



POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

ELASTODINAMICA DEI TUBI COLLASSABILI

Relatori:

Carlo Vincenzo CAMPOREALE

Luca RIDOLFI

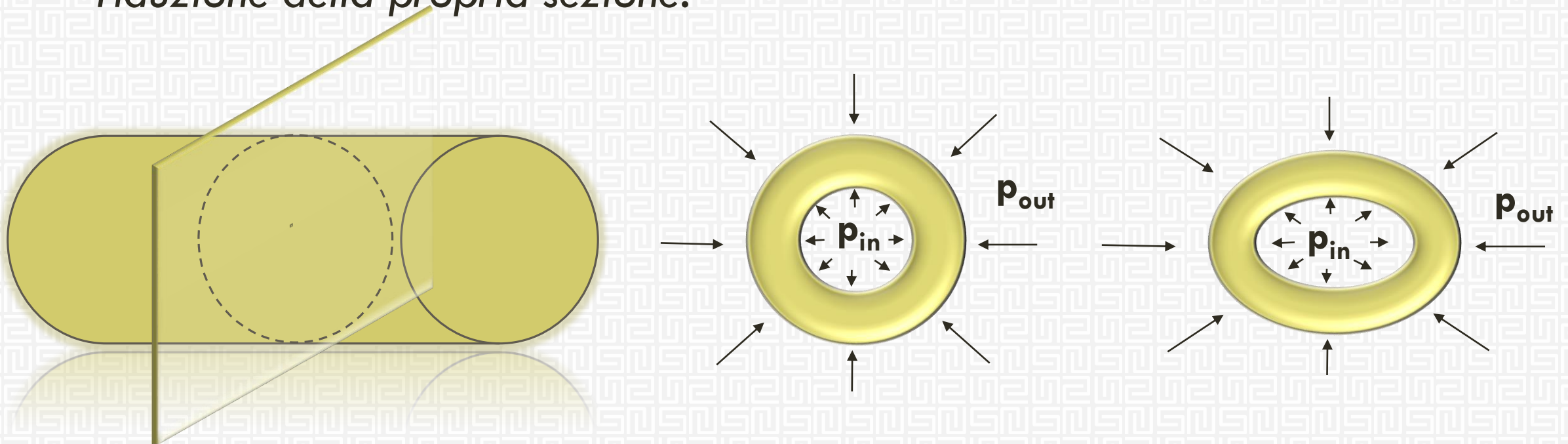
Stefania SCARSOGLIO

Candidata:

Emanuela SIUNI

TUBI COLLASSABILI

- Il **tubo collassabile** è un condotto costituito da materiale elastico (es. lattice), il quale, se sottoposto a una pressione esterna p_{out} maggiore rispetto a quella interna p_{in} , subisce un processo di deformazione e riduzione della propria sezione.



CAMPI DI APPLICAZIONE DEI TUBI COLLASSABILI

INGEGNERIA
MECCANICA

INGEGNERIA
CIVILE
IDRAULICA

INGEGNERIA
BIOMEDICA

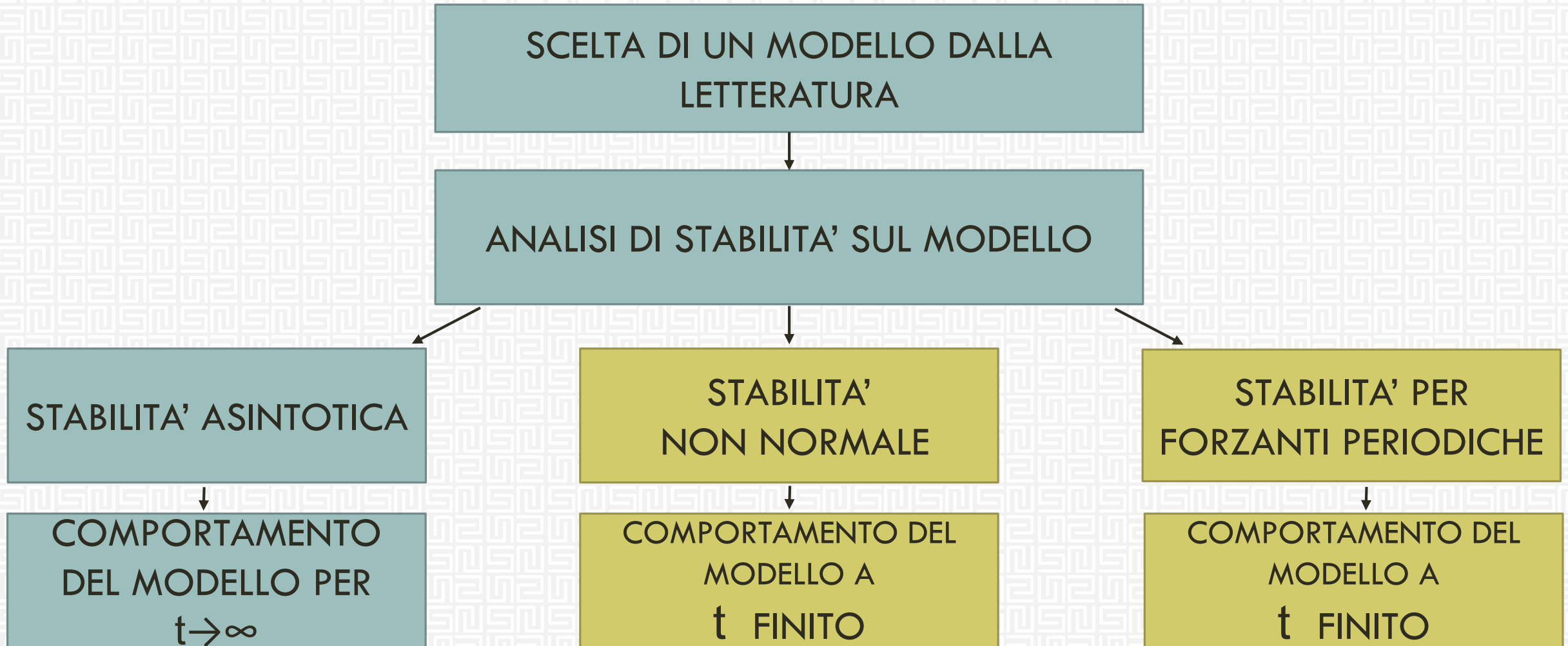
COMPONENTI DI SISTEMI
MECCANICI:

