

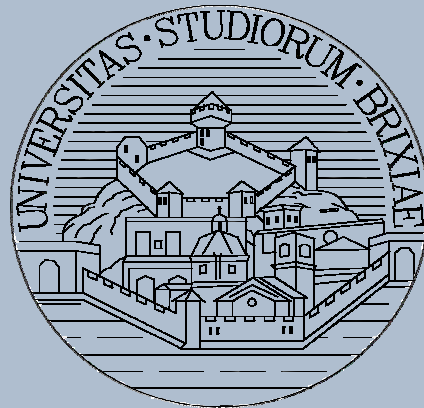
Università degli Studi di Brescia  
Facoltà di Ingegneria

Relazione sull'attività del I anno di Dottorato di Ricerca in Meccanica  
Applicata svolta durante l'anno accademico 2005/2006

# Disegno di meccanismi miniaturizzati articolati attraverso cerniere flessionali

Tutor:

Prof. Danilo Cambiaghi



Dottorando:

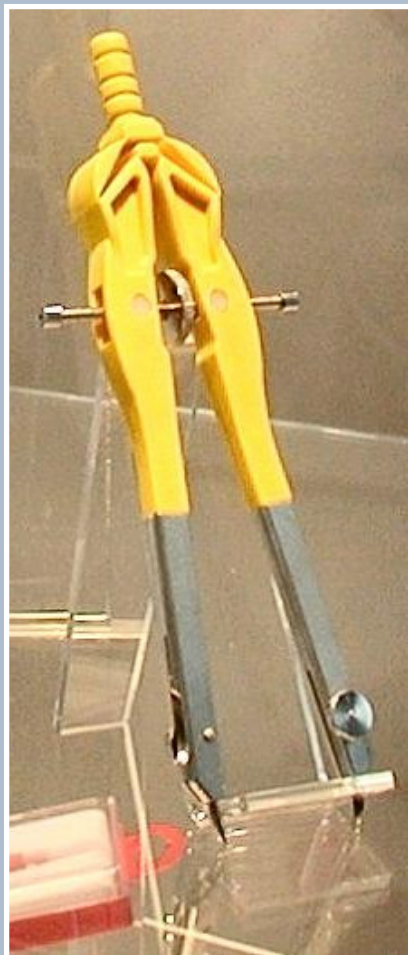
Luca Dassa

Anno Accademico 2005-2006

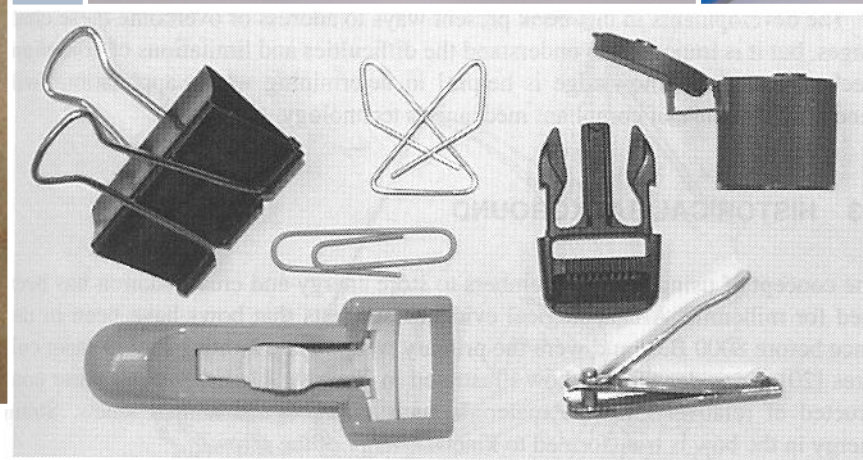
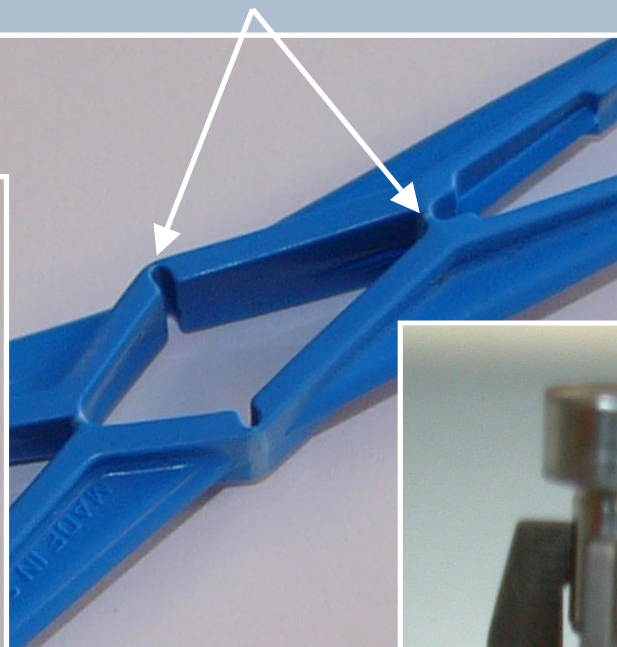
# Le cerniere flessionali e "compliant mechanisms"

cerniere flessionali

(forbice "klemmer"  
per usi medicali)



compasso Bino  
(ing. V. Villa)



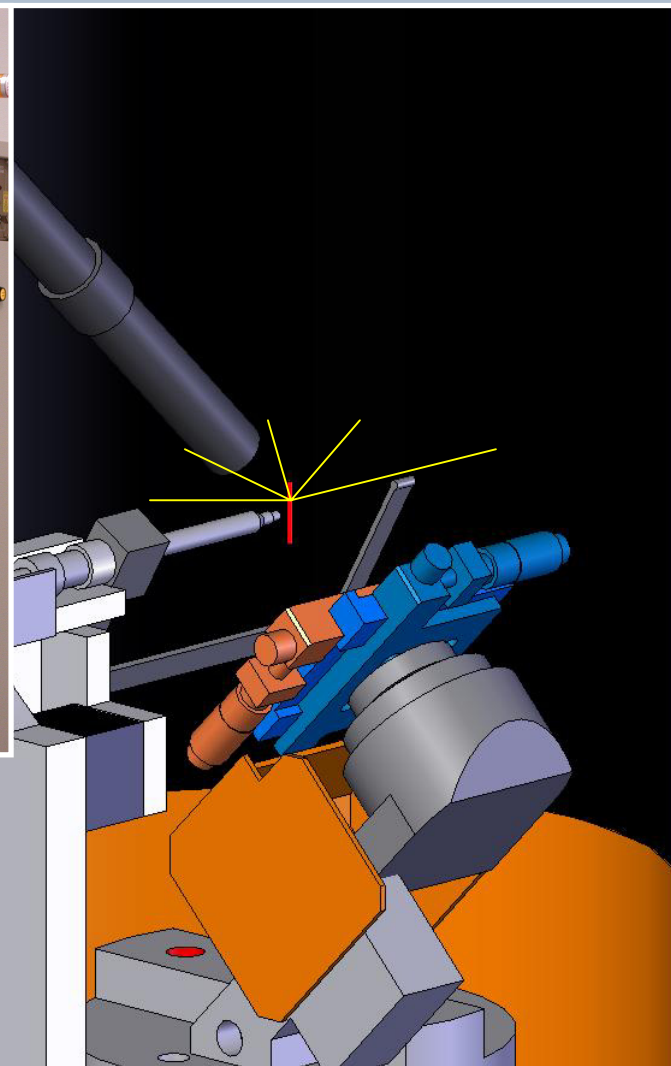
compliant mechanisms di uso comune

pinza per  
impieghi  
aerospaziali  
(prof. D.  
Cambiaghi)





