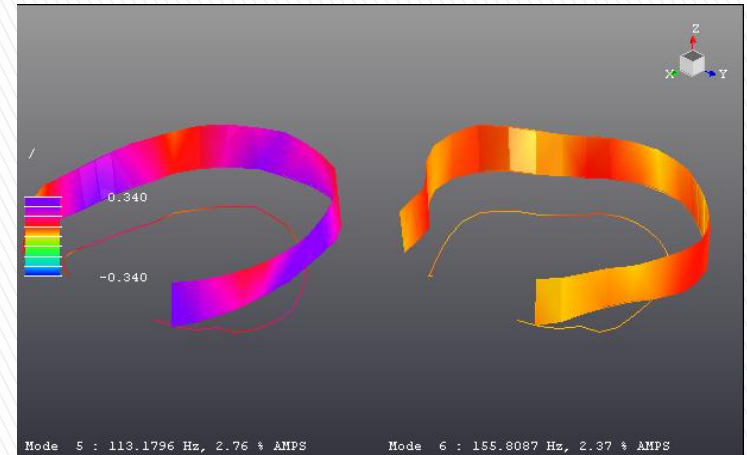
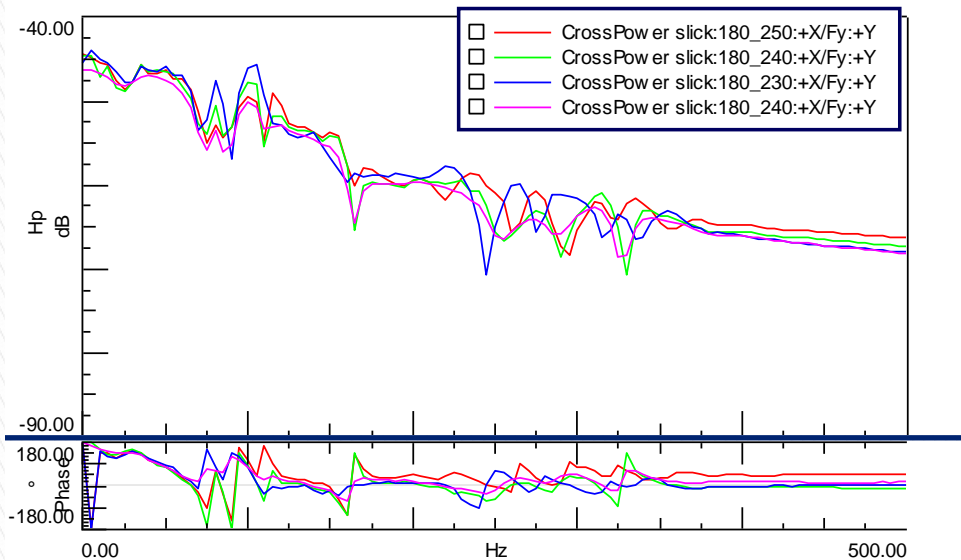


Encoder

Wheel hub bearing unit



- ▶ Rumore “strutturale”
  - $BW=[100,500]$  Hz



- ▶ Due modi “importanti”
  - #4: 113 Hz
  - #6: 155 Hz
- ✓ responsabili del 70% del rumore strutturale

