

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DOTTORATO DI RICERCA IN MECCANICA
APPLICATA, XIX CICLO.
ANNO ACCADEMICO 2004/2005

Tecniche di controllo di forza di tipo “Non Time Based”

Dottorando: Paolo Pascutto¹

Tutore: prof. Aldo Rossi²
Co-tutore: prof. Paolo Gallina¹

¹ Dip. di Meccanica Applicata, Università di Trieste, Via A. Valerio 10 - 34127, TS;
pgallina@units.it Tel: +39 (040) 558 2540.
pascutto@libero.it

² Dip. di Meccanica Applicata, Università di Padova

Controlli Non Time Based

NON Time based controllers:

$$x_d = x_d(l)$$

Pianificazione traiettoria rispetto
ad una variabile l
(non rispetto al tempo)

che dipende dalle grandezze
rilevanti per il task da compiere

Teoria del DRC (Delayed Reference Control)

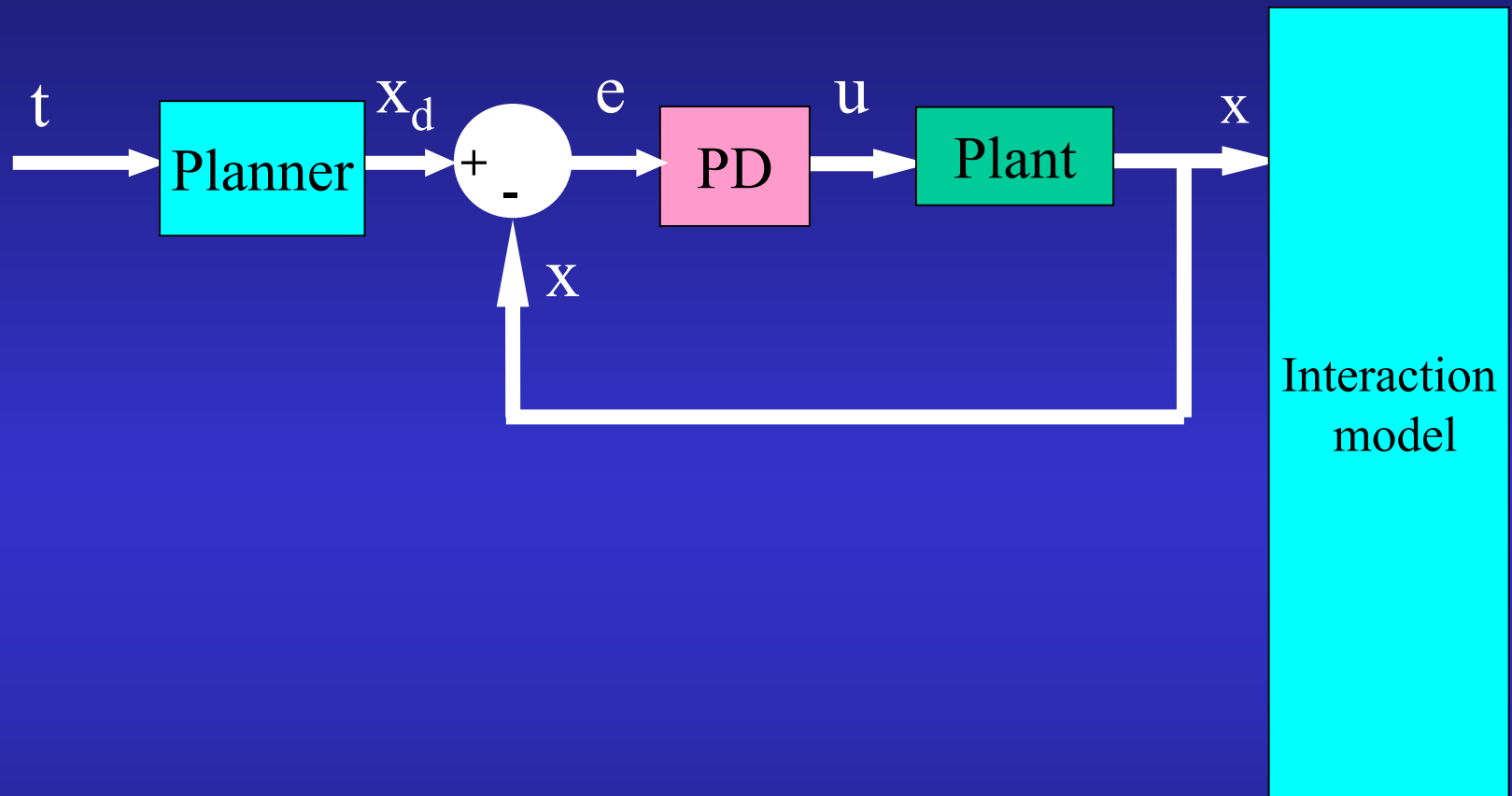
$$x_d = x_d(l) = x_d(t - T)$$

T= Time delay = f(forza di interazione F_c)