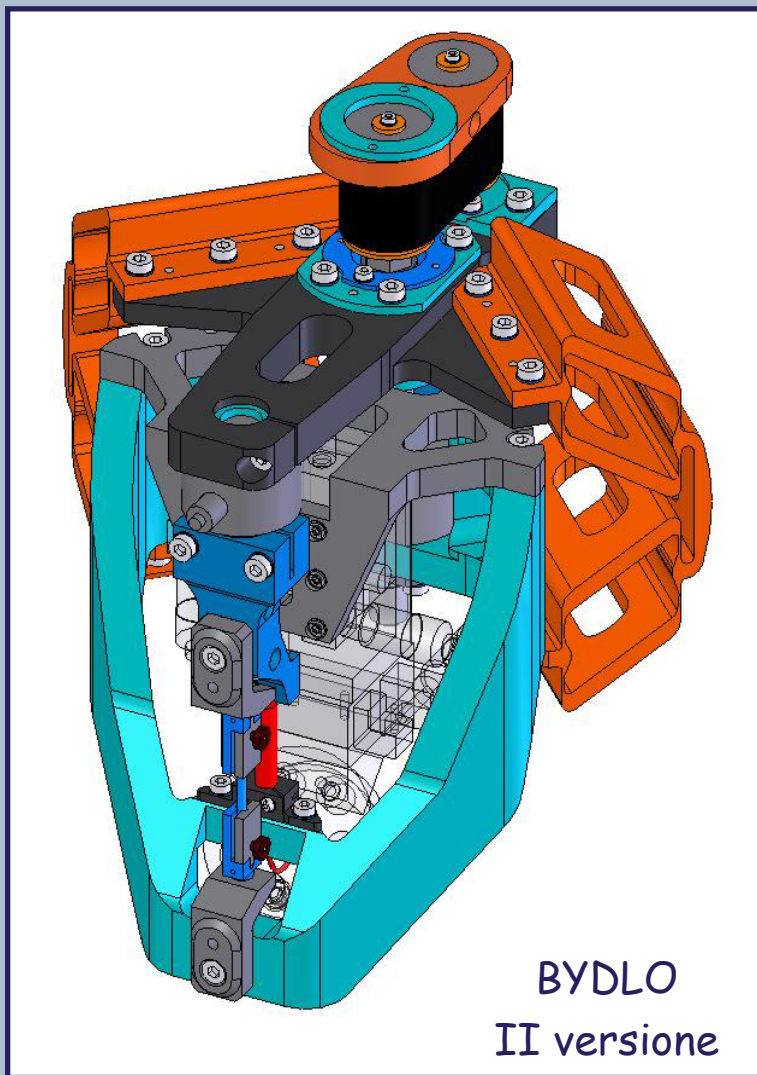
# Bydlo: il progetto (1) la richiesta: un dispositivo per prove di trazione e compressione per misure di microdiffrazione



dati:

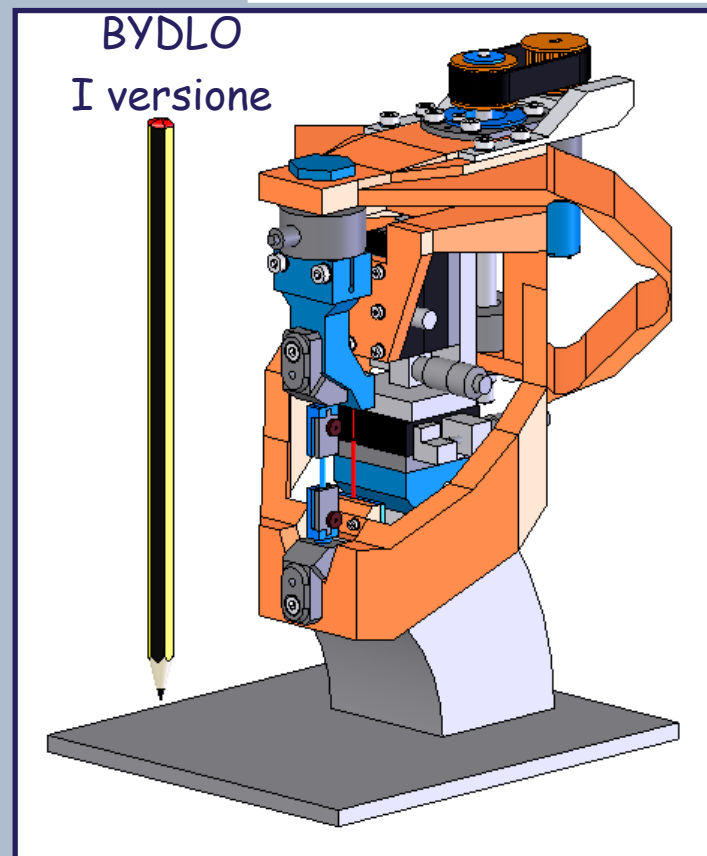
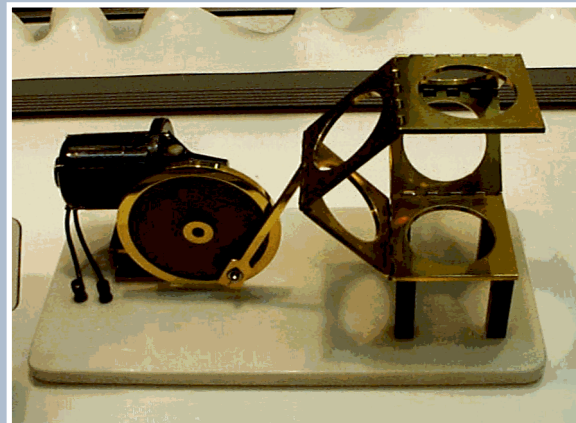
- carico: 200 N
- spostamento:  $\pm 2$  mm

