

# **TESI DI LAUREA**

## **SIMULAZIONE DELLE MANOVRE DI ATTERRAGGIO DEL VELIVOLO ATR-72: MODELLAZIONE DEL SISTEMA E DETERMINAZIONE DEI CARICHI STATICI E DINAMICI NEGLI ATTACCHI CARRELLO.**

Relatori:

Prof.Ing.S. Della Valle

Prof.Ing. D. De Falco

Ing. G.Cuntò-ALENIA

Candidati:

F. Ciardiello

G. Sora

Il compito assegnato:

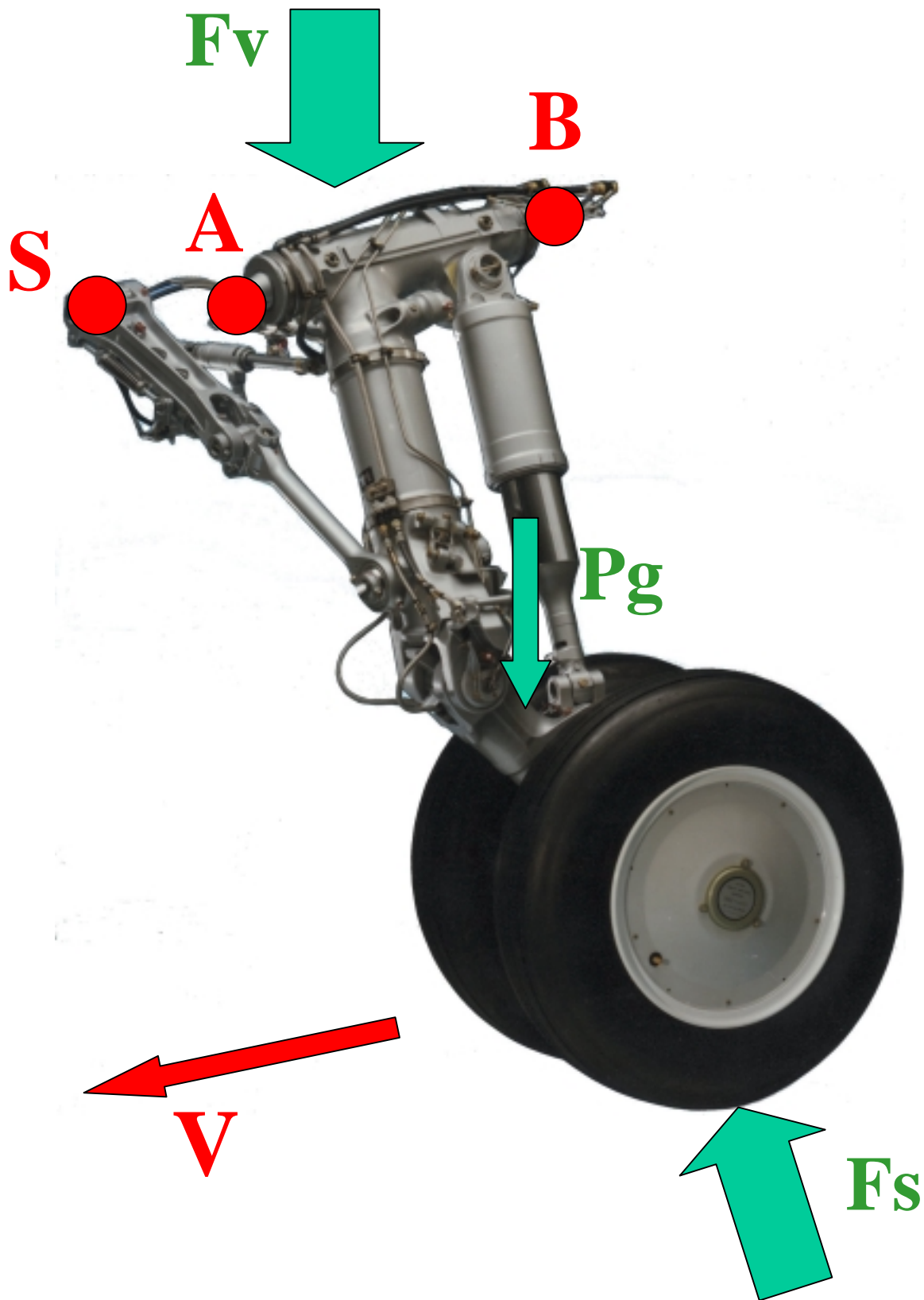
**La verifica dei carichi  
trasmessi alla fusoliera  
durante la manovra di  
atterraggio del velivolo  
ATR-72 .**