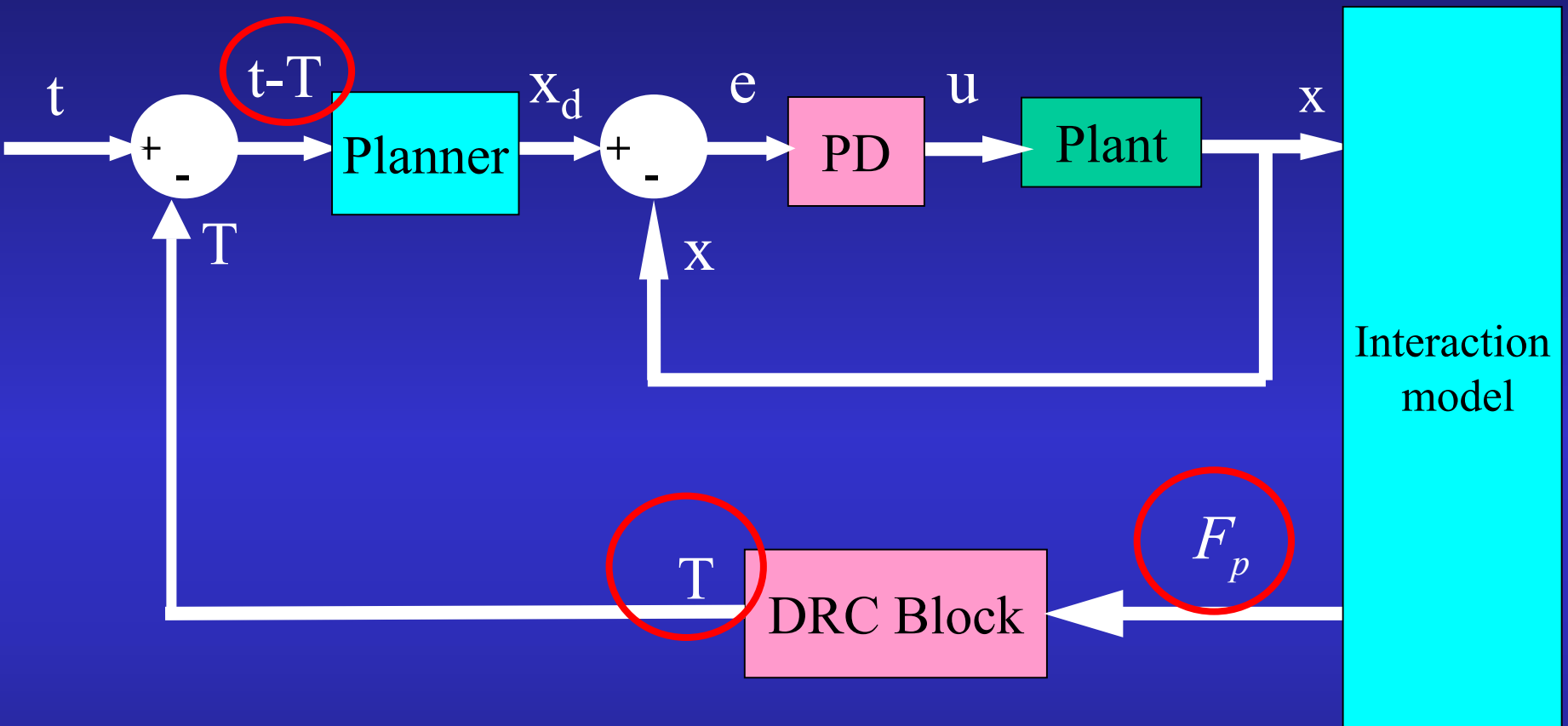
$$T = \int_0^t \alpha F_c(t) dt$$

α influenza forza di equilibrio

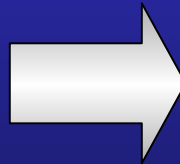
PD controlled system



PD controlled system + DRC block



Interazione: F_c



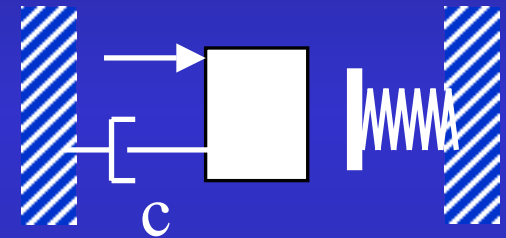
T ritarda il segnale di riferimento x_d

Effetti del DRC

(Dipendono dal tipo di interazione robot-ambiente)

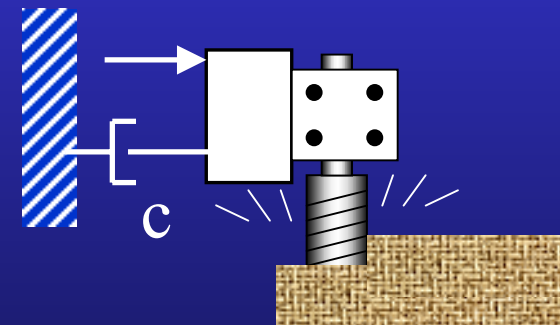
CASO 1

F_c dipende dalla posizione: $F_c = F_c(x)$



CASO 2

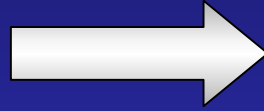
F_c dipende dalla velocità : $F_c = F_c(\dot{x})$



Interazione: F_c

Indice

Analisi del DRC



Machining

- Taglio EPS

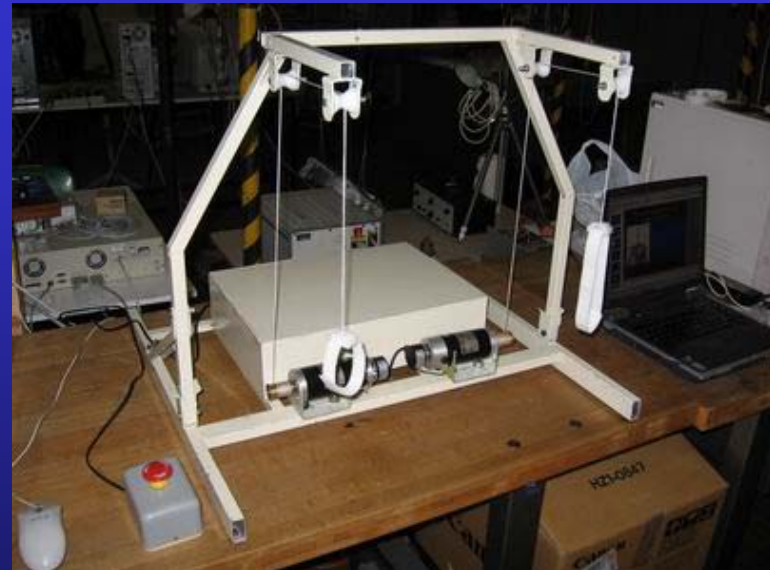
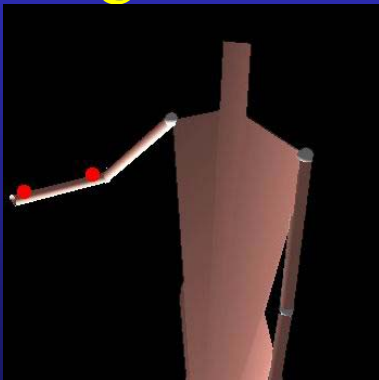


interazione
“elastica”

interazione
“viscosa”

Rehabilitation

- Prototipo 2gdl
- Registrazione Terapia



Interazione “elastica”