## Bydlo: il progetto (2)



dimensioni: 150x150x180 mm

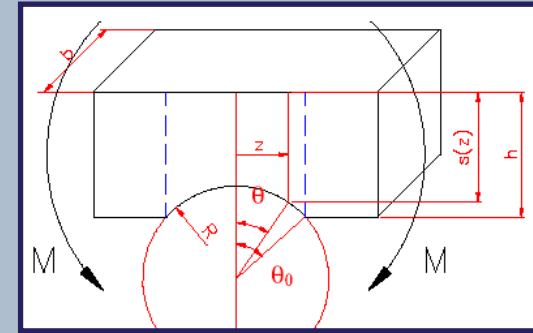
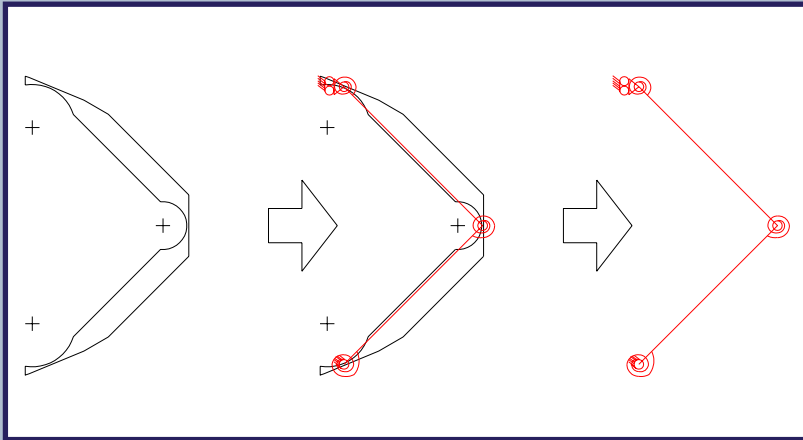
il meccanismo  
di Sarrus





# Bydlo: le analisi

# modello matematico



Procedimento:

$$\Delta\alpha = \int_{-z^*}^{+z^*} \frac{M}{EJ(z)} dz \quad \frac{\Delta\alpha}{M} = c \quad c = \int_{-z^*}^{+z^*} \frac{1}{EJ(z)} dz$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{2\sqrt{2}}{3\pi} \frac{\Delta\alpha Et^{\frac{1}{2}}}{R^{\frac{1}{2}}}$$

$$c = \frac{12}{EbR^2} \cdot \frac{1}{\beta^{\frac{5}{2}} \cdot (\beta+2)^{\frac{5}{2}}} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\beta \cdot (\beta+2)} \cdot \sqrt{1-(1+\beta-\gamma)^2}}{2 \cdot \gamma} \cdot \left[ \frac{\beta \cdot (\beta+1) \cdot (2+\beta-\gamma)}{\gamma} + \right. \right.$$

$$\left. \left. + 3 \cdot \beta + 3 + 2 \cdot \beta^2 \right] + 3 \cdot (\beta+1) \cdot \arctan \left[ \sqrt{\frac{\beta+2}{\beta}} \cdot \frac{\gamma-\beta}{\sqrt{1-(1+\beta-\gamma)^2}} \right] \right\}$$

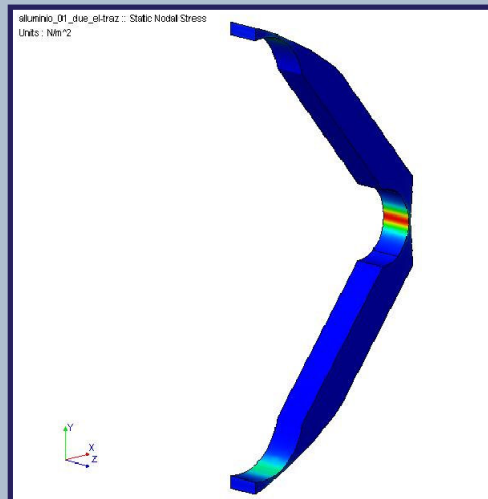
$$\beta = t/(2R) \\ \gamma = h/(2R)$$

$$c = \frac{9\pi R^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{2} Ebt^{\frac{5}{2}}}$$

$\beta \ll 1$  e  $\gamma \ll 1$

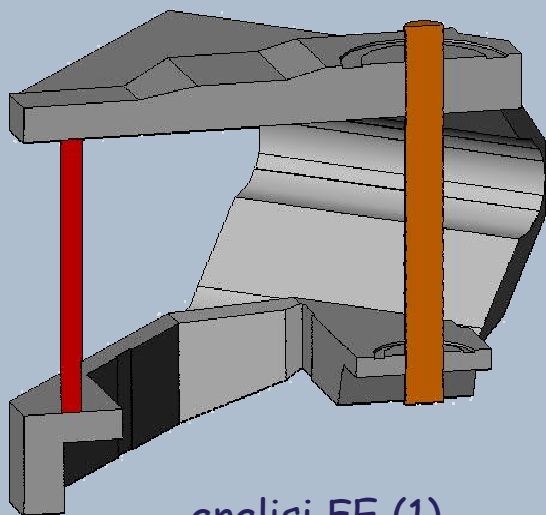
# Bydlo: le analisi

confronto  
modello  
matematico con  
analisi agli  
elementi finiti

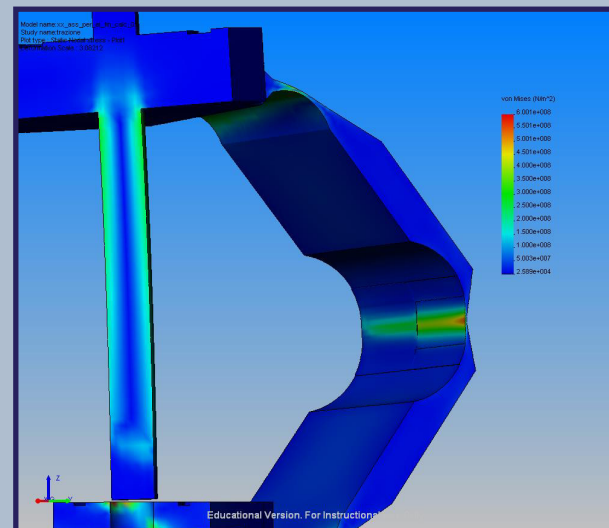


Analisi con formula approssimata	Analisi agli elementi finiti
$\sigma_{MAX} = 242$	$\sigma_{MAX} = 238$