Lo scopo:

**Dimostrare la validità di  
una metodologia di  
simulazione e applicarla  
alla fase di progettazione di  
nuovi velivoli.**

- **TECNICA UTILIZZATA:**  
la simulazione al calcolatore del comportamento cinematico e dinamico di sistemi multibody.
  
- **SISTEMA MULTIBODY:**  
insieme di corpi rigidi interconnessi mediante giunti che limitano il moto relativo.

# Main Landing Gear ATR-72



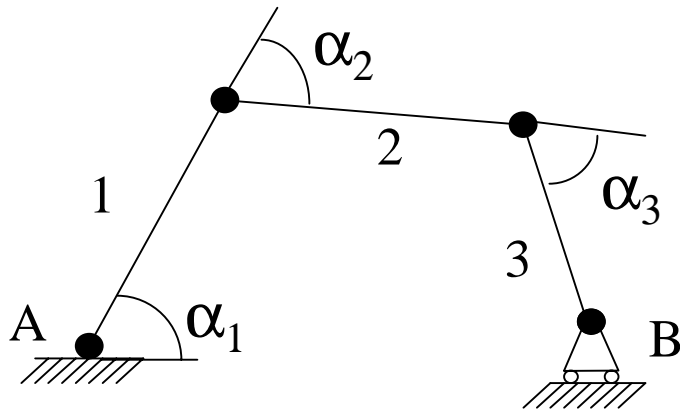
# Modello analitico-simbolico del Gear

Definizione del sistema di coordinate generalizzate per descrivere la posizione ed il moto:

$$\mathbf{q} \equiv (q_1, q_2, \dots, q_n)$$

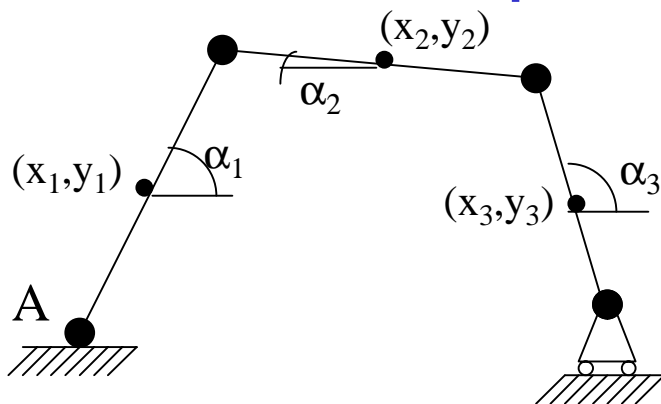
- Coordinate relative
- Coordinate a punto di riferimento
- Coordinate naturali

## Coordinate relative:



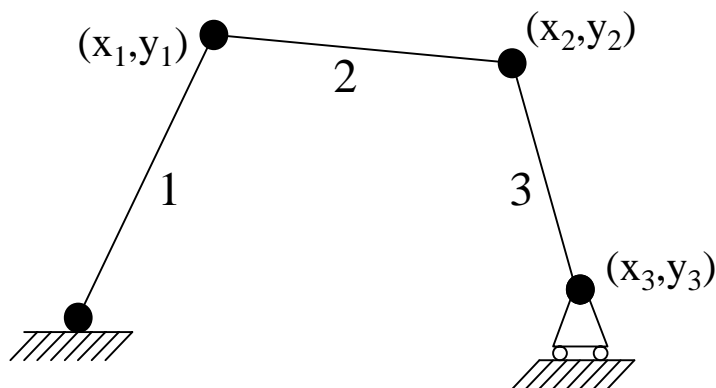
$$L_1 \cos \alpha_1 + L_2 \cos(\alpha_1 + \alpha_2) + L_3 \cos(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) - AB = 0$$