- IMPIANTI IDROELETTRICI
- PRODUZIONI INDUSTRIALI

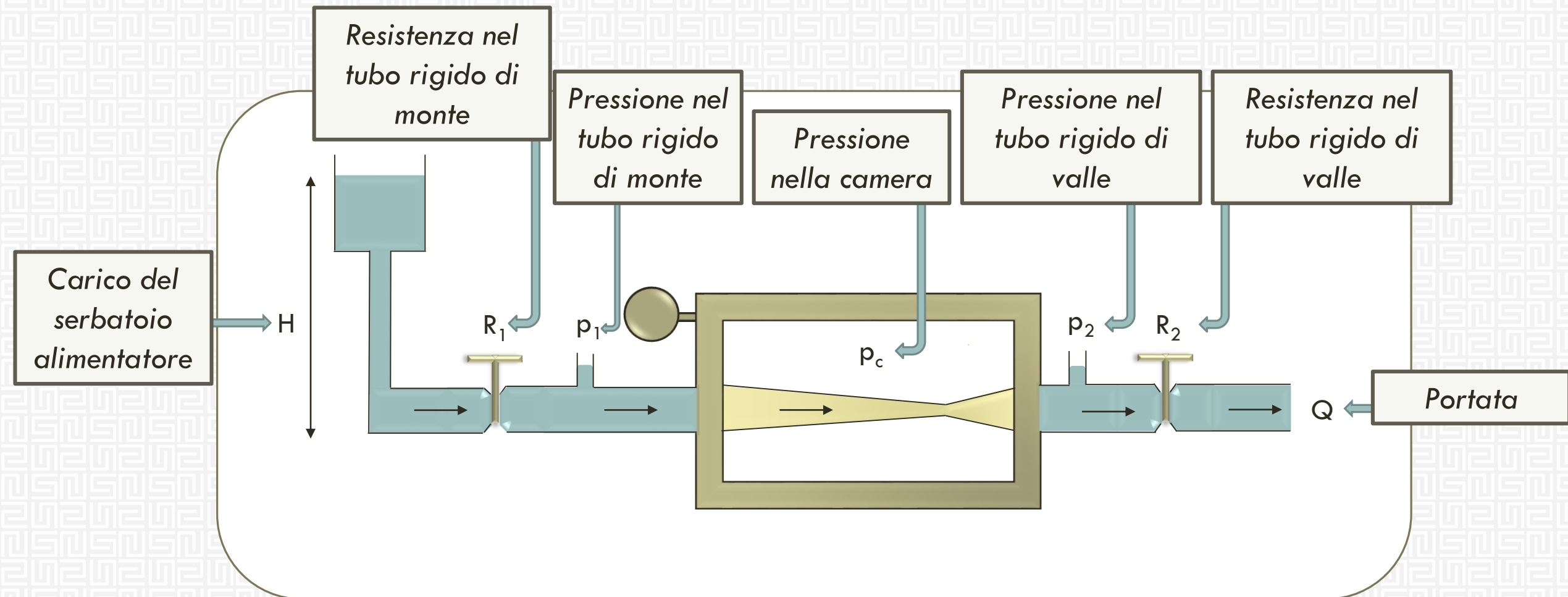
APPLICAZIONI FISILOGICHE:

- APPARATO CARDIO-CIRCOLATORIO
- SISTEMA RESPIRATORIO
- SISTEMA INTESTINALE E URO-GENITALE

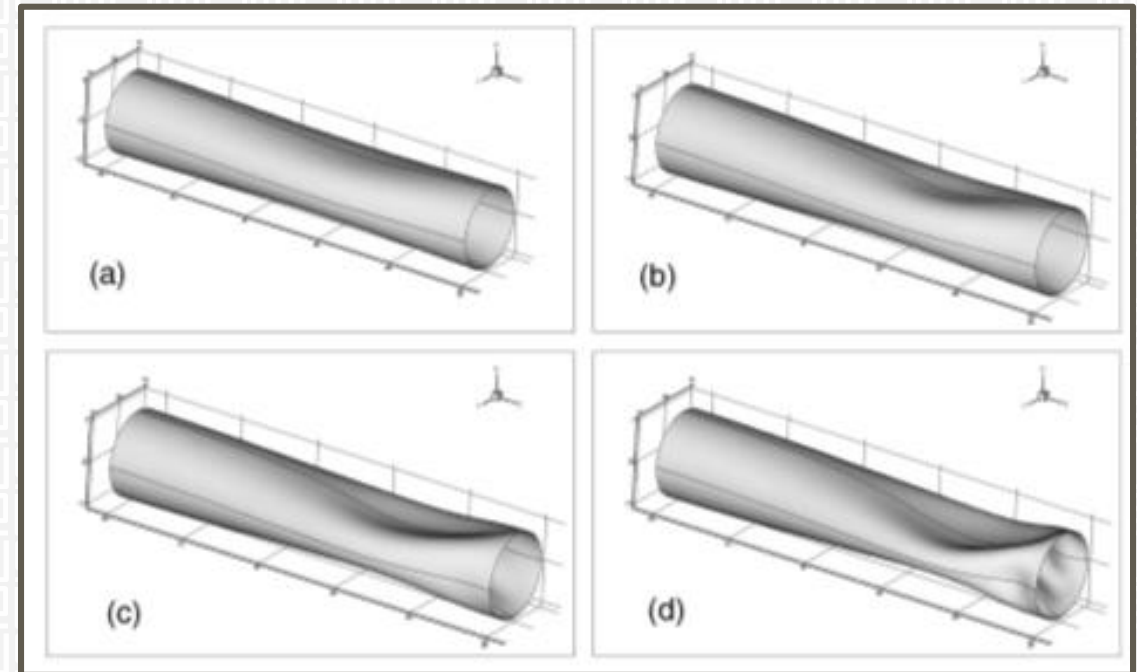
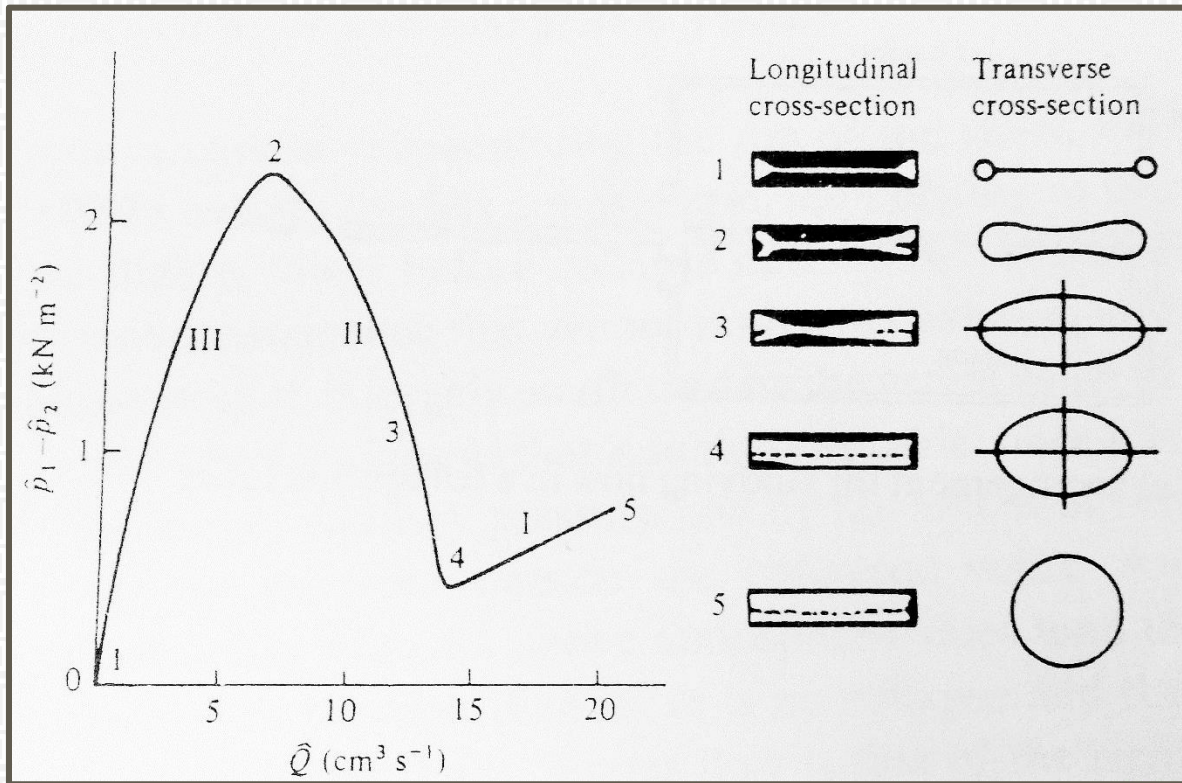
OBIETTIVI DELLA TESI