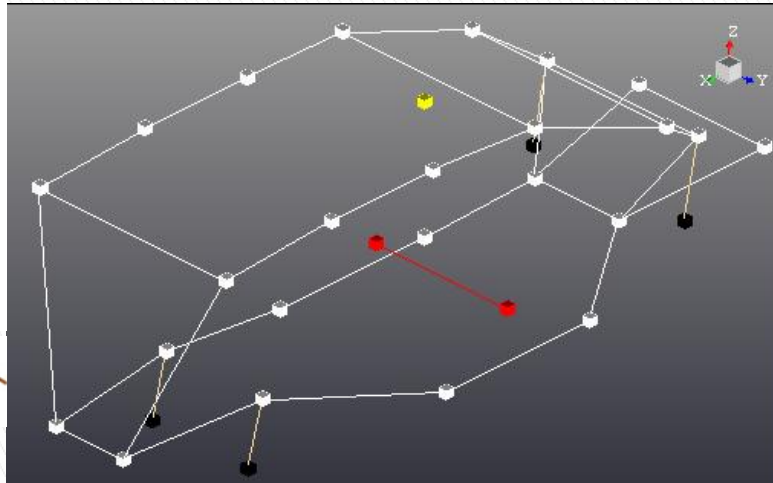
**IMAC 2010 (Jacksonville – Florida)**

*Operational Modal Analysis of a rotating tyre subject to cleat excitation*

# LMS International - FORD - TENNECO

## Confronto tra sistemi di sospensione attivi e semi-attivi

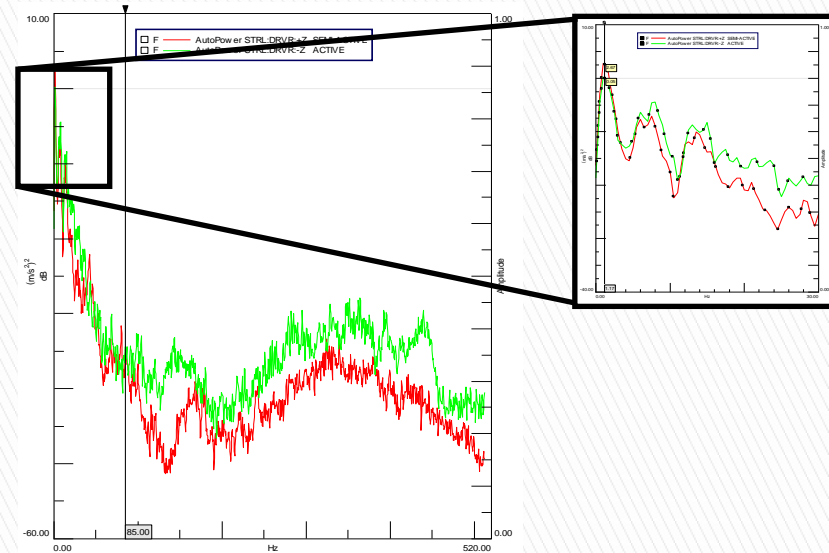
- ▶ Giudicare e confrontare le performance di due set di sospensioni (attivo e semi-attivo)
  - #31 accelerometri triassiali
    - Tecniche EMA (4-Poster Test)
    - Tecniche OMA (Proving Ground Test)



# LMS International – FORD – TENNECO

## Confronto tra sistemi di sospensione attivi e semi-attivi

SEMI ACTIVE freq	ACTIVE freq	freq shift	SEMI ACTIVE damp	ACTIVE damp	damp incr.
1.170	1.199	2.48%	15.3%	33.1%	2.16x
1.794	2.642	47.2%	14.8%	28.7%	1.94x
6.370	7.598	19.3%	10.6%	11.3%	1.07x

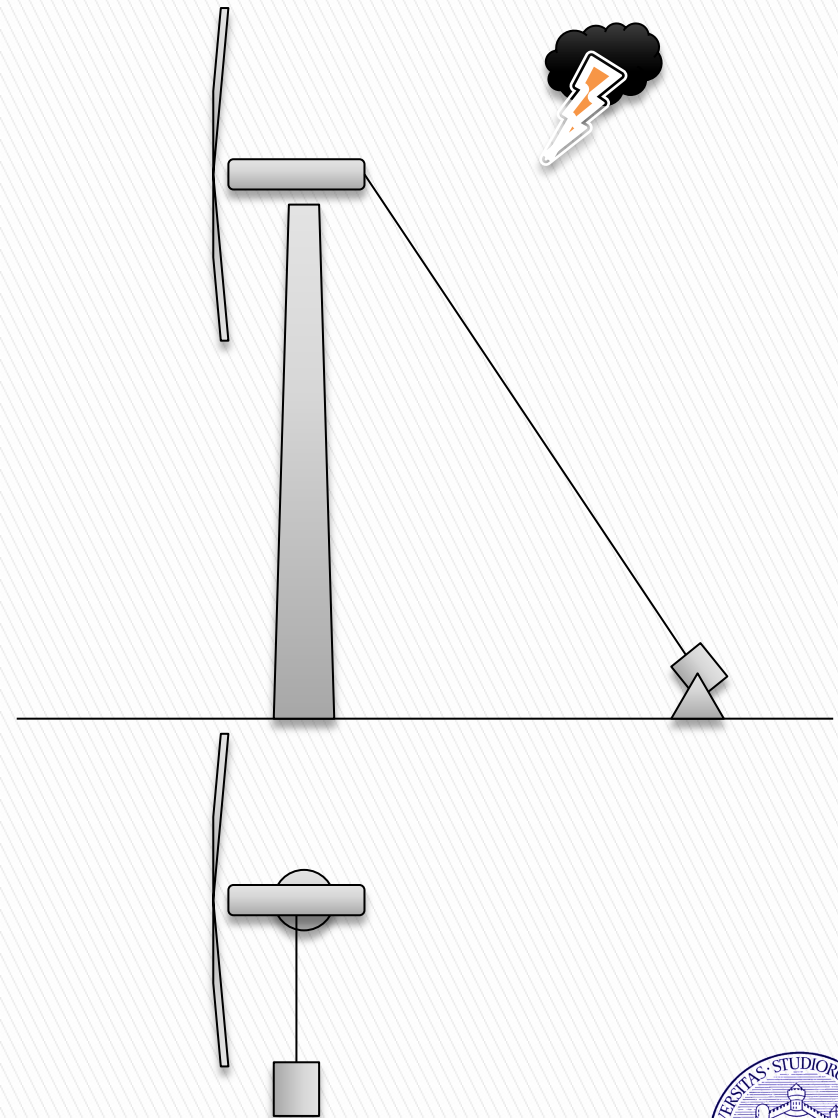


- ▶ Risultato principale:
  - il sistema attivo raddoppia lo smorzamento del sistema semi-attivo
- ▶ Risultato secondario:
  - Il sistema attivo trasferisce energia dalle basse alle alte frequenze