## Coordinate a punto di riferimento:



$$(x_1 - x_A) - L_1 / 2 \cos \alpha_1 = 0$$

## Coordinate naturali:



$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 - L_2^2 = 0$$

# Determinazione delle equazioni di vincolo:

$$\Phi(\mathbf{q}, t) = 0$$

- Equazioni di vincolo di corpo rigido:

$$\sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2 + (z_a - z_b)^2} = \cos t$$

- Equazioni di vincolo joint:

$$x_a = x_b ; y_a = y_b ; z_a = z_b$$

**$n$**  = numero di coordinate generalizzate

**$m$**  = numero di equazioni di vincolo

**$f$**  = numero di gradi di libertà

$$n - m = f$$





# Analisi dinamica

- **Determinazione delle equazioni del moto.**
- **Risoluzione del sistema di equazioni algebrico differenziali (DAE):**

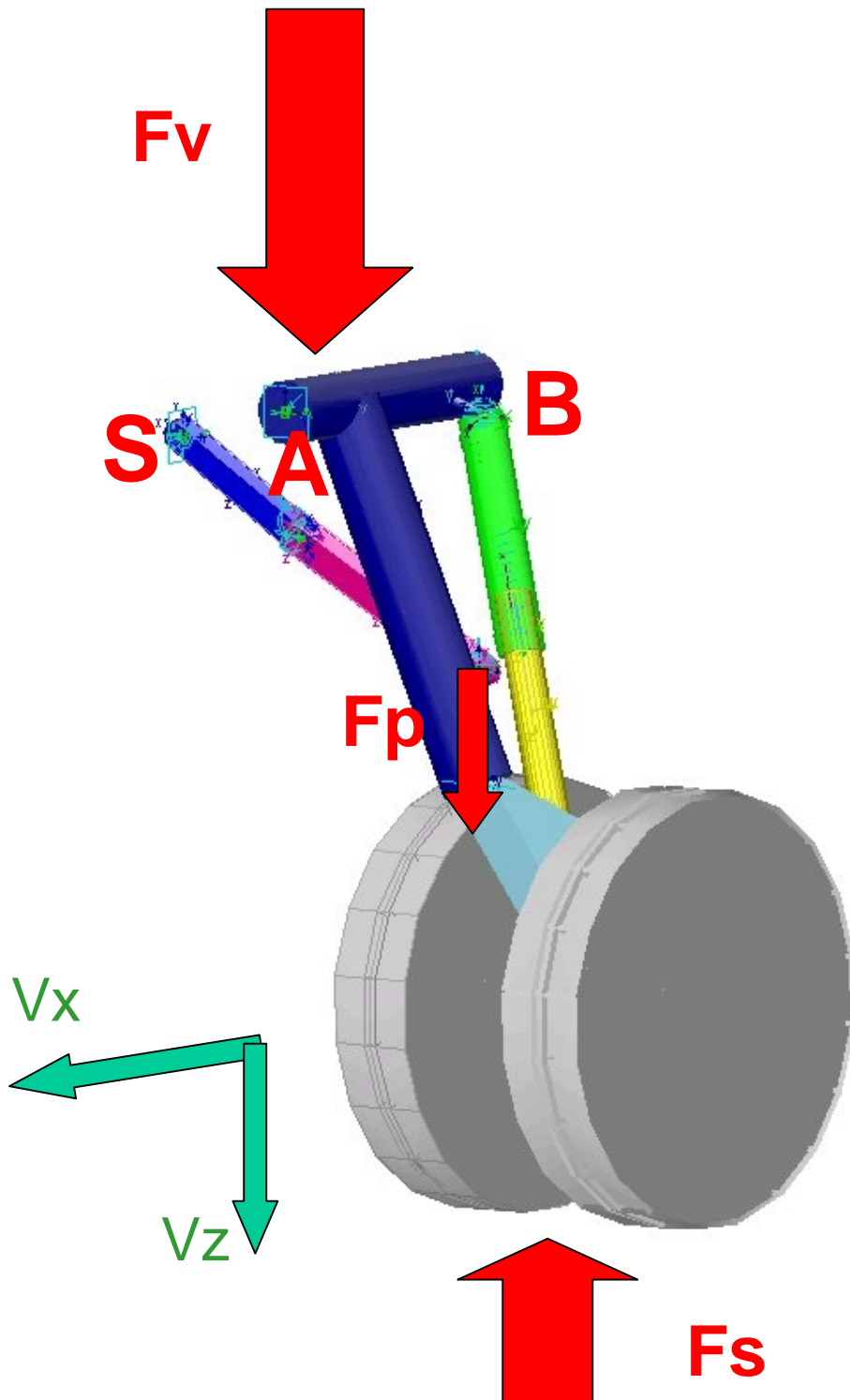
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{\mathbf{q}}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \mathbf{q}} + \Phi_{\mathbf{q}}^T \boldsymbol{\lambda} = \mathbf{Q}_{\text{ex}} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi(\mathbf{q}, t) = 0 \end{array} \right.$$