verifica del comportamento globale

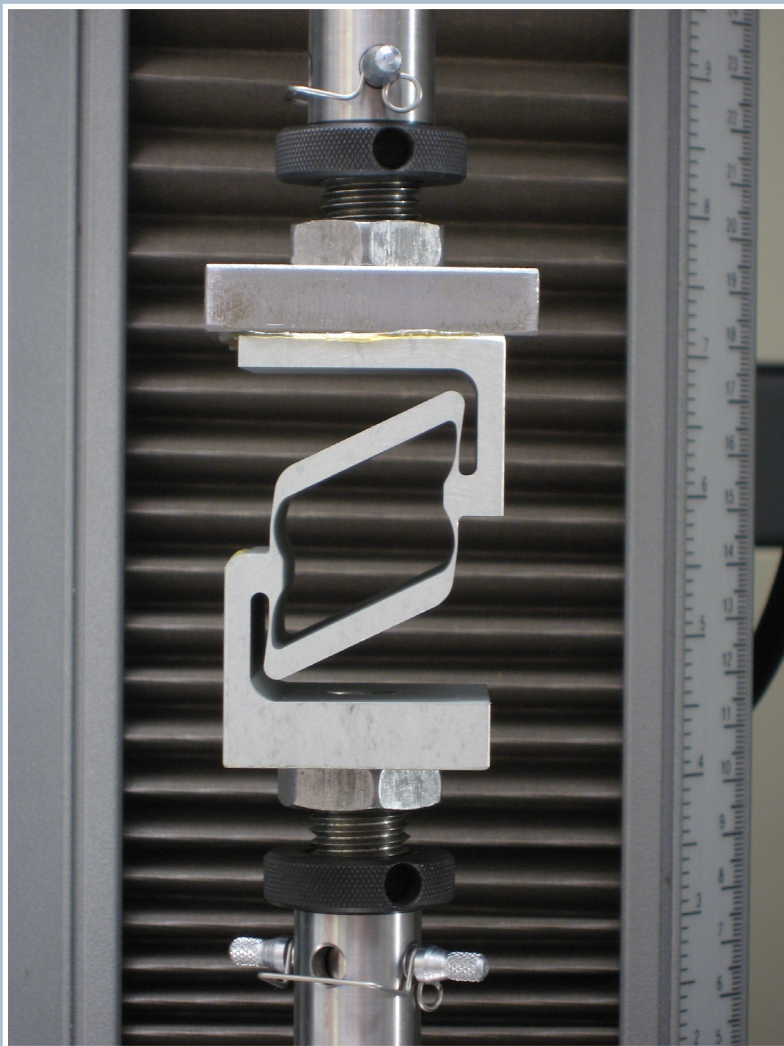


analisi FE (1)

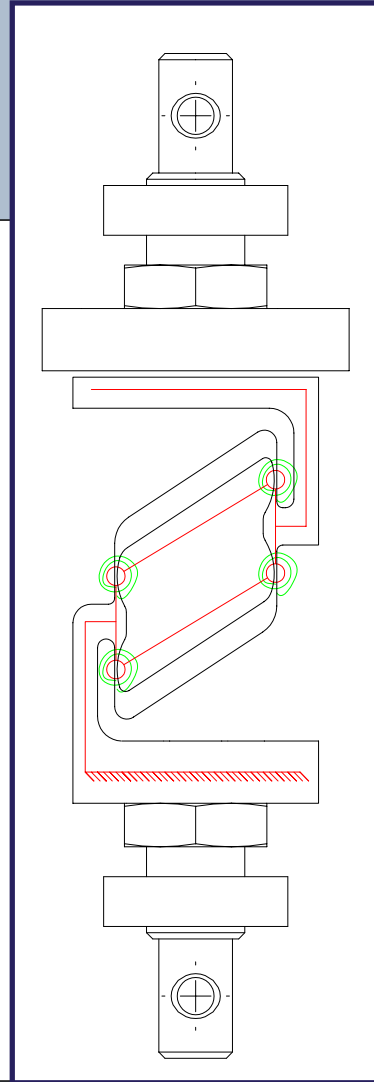
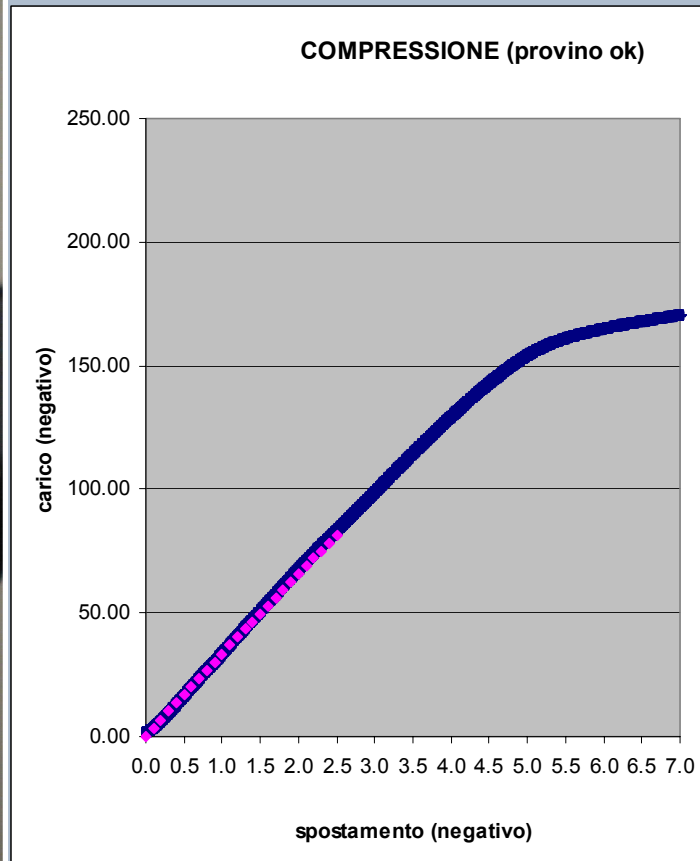


analisi FE (2)

# Bydlo: validazione e calibrazione del modello (1)



prova di compressione



$$E_{\text{tot}} = 4E_{\text{cerniera}}$$

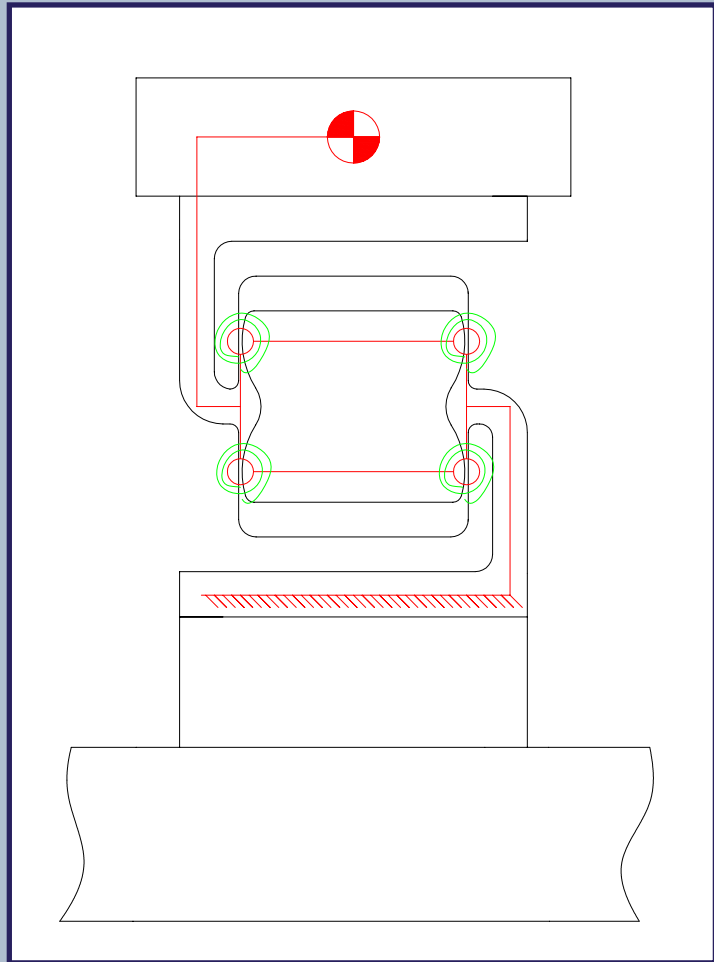
$$k_{\text{vert}} = \frac{4k_c \left[ \theta_0 - \arcsin \left( \sin \theta_0 - \frac{s}{d} \right) \right]^2}{s^2}$$