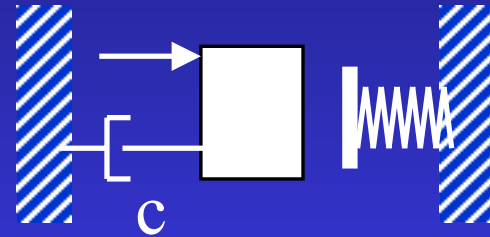
Rehabilitation

- Prototipo 2gdl
- Registrazione Terapia

Effetto del DRC

Interazione elastica

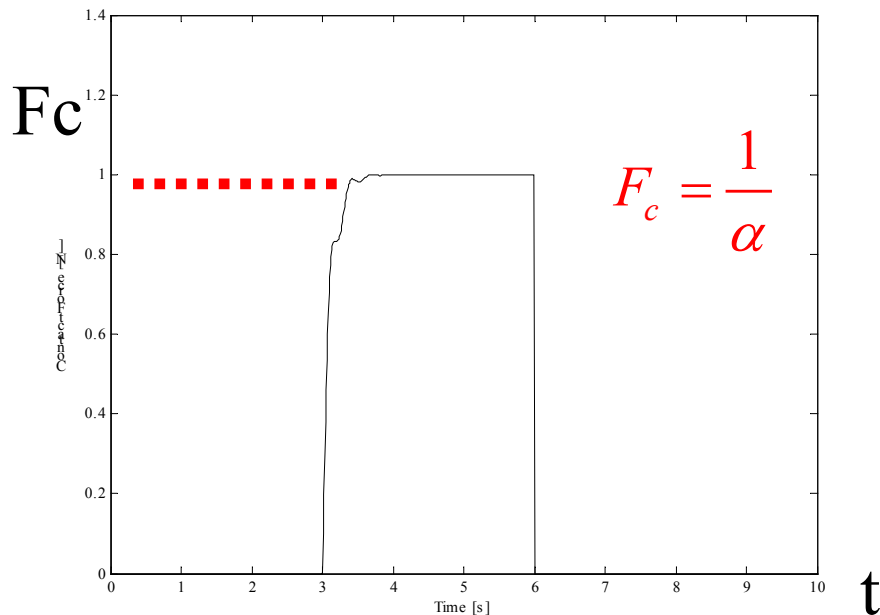
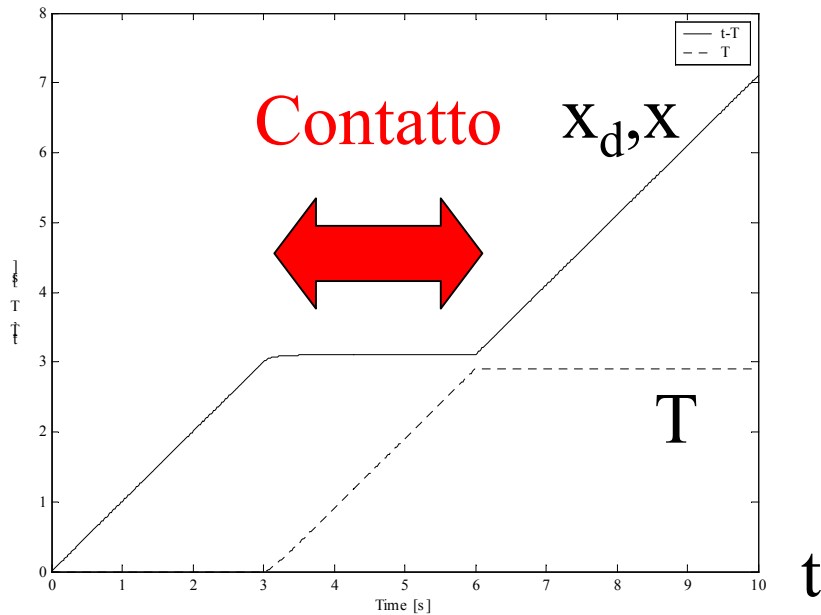
$$x_d(t-T) = \beta(t-T)$$



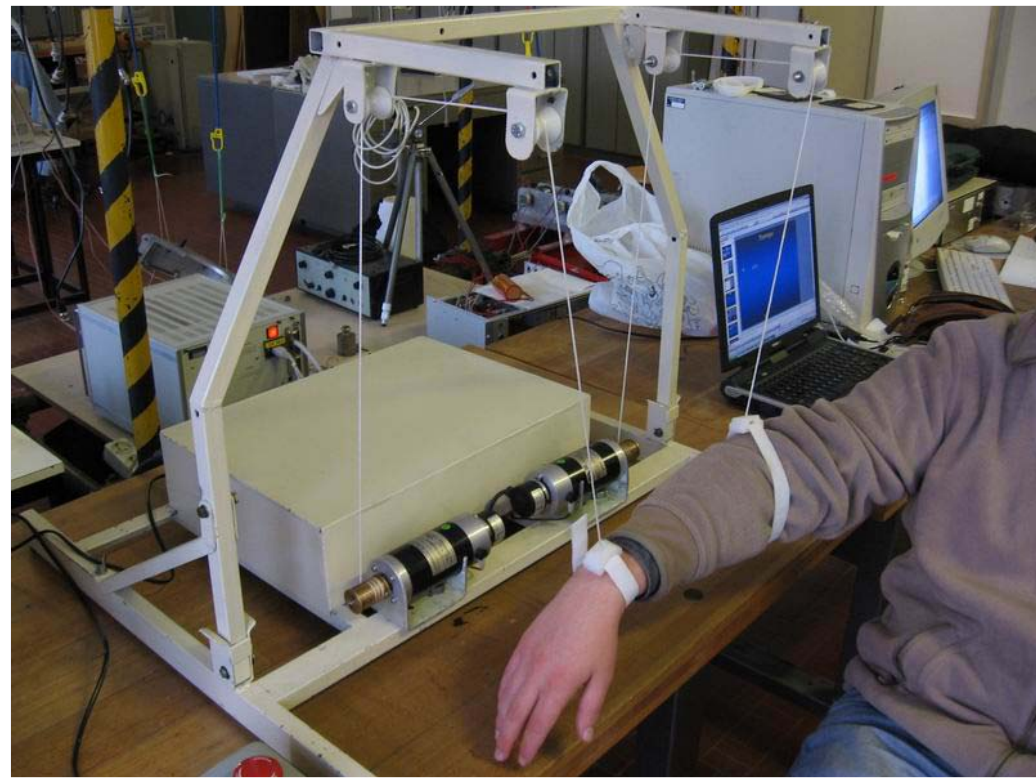
Durante il contatto

- T cresce
- $x_d(t-T) = \text{costante}$

$$F_c = 1/\alpha$$



Applicazione: prototipo macchina per riabilitazione, 2gdl

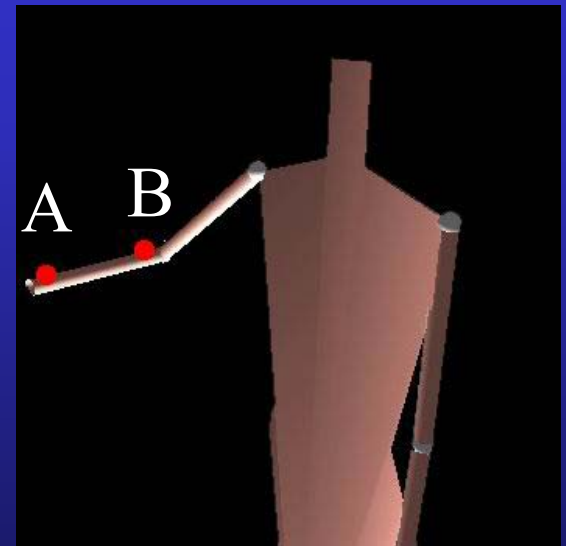
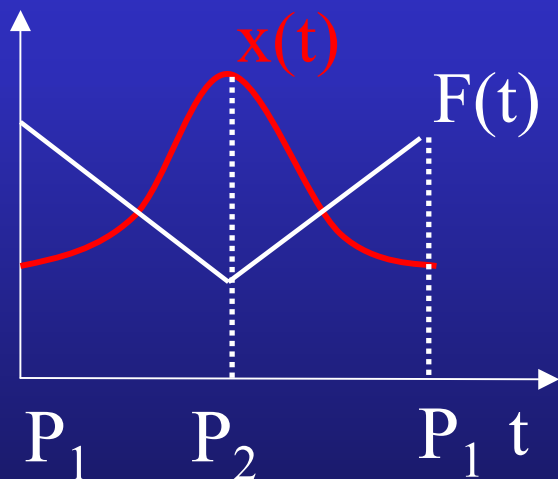