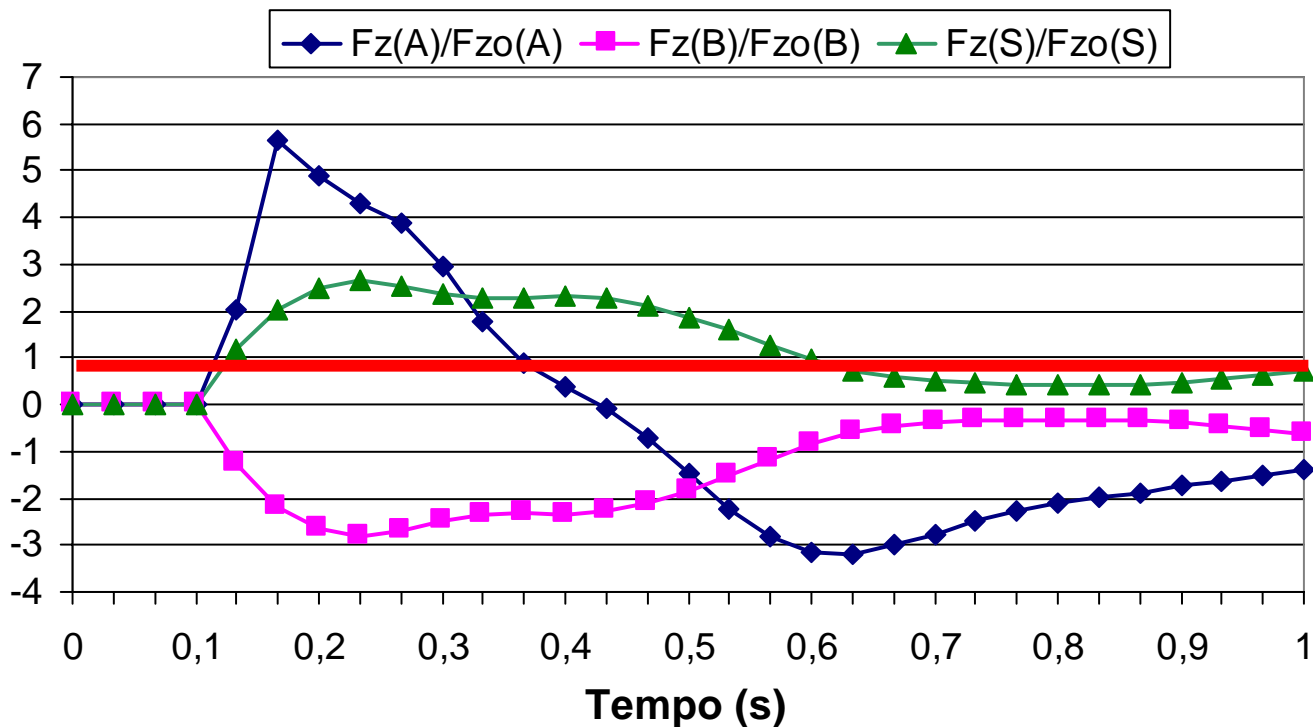
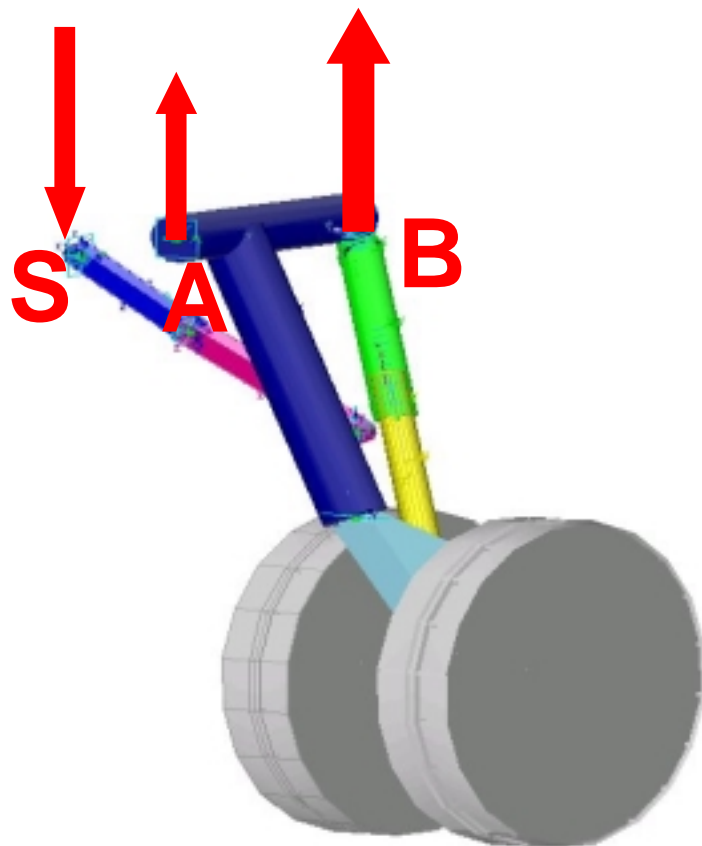
# **Caratteristiche del problema:**