con s spostamento  
verticale imposto



# Bydlo: validazione e calibrazione del modello (1)

provino per test di fatica

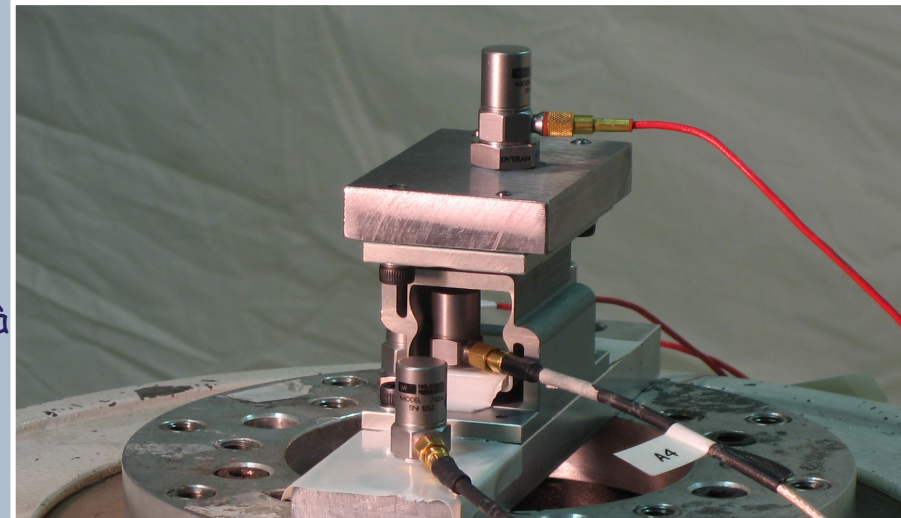


qualche PICCOLO inconveniente

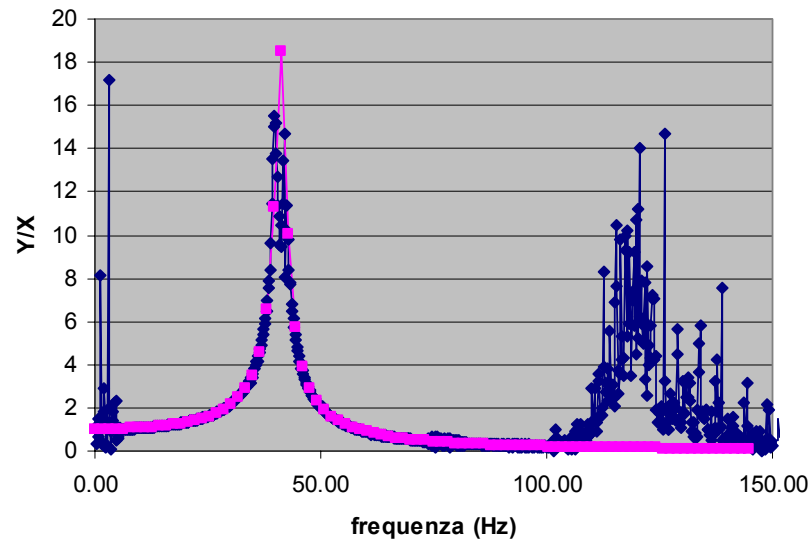
analisi

in frequenza:  
modello massa  
- molla ad 1  
grado di libertà

$$\omega = \sqrt{\frac{k_{vert}}{m_e}}$$



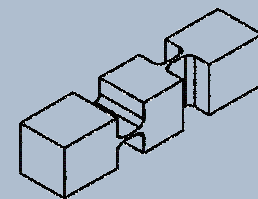
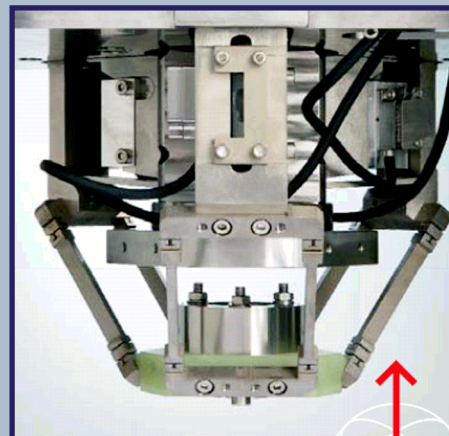
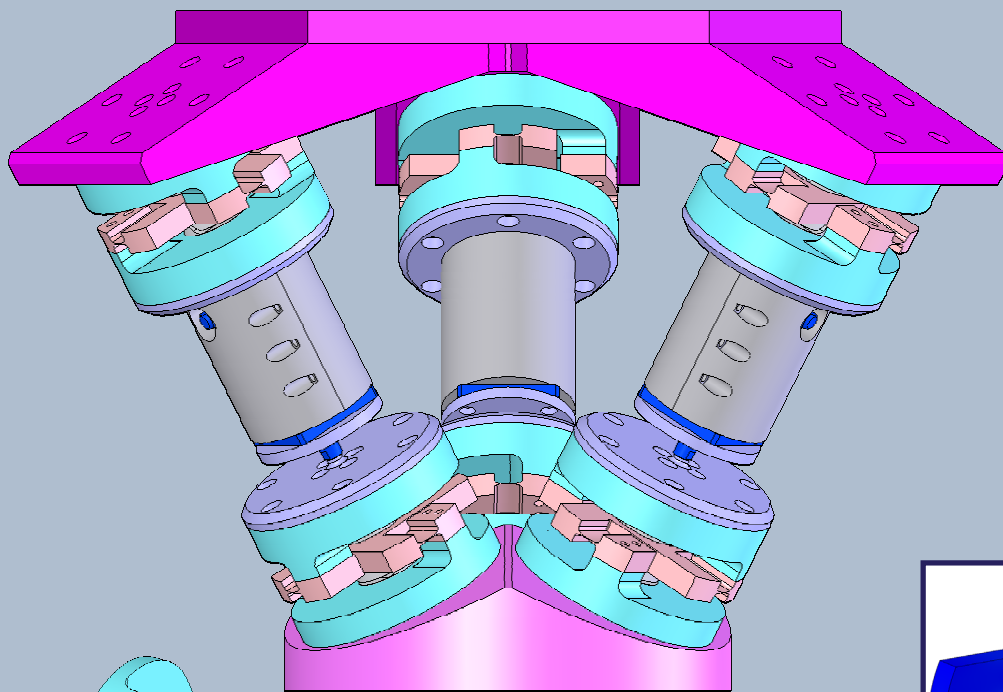
risposta in frequenza



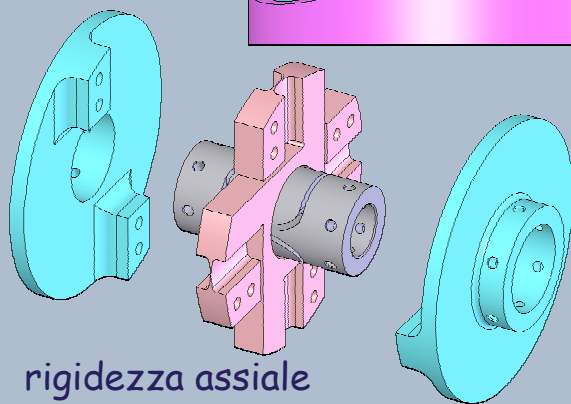
I frequenza.  
propria:  
41.5 Hz

# Giunto cardanico (in collaborazione con il tesista Daniele Gazzoli)

Agietron Micro-Nano EDM (AGIE e Mecartex)