- Per la riabilitazione del braccio
- A fili (senso di restrizione ridotto)
- DRC (limitare la forza applicata al paziente)



Pianificazione della Traiettoria:

- Memorizzazione x_A, y_B nelle diverse posizioni
- Memorizzazione F_A, F_B nelle diverse posizioni
- Interpolazione cubica posizioni (x_A, x_B)
- Interpolazione lineare forze (F_A, F_B)

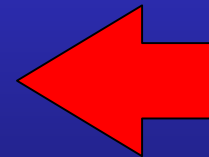


Risultati:

- Test preliminari condotti in collaborazione con la scuola di fisioterapia di Trieste
- Risultati incoraggianti

Sviluppi:

- Test clinici su pazienti
- Sistema di registrazione delle terapie



Sistema per registrazione delle terapie riabilitative

Motivazioni

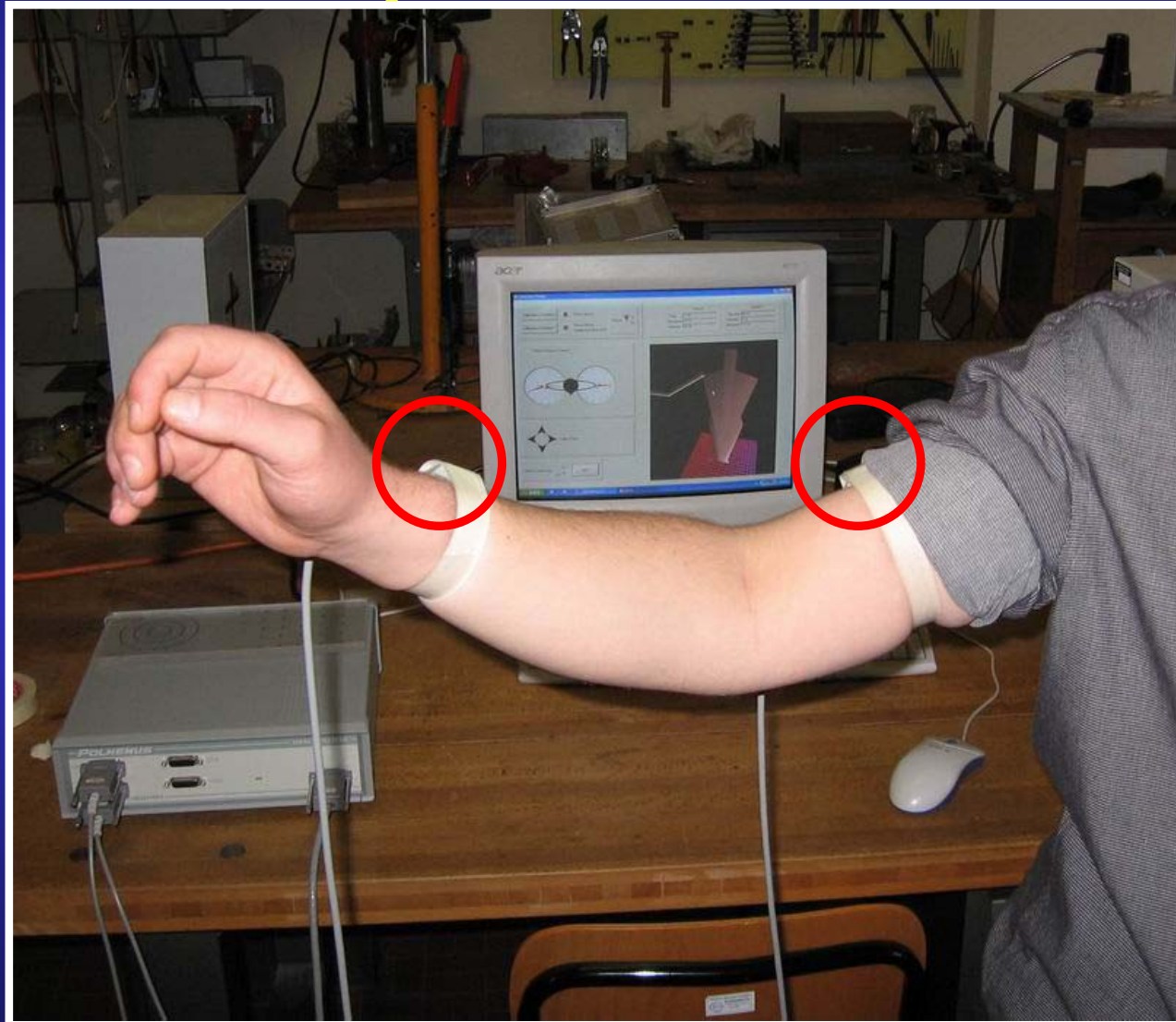
Acquisire dati numerici delle fisioterapie:
possibilità di registrare forze e posizione degli arti.

Strumenti

2 sensori a 6dof
Polhemus



Sistema per registrazione delle terapie riabilitative



Sistema per registrazione delle terapie riabilitative

The software interface, titled "Untitled Panel", is designed for recording rehabilitation therapy. It features several key components:

- Calibration and Arm Settings:** Two calibration buttons ("Calibrazione Posizione 0" and "Calibrazione Posizione 1") are on the left. The right side shows "Braccio disteso" (Arm extended) with a red square indicator and "Avambraccio flessa di 90°" (Forearm flexed 90°) with a red square indicator. A "Braccio" dropdown menu is set to "DX" (Right).
- Joint Angle Data:** Two data tables are present:
 - SPALLA (Shoulder):**

Piano	-3.71
Elevazione	-0.68
Rotazione	3.82
 - GOMITO (Elbow):**

Flessione	97.51
Rotazione	3.14
Abduzione	0.35
- Arm Plane Visualization:** A section titled "Piano in cui giace il braccio" (Plane in which the arm lies) contains two circular gauges with red needles, likely representing joint angles.
- Point of View:** A directional pad icon labeled "Point of View" allows for changing the camera perspective.
- Control and Exit:** A "Metal Compensation" toggle is set to "On", and a "QUIT" button is located at the bottom left of the main panel.
- 3D Model:** A 3D visualization of a hand and forearm is shown on a red grid floor, illustrating the current pose.