EVIDENZE SPERIMENTALI-IL RESISTORE DI STARLING



EVIDENZE SPERIMENTALI



Differenza di pressione attraverso il segmento collassabile in funzione della portata.

Evoluzione tridimensionale dell'aspetto del tubo collassante

EVIDENZE SPERIMENTALI - OSCILLAZIONI



EVIDENZE SPERIMENTALI - OSCILLAZIONI

IL SISTEMA NON RAGGIUNGE UNA **CONDIZIONE DI EQUILIBRIO STABILE**

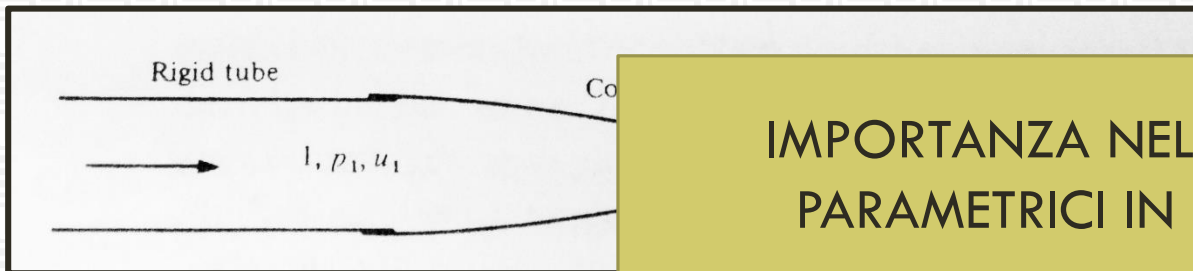
POSSIBILE COMPARSA DI **OSCILLAZIONI**

DISTACCO DELLA VENA FLUIDA A VALLE DEL RESTRINGIMENTO

DISSIPAZIONE DI ENERGIA

GETTO ASIMMETRICO

LA SUPERFICIE DEL TUBO NON PUO' AUMENTARE O DIMINUIRE INDEFINITAMENTE



IMPORTANZA NELLA DEFINIZIONE DI INTERVALLI PARAMETRICI IN CUI L'**EQUILIBRIO E' STABILE**

LUMPED PARAMETER MODEL DI PEDLEY, 1978

SISTEMA DI EQUAZIONI DIFFERENZIALI DI TERZO ORDINE



SEMPlicità' DI FORMULAZIONE

VANTAGGI:

- AGEVOLAZIONE NELL'APPLICAZIONE DI RIGOROSI METODI MATEMATICI
- MOLTI COMPORTAMENTI INTERESSANTI VENGONO OSSERVATI UGUALMENTE
- IPOTESI SEMPLIFICATIVE

SVANTAGGI:

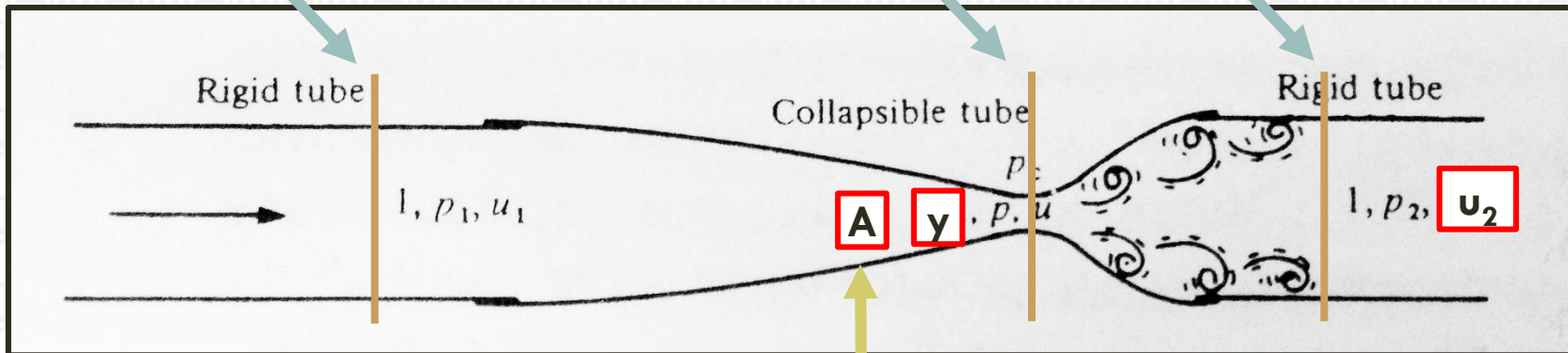
- PERDITA DI INFORMAZIONI
- POCHI PARAMETRI DESCRIVONO PIU' CARATTERISTICHE

CARATTERISTICHE DEL MODELLO (PEDLEY, 1978)

SEZIONE NEL TUBO
RIGIDO A MONTE

SEZIONE NEL PUNTO DI
MASSIMA COSTRIZIONE

SEZIONE NEL TUBO
RIGIDO A VALLE



VARIABILI PRINCIPALI:

- A , AREA NEL PUNTO DI MASSIMA COSTRIZIONE;
- $y = \frac{dA}{dt}$;
- u_2 , VELOCITA' NEL TUBO RIGIDO DI VALLE.

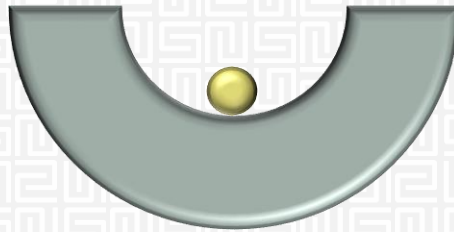
AREA NEL PUNTO DI
MASSIMA COSTRIZIONE

CARATTERIZZAZIONE COMPLETA
DELLA **GEOMETRIA DEL TUBO**
COLLASSABILE

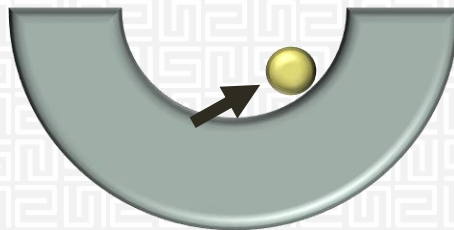
CARATTERIZZAZIONE COMPLETA
DEL **COMPORAMENTO ELASTICO**
DEL TUBO **COLLASSABILE**

STUDIO DELLA STABILITA' ASINTOTICA

EQUILIBRIO STABILE



CONFIGURAZIONE
INIZIALE

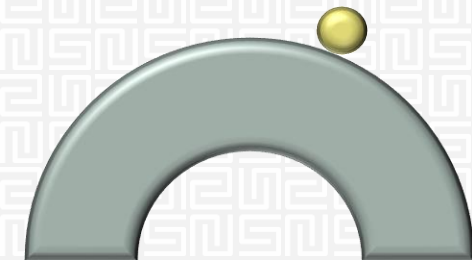
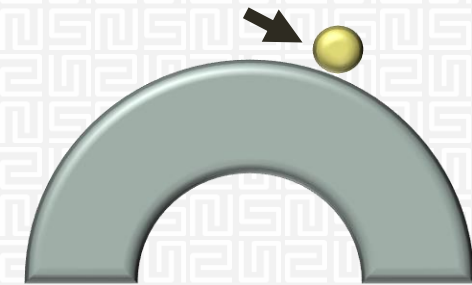
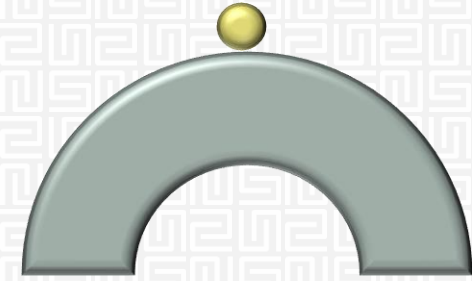


PERTURBAZIONE



CONFIGURAZIONE A
TEMPO INFINITO

EQUILIBRIO INSTABILE



STUDIO DELLA STABILITA' ASINTOTICA

**LUMPED
PARAMETER
MODEL
(PEDLEY 1978)**

BASIC STATE:

$$\begin{aligned} A &\rightarrow A_0 \\ y &\rightarrow 0 \\ u_2 &\rightarrow Q_0 \end{aligned}$$

PERTURBAZIONI:

$$\begin{aligned} A &= A_0 + a' e^{\sigma t} \\ y &= y' e^{\sigma t} \\ u_2 &= Q_0 + u_2' e^{\sigma t} \end{aligned}$$