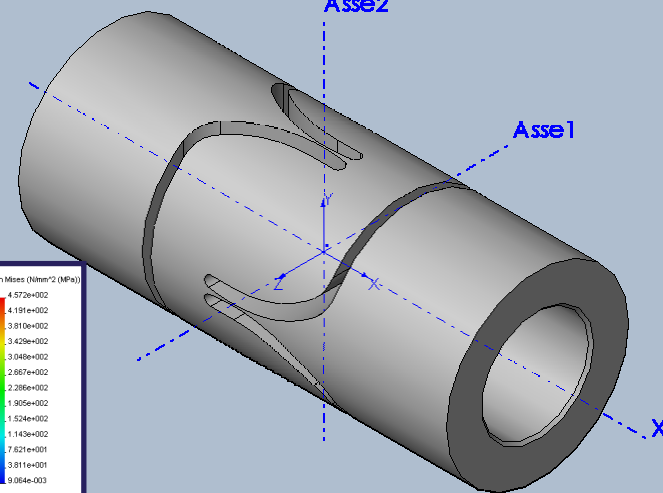
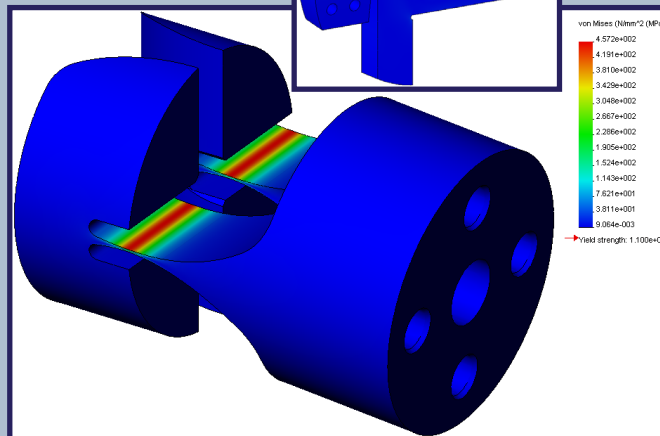
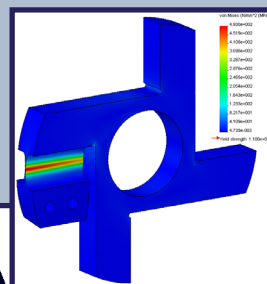
carniere sfalsate



rigidezza assiale

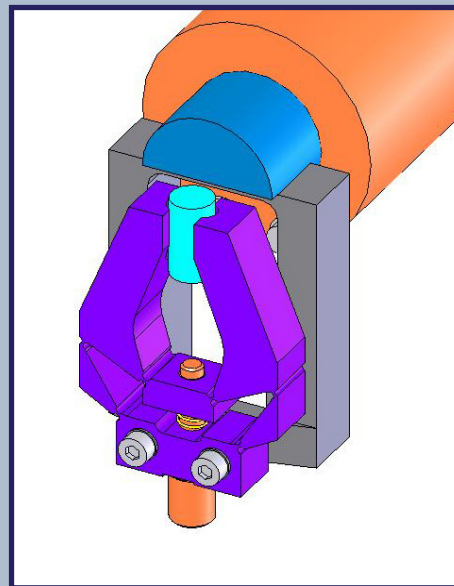
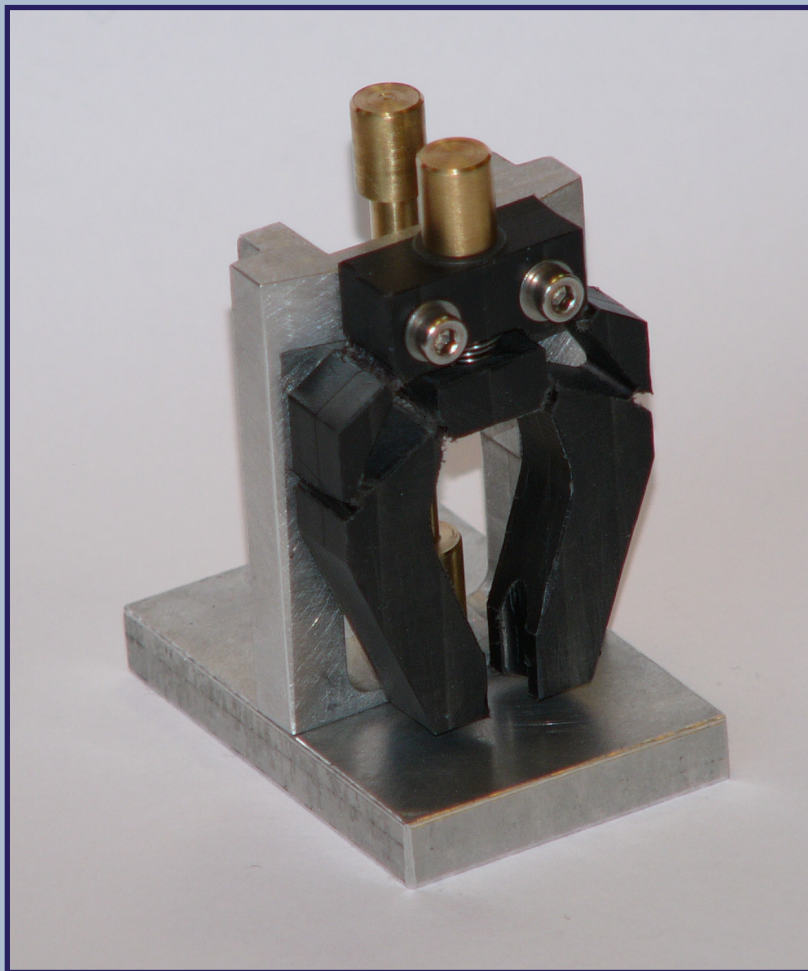
+

rigidezza torsionale



morfologia Pipe

## Pinza portacampioni

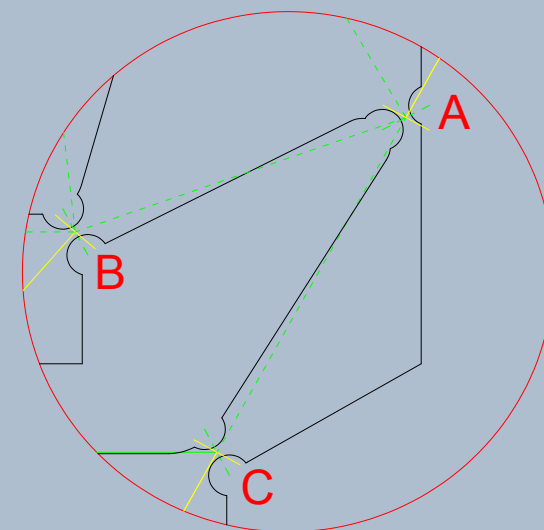
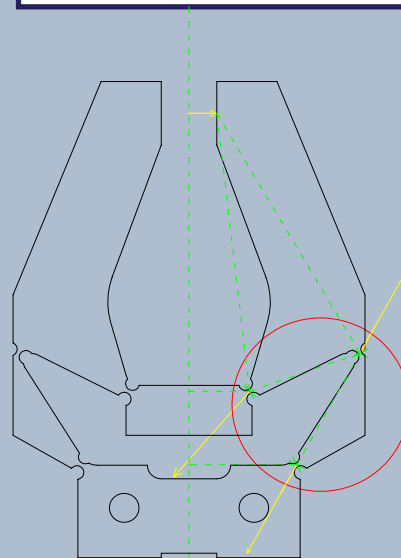