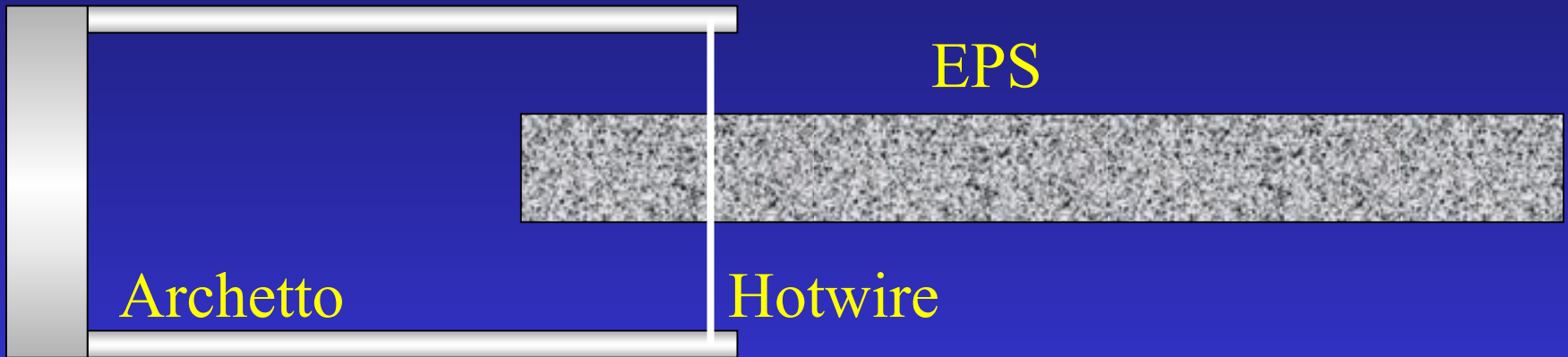
The Windows taskbar at the bottom shows the system is running on Windows XP, with the Start button, taskbar icons for "LabWindows/CVI", "Downloads", "The GIMP", "Livelli, Canali, T...", and "prova", and a system tray showing "IT" and the time "14.00".

Interazione “viscosa”

Machining

- Taglio EPS
- Sviluppi Futuri: DVRC

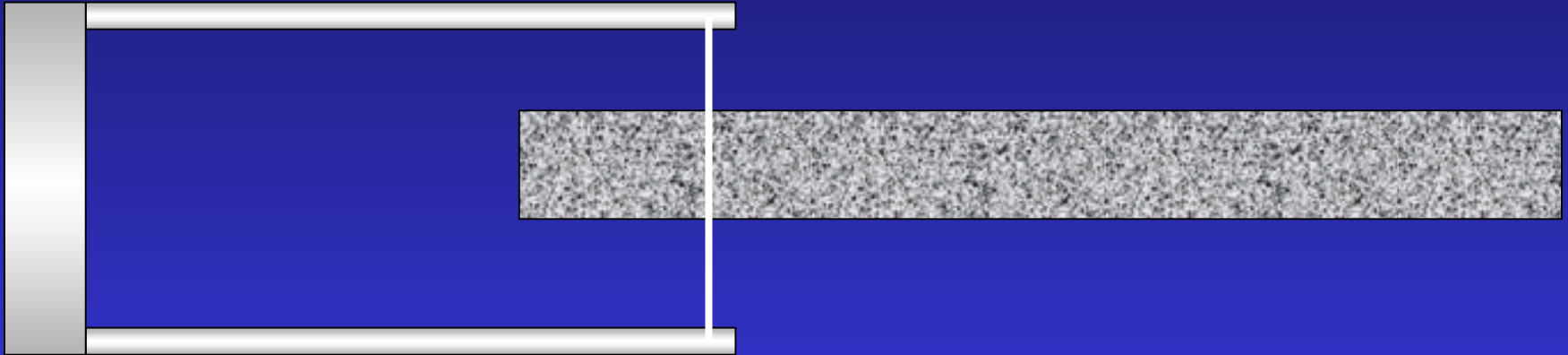
Applicazione DRC: taglio di EPS



Applicazioni:

- Produzione di contenitori
- Tecniche di prototipazione rapida

EPS Hotwire Cutting

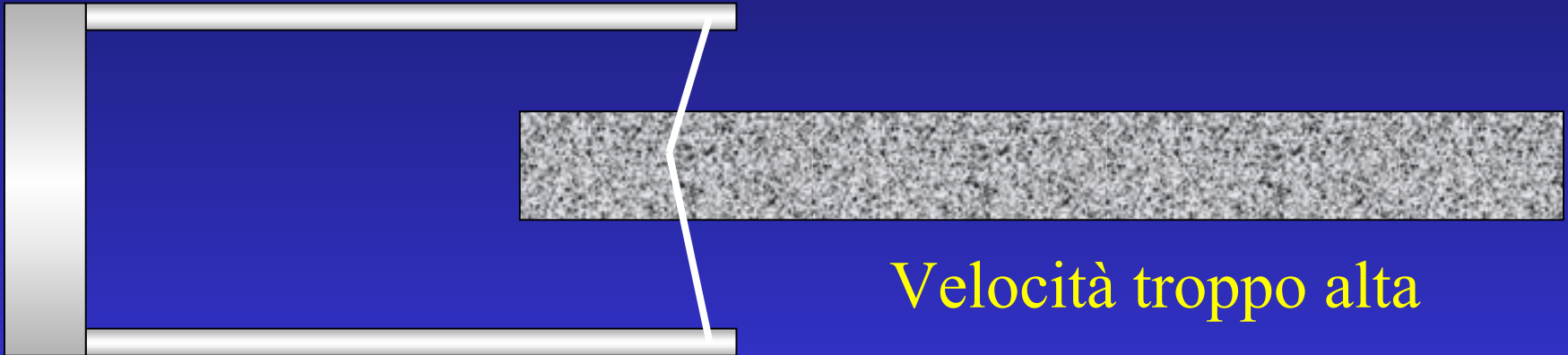


La qualità della superficie dipende da:

- Geometria del filo, lunghezza, tensione, materiale, temperatura
- Spessore EPS
- Velocità di avanzamento dell'utensile