### ISMA 2010 (Leuven – Belgium)

Active Suspension Systems for Passenger Cars:  
Operational Modal Analysis as a Tool for Performance Assessment

- ▶ Analisi Modale a sistema frenato
  - Tecniche EMA
    - Shaker longitudinale
    - Shaker trasversale
- ▶ Analisi Modale a sistema libero
  - Tecniche OMA
- ▶ Correlazioni EMA/OMA

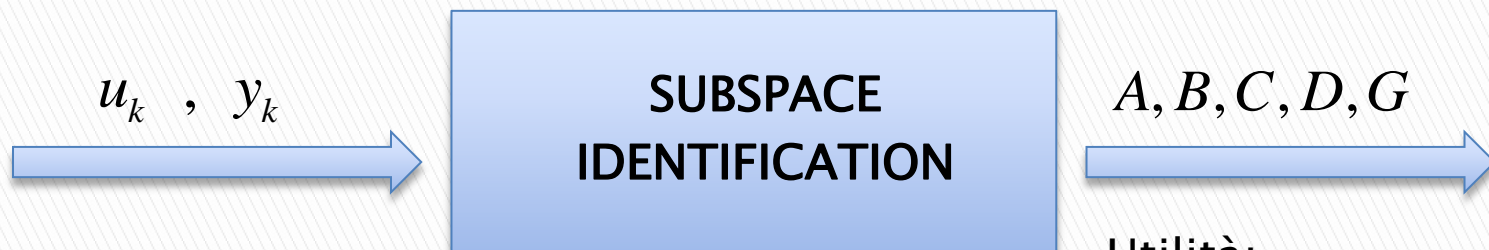
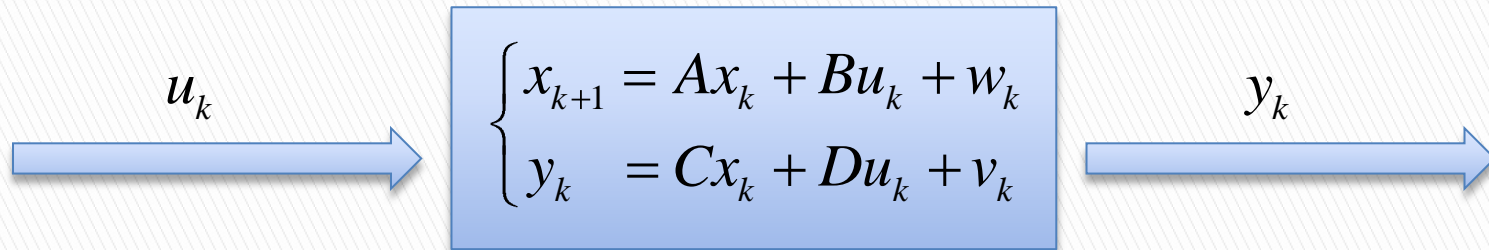




# SUBSPACE IDENTIFICATION

IN GENERALE

## LINEAR DISCRETE STATE-SPACE MODEL



Utilità:

- Simulazioni
- Sottostrutturazione



# SUBSPACE IDENTIFICATION

## APPLICAZIONE AL PROBLEMA VIBRATORIO

$$M \cdot \ddot{y}(t) + C \cdot \dot{y}(t) + K \cdot y(t) = u(t)$$

- Riduzione d'ordine
- Normalizzazione
- Discretizzazione

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \ddots & & & \\ & -\xi_r \omega_r + j\sqrt{1-\xi_r^2} \omega_r & & \\ & & \ddots & \\ & & & \ddots \end{bmatrix} = \text{poli}$$

$$L = Q_r \psi_r^T = \text{fattori partecipazione modale}$$

$$V = \begin{bmatrix} \psi_1 & \cdots & \psi_N \end{bmatrix} = \text{deformate modali}$$

$$\begin{cases} x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + w_k \\ y_k = Cx_k + Du_k + v_k \end{cases}$$

$$A = \Psi e^{\Lambda \Delta t} \Psi^{-1}$$

$$B = L^T$$

$$C = V$$

$$D = D$$

$$G = \mathbf{E} \left[ \begin{pmatrix} w_p \\ v_p \end{pmatrix} w_q^T v_q^T \right]$$



# OBIETTIVI

## CRONOLOGIA

### I

- Definizione del problema
- Raccolta della letteratura
- Studio dello stato dell'arte

THEORY

### II

- Analisi Modale in pratica
- Collaborazione con KUL/LMS
- Sviluppo algoritmo SUBSPACE

PRACTICE

### III

- Collaborazione con **London Imperial College**
- Applicare con successo il metodo SUBSPACE
- Creazione GUI per Analisi Modale Automatica
- Estrarre Matrice d'Inerzia di corpo rigido

PUSH  
THE  
EDGE