- La cinematica e la dinamica sono caratterizzate da grandi spostamenti pertanto le equazioni del moto sono fortemente non lineari.
- Si rende indispensabile l'uso del calcolatore per la elaborazione e la soluzione delle equazioni del moto.

# Modellazione del Gear mediante il codice Adams.

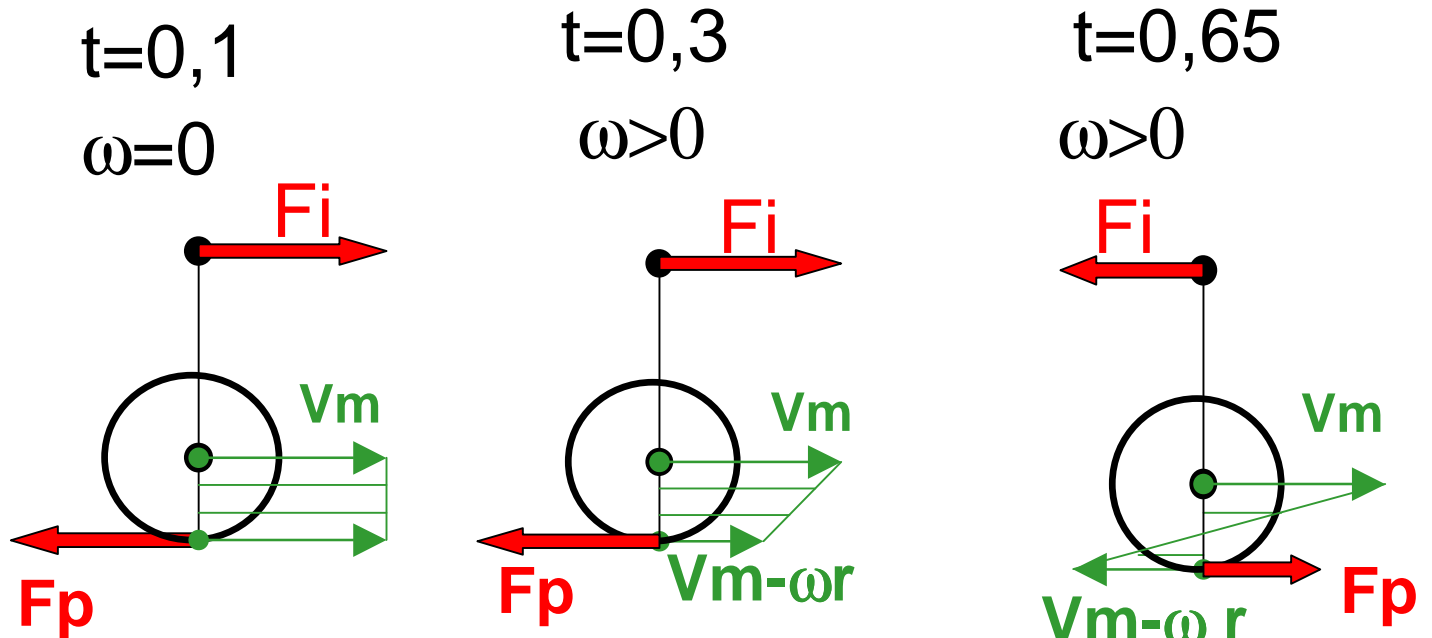
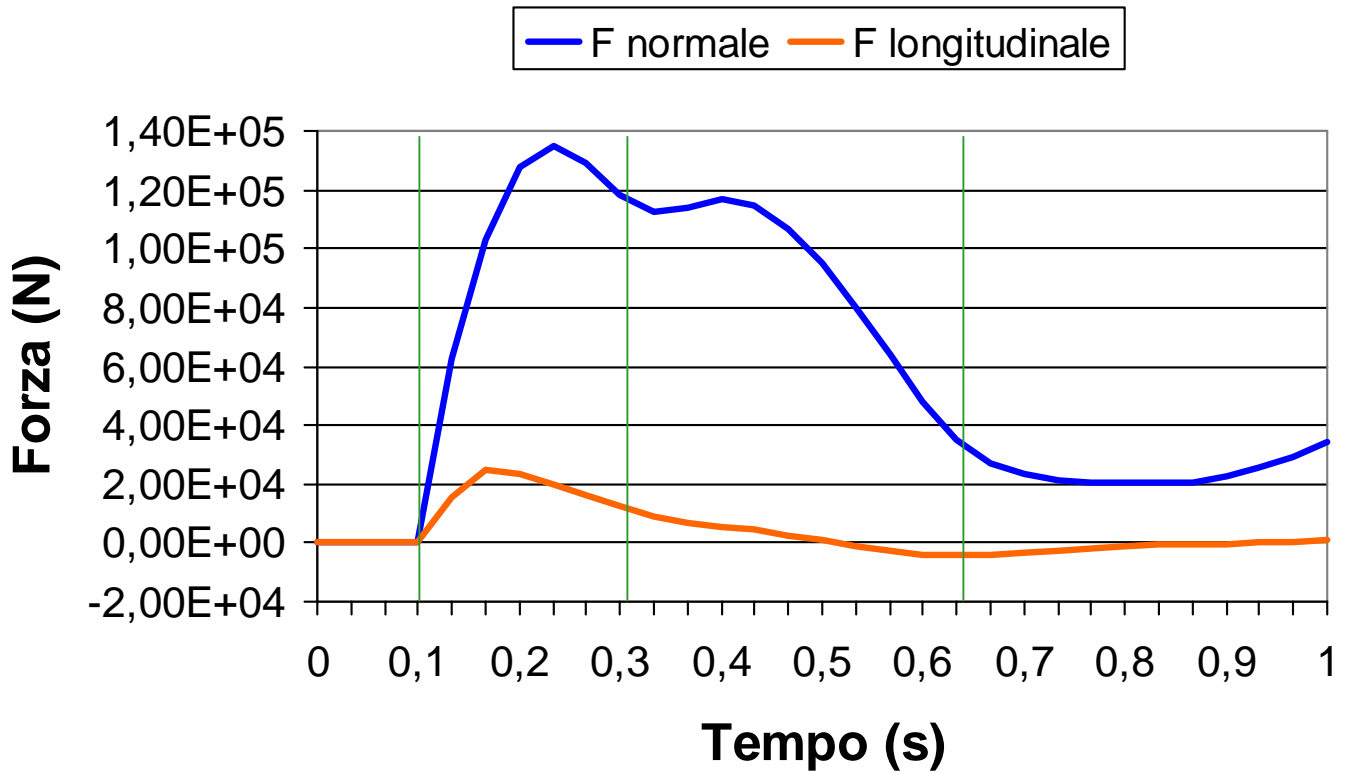