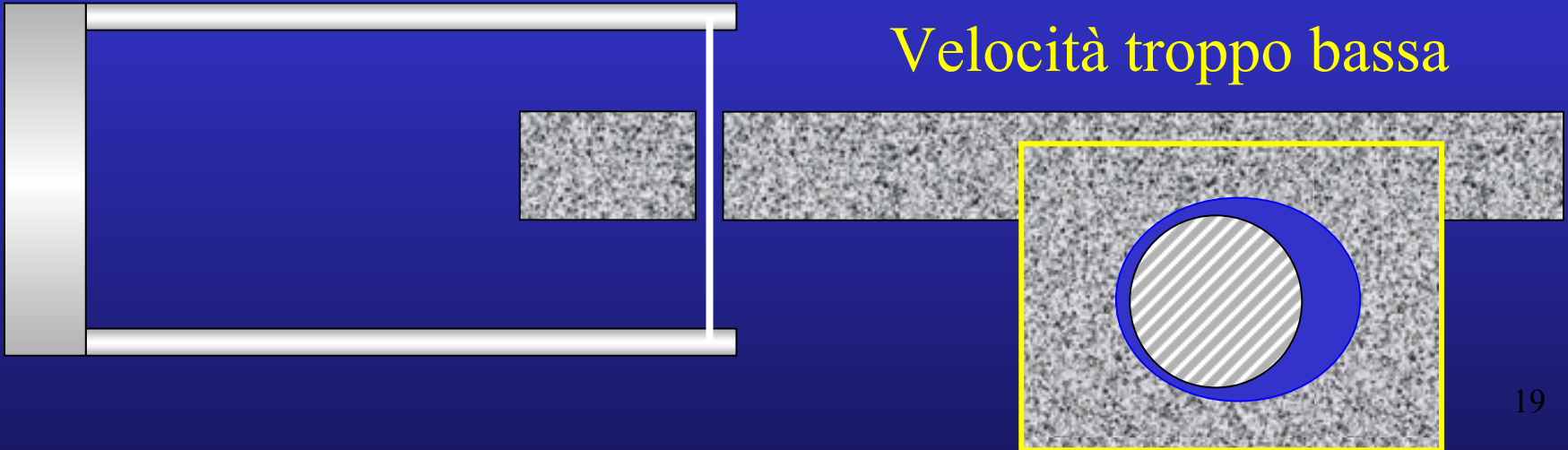


EPS Hotwire Cutting

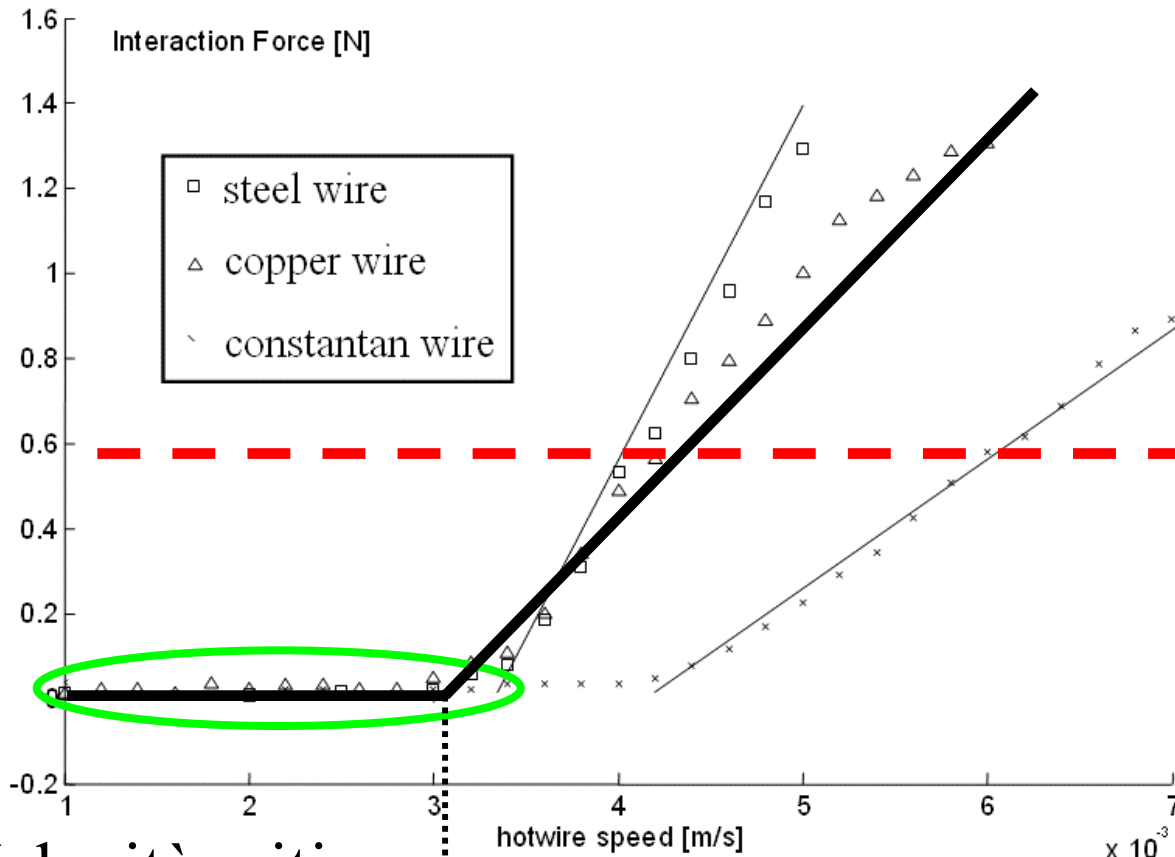


Esiste Forza di taglio ottima

Esiste una velocità ottima

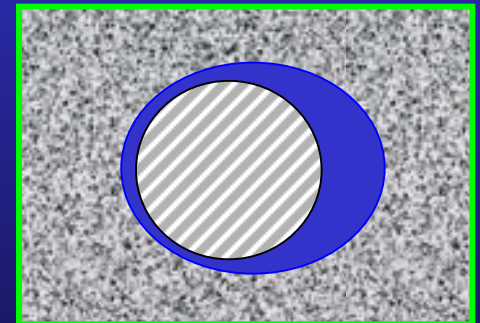


Force – Velocity relationship

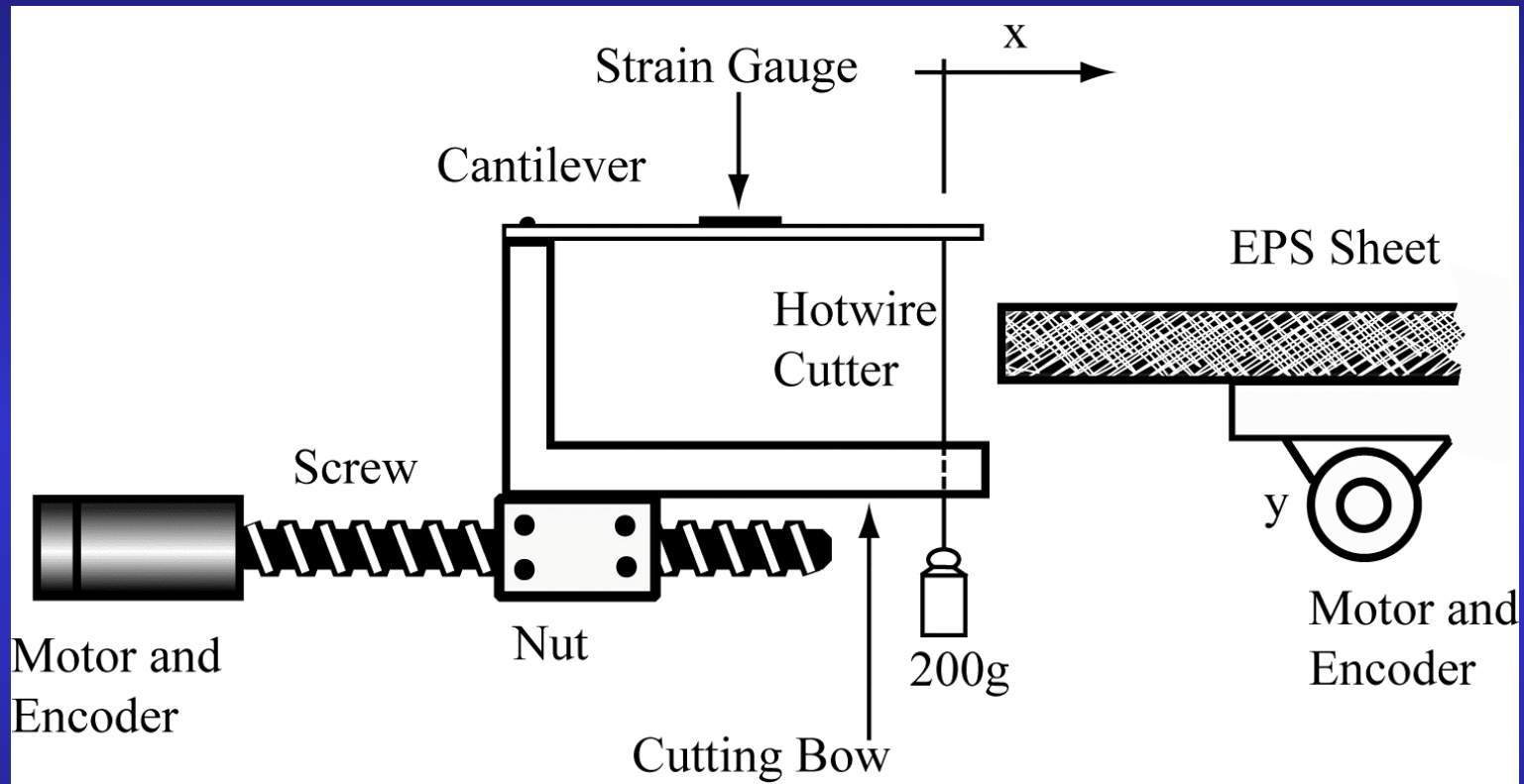


Forza "ottima"