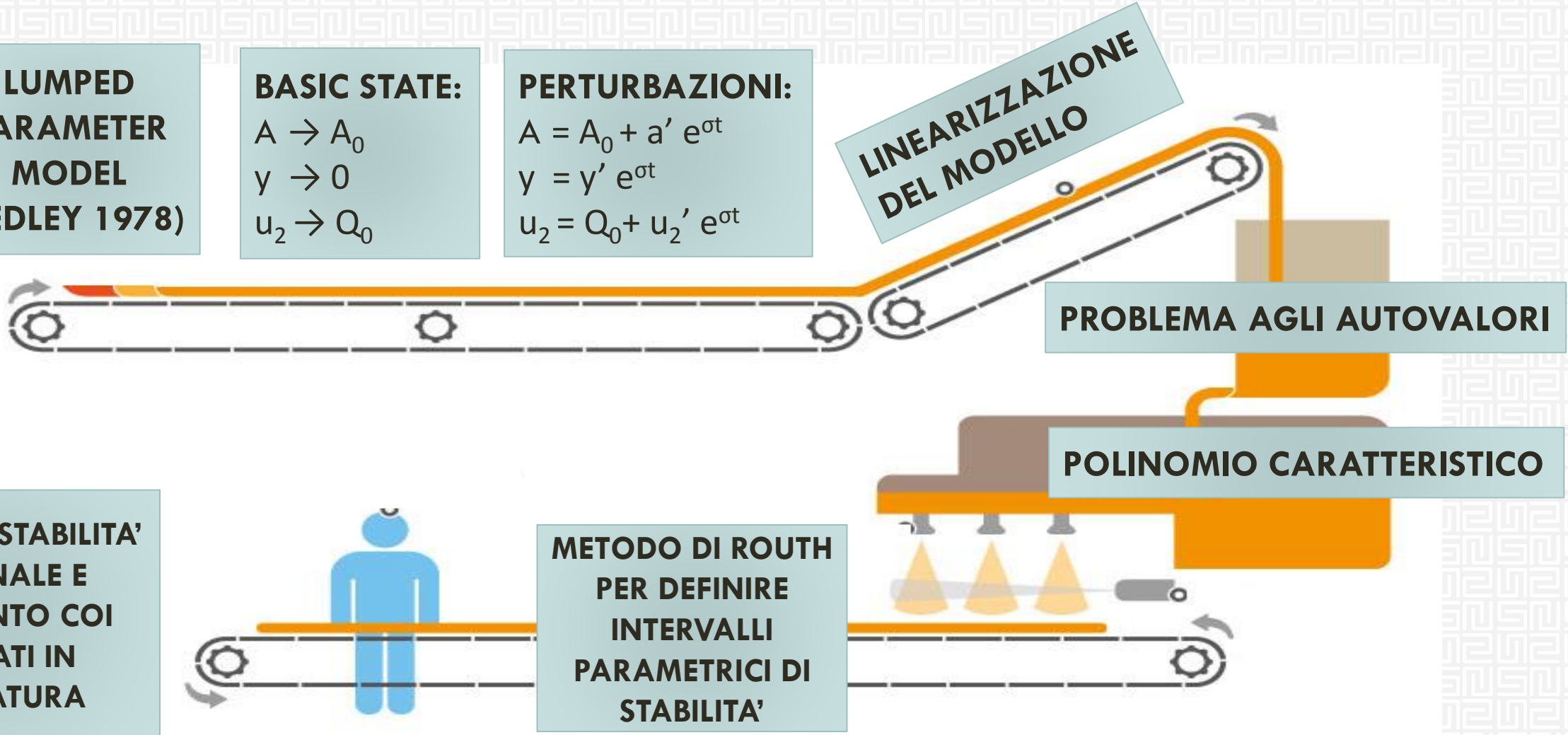
**LINEARIZZAZIONE
DEL MODELLO**

PROBLEMA AGLI AUTOVALORI

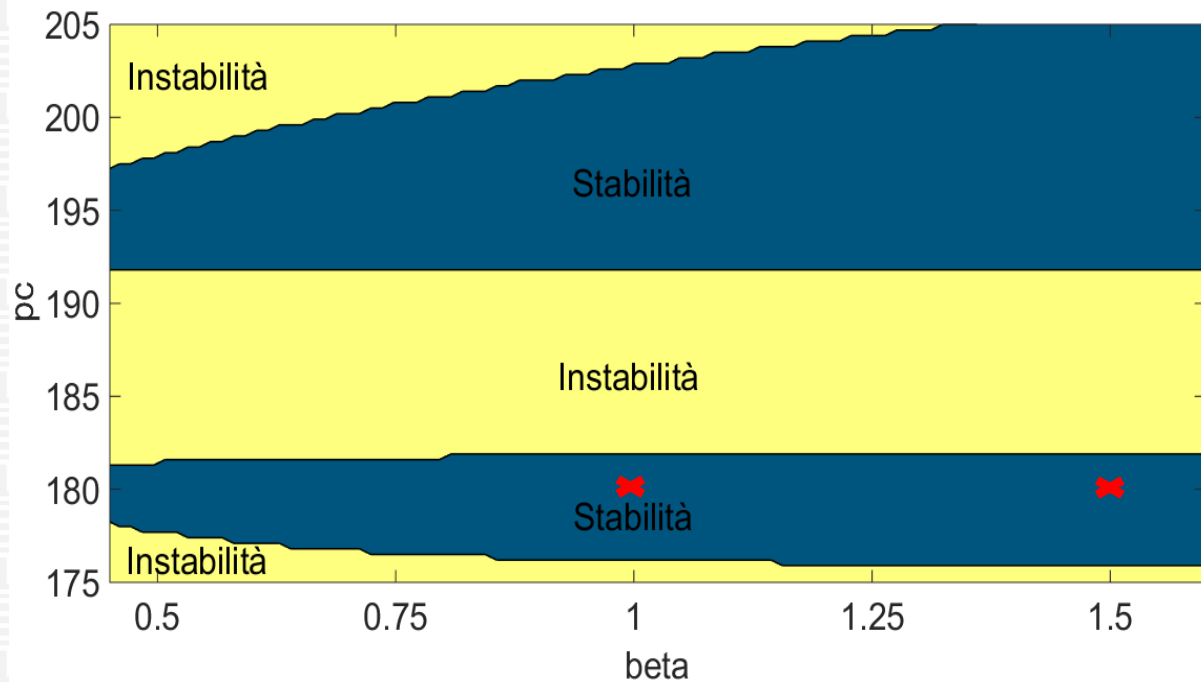
POLINOMIO CARATTERISTICO

**GRAFICI DI STABILITA'
MARGINALE E
CONFRONTO COI
RISULTATI IN
LETTERATURA**

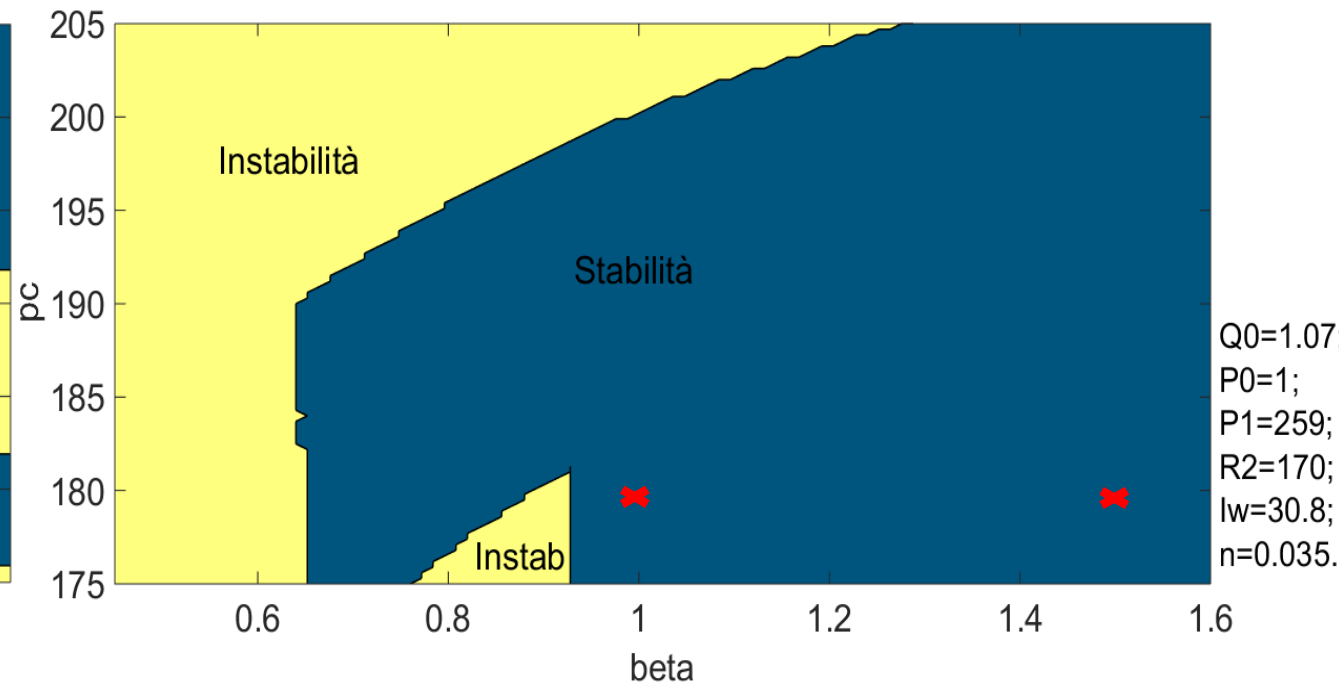
**METODO DI ROUTH
PER DEFINIRE
INTERVALLI
PARAMETRICI DI
STABILITA'**



GRAFICI DI STABILITÀ MARGINALE



**LUMPED PARAMETER MODEL
ORIGINALE**



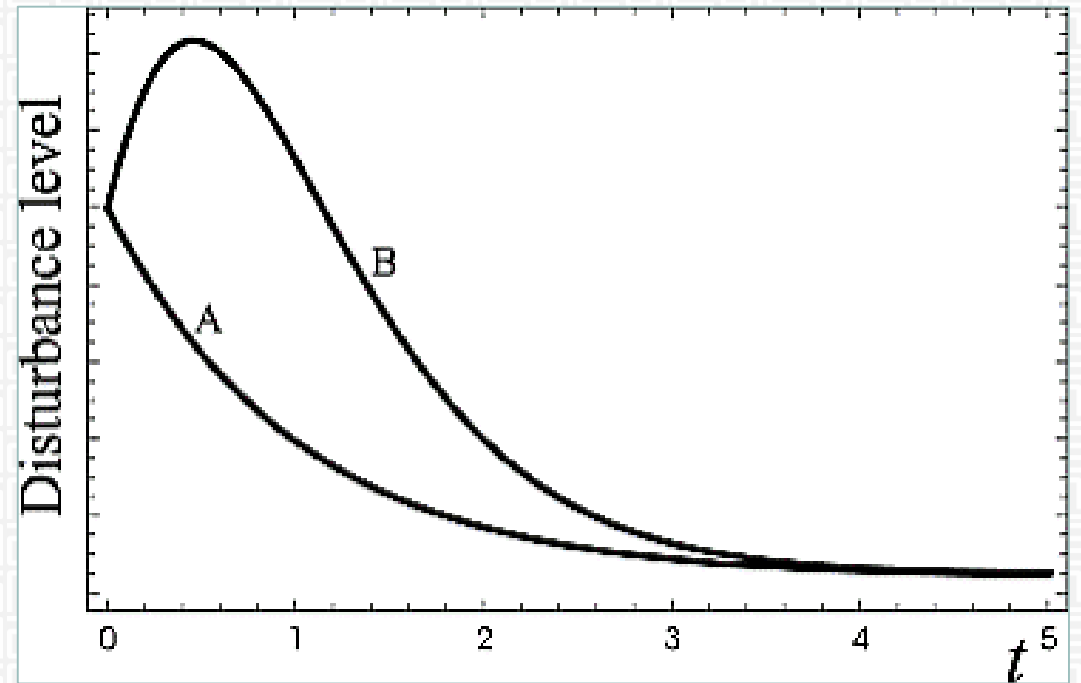
**LUMPED PARAMETER MODEL
CON INERZIA E CARATTERISTICHE
VISCOELASTICHE**