# Simulazione della manovra di atterraggio mediante il codice Adams.



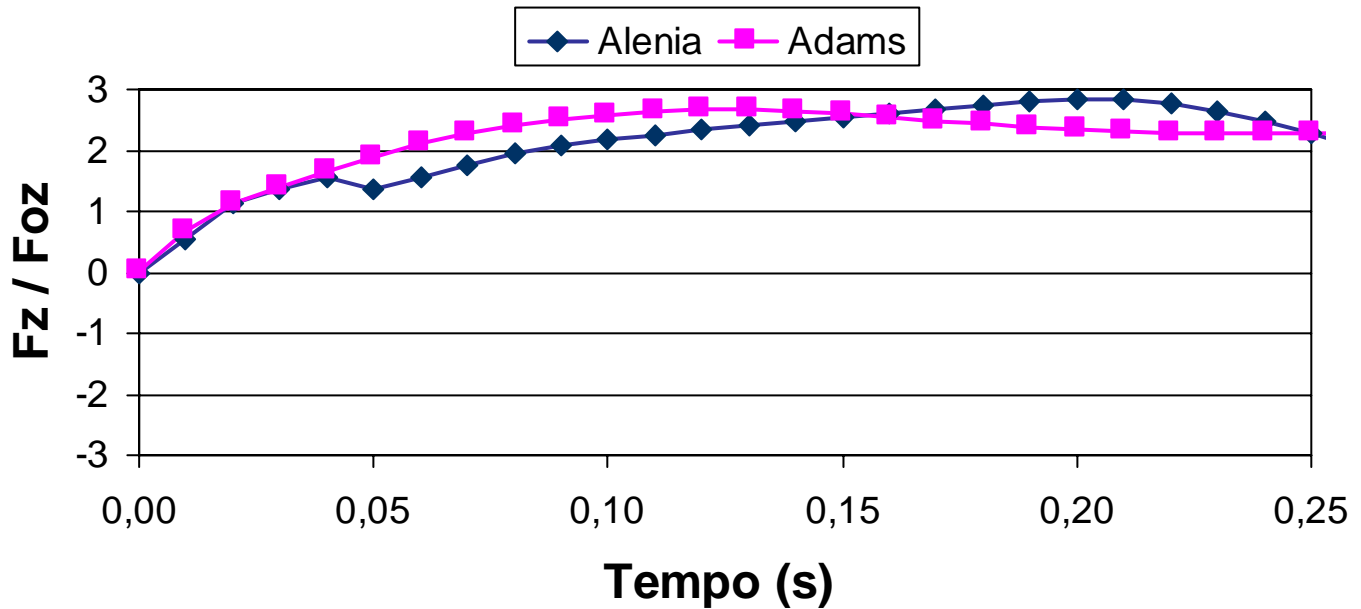
# SPRING BACK

durante la fase di atterraggio si verifica un'inversione di segno della forza longitudinale sul pneumatico.

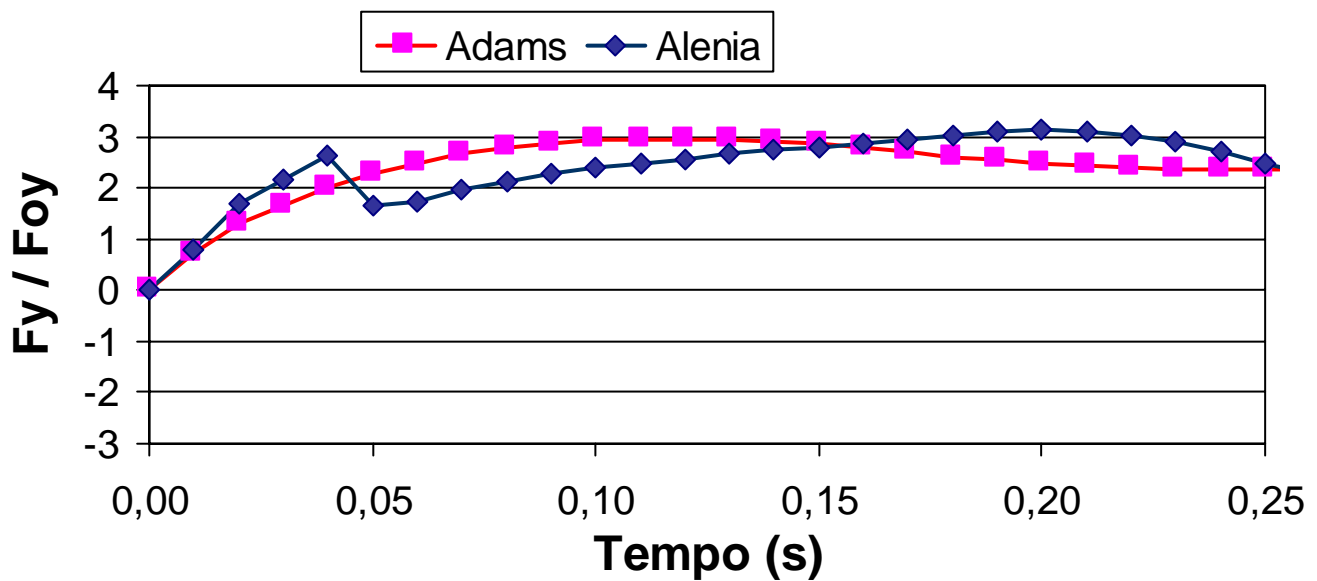


# Confronto tra codice Adams e dati Alenia.

## Forza nell'attacco S lungo Z, normalizzata



## Forza nell'attacco B lungo Y, normalizzata



# CONCLUSIONI

- **I codici di simulazione permettono di verificare nuove soluzioni con riduzioni di tempi e costi.**
- **La simulazione al calcolatore necessita del supporto di dati sperimentali.**
- **L'uso dei codici di simulazione richiede personale specializzato.**