$$F_p(\dot{x}) = \begin{cases} 0 & \text{if } \dot{x} \leq v_m \\ q_m + c_m \dot{x} & \text{if } \dot{x} > v_m \end{cases}$$

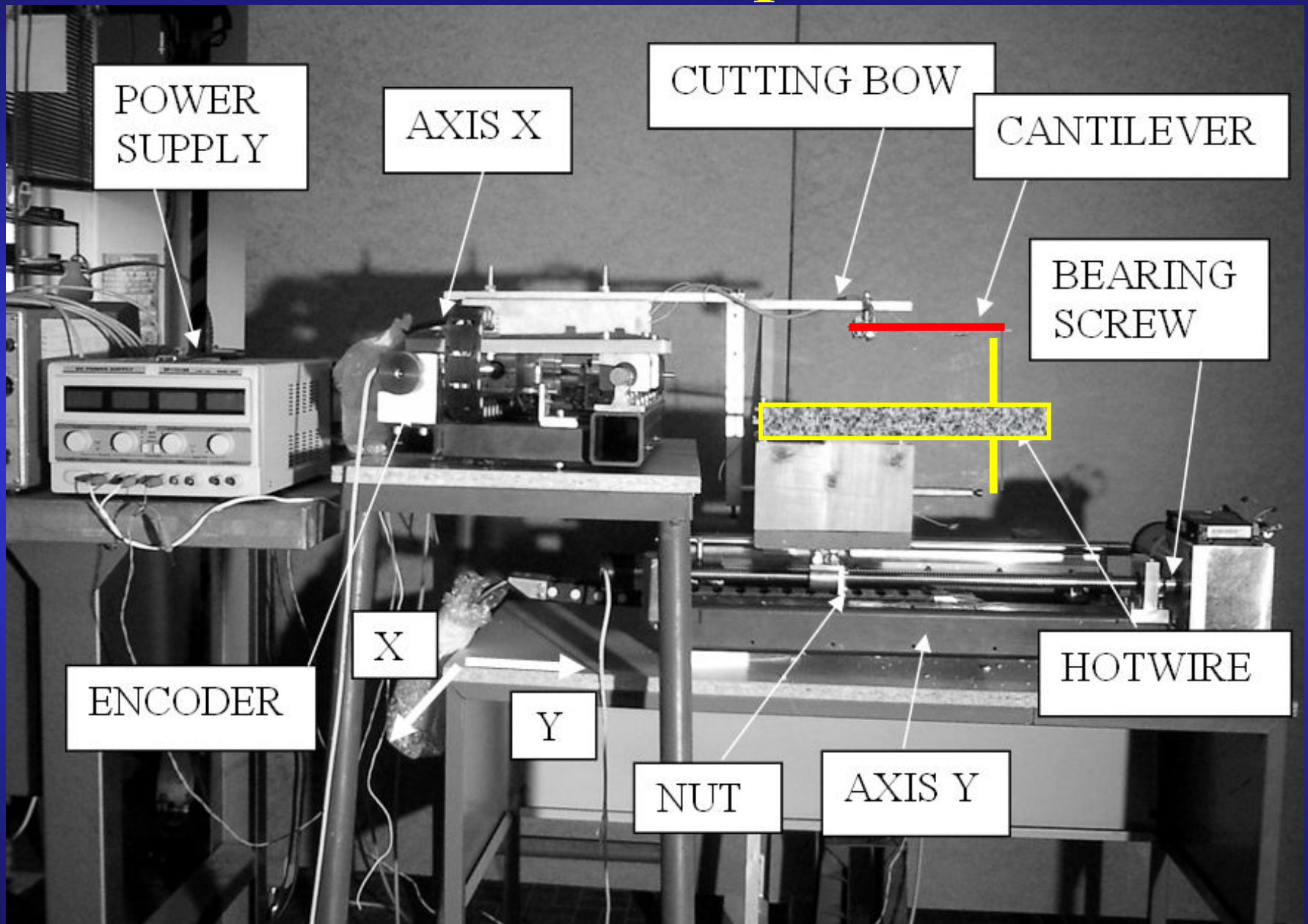


Schema del Test Setup



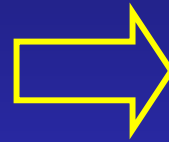
Esperimenti: filo caldo mosso verso il materiale con velocità pianificata β