### Geometria delle cerniere

- spessore: 0.4 mm
- raggio: 1.5 mm
- larghezza: 10 mm

Material: nylon 6.6

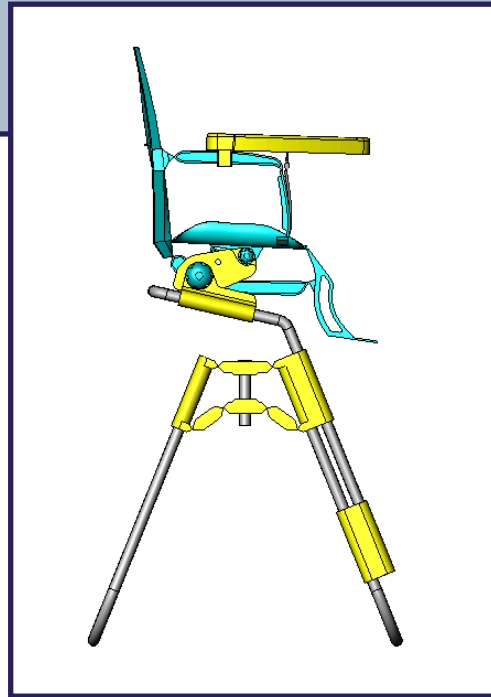
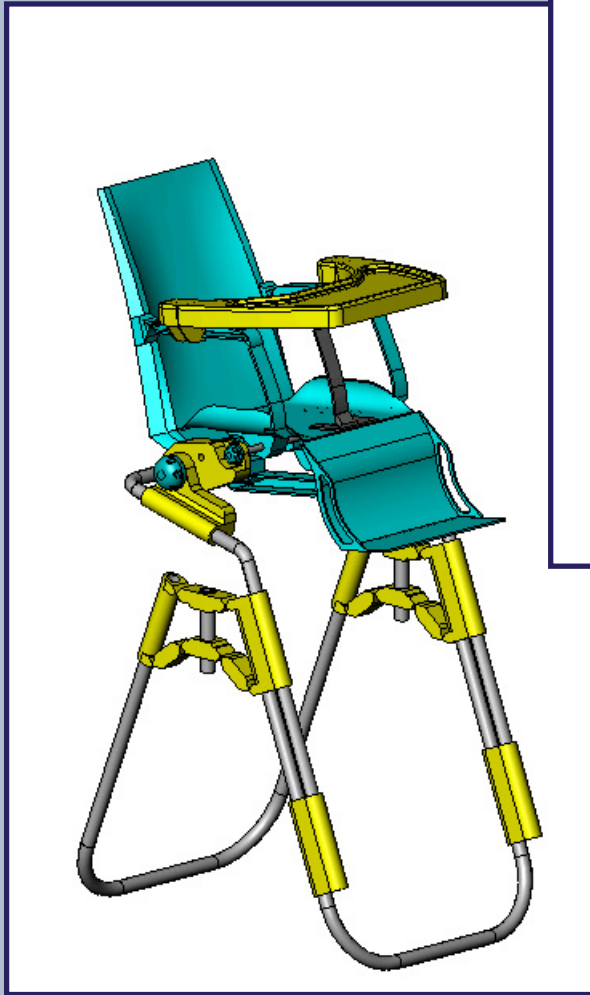
Come orientare le cerniere?



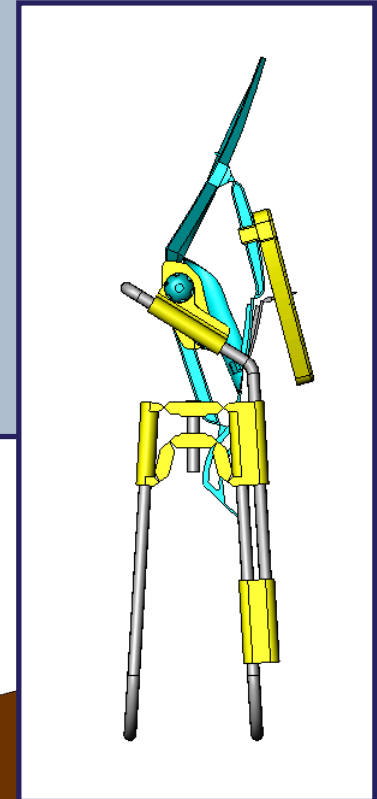


# Seggiolone per bambini

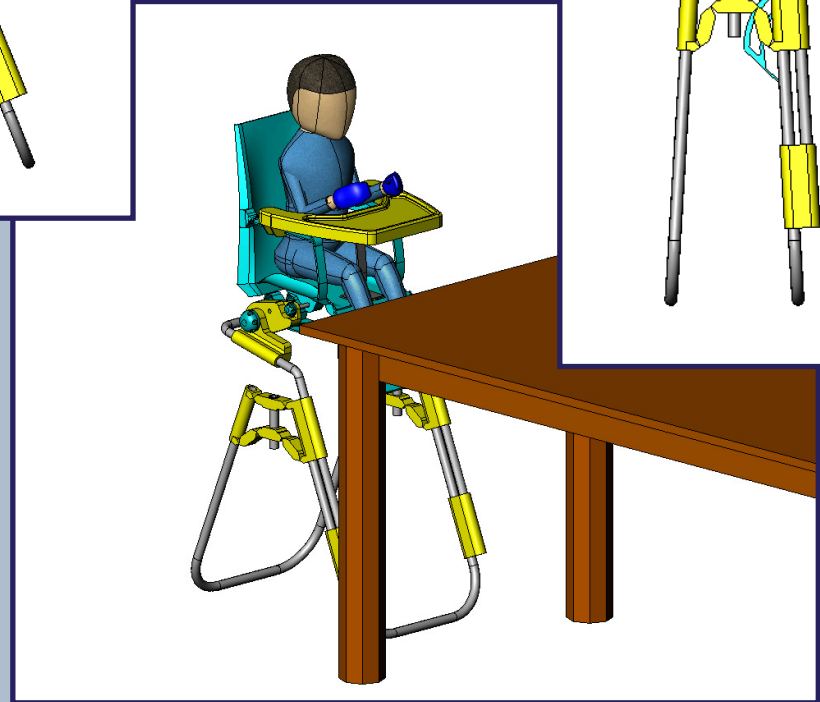
(proposta 1)



meccanismo per  
regolare  
l'inclinazione dello  
schienale e della  
pedana agendo su  
una sola manopola