Test Setup



Effetto del DRC

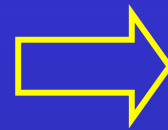
- Moto libero: $F_p(\dot{x}) = 0$



$$\dot{x} = \beta$$

velocità pianificata

- Fase di taglio: $F_p(\dot{x}) = q_m + c_m \dot{x}$

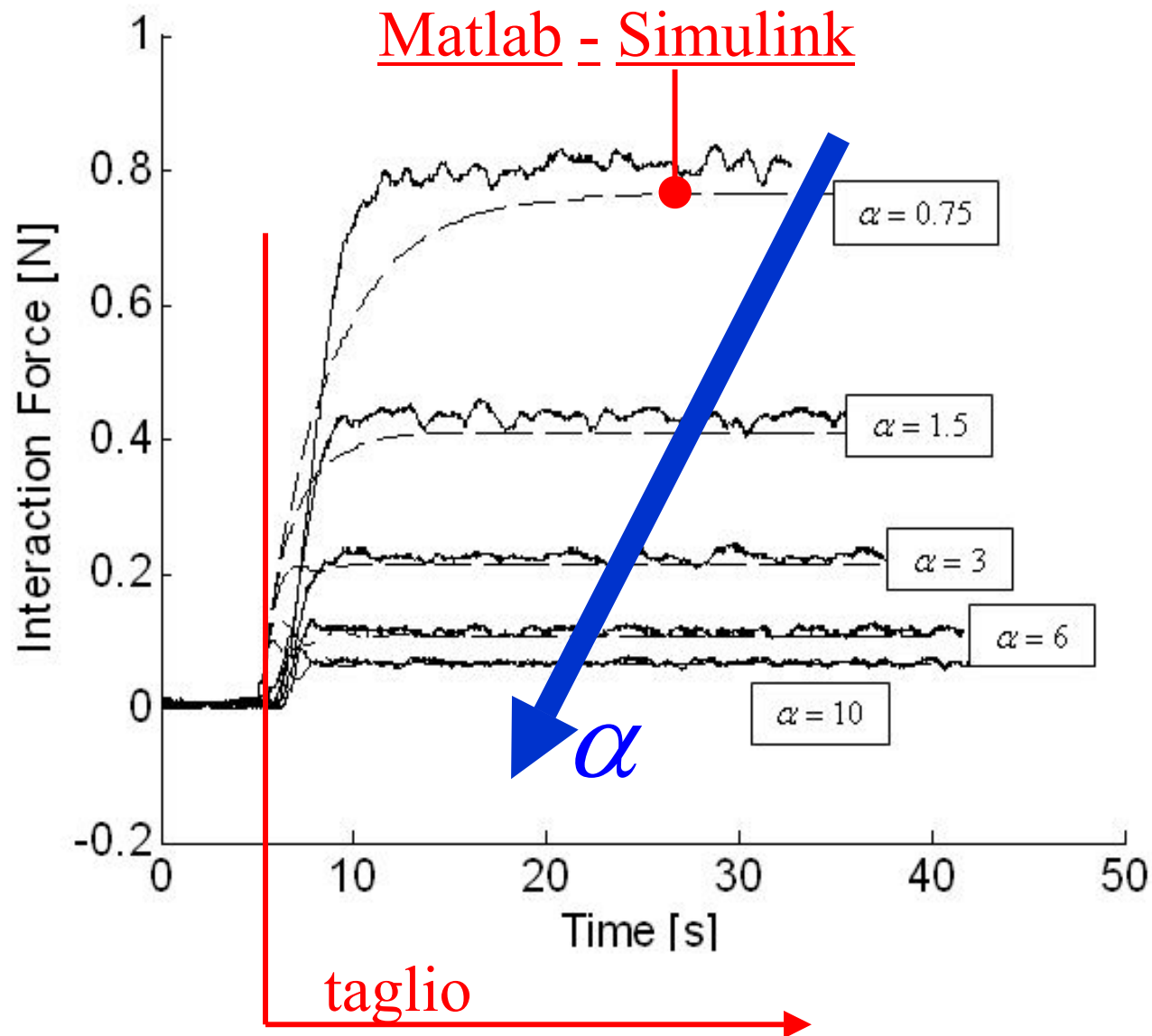


$$\dot{x}_{eq} = \frac{\beta(1 - \alpha q_m)}{1 + \beta \alpha c_m}$$

$$F_{eq} = F_p(\dot{x}_{eq}) = \frac{1 + q_m / (c_m \beta)}{\alpha + 1 / (c_m \beta)}$$

DRC limita la
forza di taglio

Test Sperimentali



Difetto :

- La forza di equilibrio dipende da α e dai parametri che identificano la relazione F-v.

$$F_{eq} = \frac{1 + q_m / (c_m \beta)}{\alpha + 1 / (c_m \beta)}$$

Sviluppi Futuri:

- Studio di un DRC che consente di settare la forza di equilibrio con un solo parametro, indipendentemente dalla relazione F-v
(DVRC ?)

Papers

L. Bregant, P. Gallina, P. Pascutto, “Delayed Reference Control (DRC) applied to robotic interaction tasks”, IASME 2004, Udine

L. Bregant, P. Gallina, P. Pascutto, “Force control systems for robot-assisted rehabilitation”, ROBTEP 2004, Vyšné Ružbachy, 19. - 21. 5. 2004

P. Gallina, P. Pascutto, R. Mosca, “OPTIMIZED HOTWIRE CUTTING ROBOTIC SYSTEM FOR EXPANDABLE POLYSTYRENE FOAM”, AMST’05, Udine.

P. Pascutto, P. Gallina, L. Bregant, "Implementation of a DRC (Delayed Reference Control) for Robot-Assisted Rehabilitation", IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering

Tecniche di controllo di forza di tipo “Non Time Based”

Dottorando: Paolo Pascutto¹

Tutore: prof. Aldo Rossi²
Co-tutore: prof. Paolo Gallina¹

¹ Dip. di Meccanica Applicata, Università di Trieste, Via A. Valerio 10 - 34127, TS;
pgallina@units.it Tel: +39 (040) 558 2540.
pascutto@libero.it

² Dip. di Meccanica Applicata, Università di Padova