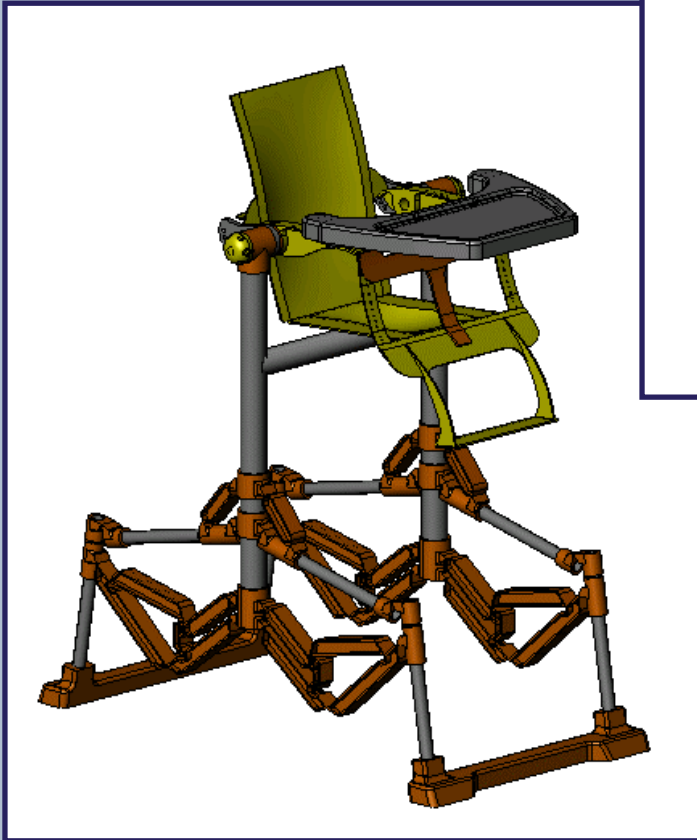
meccanismo per  
la chiusura del  
supporto in un  
solo pezzo



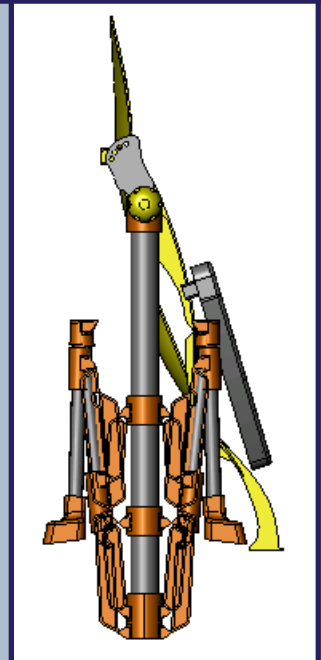
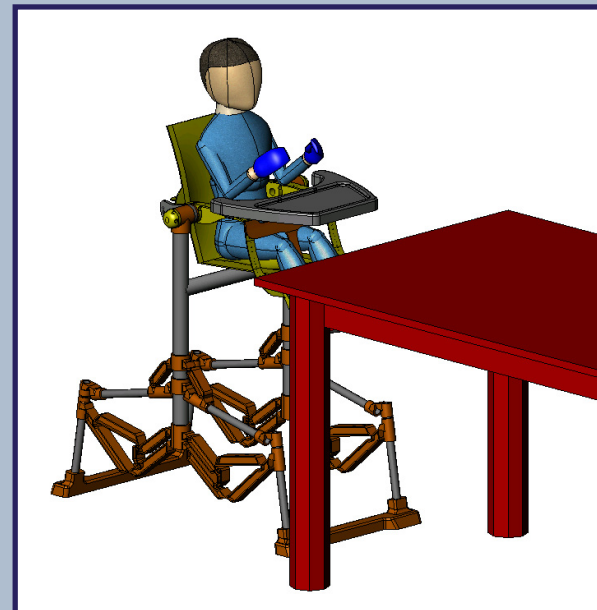
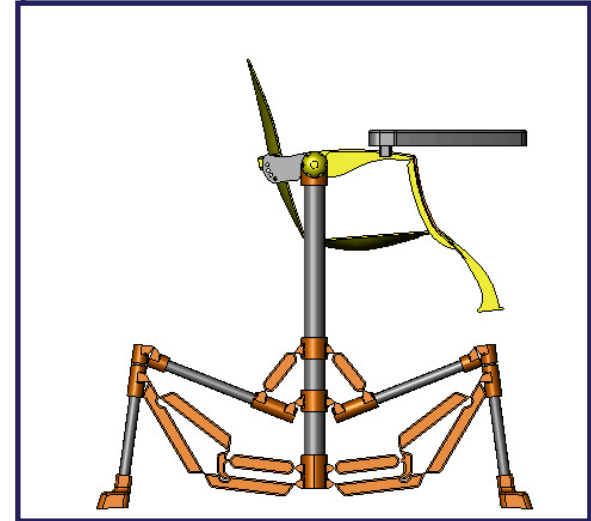
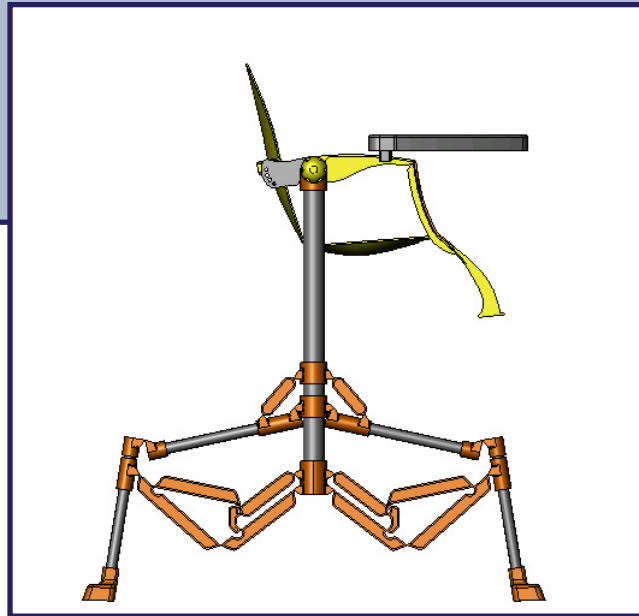
# Seggiolone per bambini

(proposta 2)

possibilità di realizzare la seduta in un solo pezzo



unico meccanismo per la regolazione dell'altezza e per la chiusura del seggiolone



# COMPLIANT MECHANISMS E CERNIERE FLESSIONALI

## VANTAGGI

- riduzione dei costi: riduzione del numero dei pezzi, riduzione del tempo di assemblaggio, semplificazione del processo di costruzione
- aumento delle prestazioni: aumento della precisione, aumento dell'affidabilità, riduzione dell'usura, riduzione del peso, riduzione della manutenzione
- adatti per applicazioni per scala miniaturizzata
- nessuna perdita per attrito, nessun gioco

## SVANTAGGI

- il centro di rotazione non è fisso durante il moto relativo
- vita a fatica
- mobilità limitata
- energia immagazzinata negli elementi flessibili
- sensibilità ai carichi termici