STUDIO DELLA STABILITÀ NON NORMALE

**INDAGINE SULLA STABILITÀ
DEL MODELLO PER TEMPI FINITI,
SPESSO PIU' RAPPRESENTATIVI**

**NON NORMALITÀ
DEGLI OPERATORI DIFFERENZIALI**

**CRESCITE TRANSITORIE
NELLE PERTURBAZIONI PER TEMPI FINITI**



STUDIO DELLA STABILITÀ NON NORMALE

VANTAGGI:



```
graph TD; A[VANTAGGI:] --> B[IDENTIFICAZIONE DI INTERVALLI TEMPORALI IN CUI SI PASSA DA STABILITA' A INSTABILITA' A CAUSA DELLE CRESCITE TRANSITORIE]; A --> C[LE CRESCITE TRANSITORIE POSSONO VERIFICARSI PER TEMPI COMPARABILI CON QUELLI DI INTERESSE NELLO STUDIO DEL PROBLEMA]; A --> D[LE CRESCITE TRANSITORIE SONO DESCRITTE DA UN MECCANISMO LINEARE, NON E' NECESSARIO CONSIDERARE NON LINEARITA'];
```

IDENTIFICAZIONE DI
INTERVALLI TEMPORALI IN CUI
SI PASSA
DA STABILITA' A INSTABILITA'
A CAUSA DELLE CRESCITE
TRANSITORIE

LE CRESCITE TRANSITORIE
POSSONO VERIFICARSI PER
TEMPI COMPARABILI CON
QUELLI DI **INTERESSE NELLO**
STUDIO DEL PROBLEMA

LE CRESCITE TRANSITORIE
SONO DESCRITTE DA UN
MECCANISMO LINEARE,
NON E' NECESSARIO
CONSIDERARE NON
LINEARITA'

STUDIO DELLA STABILITÀ NON NORMALE

ENERGIA TOTALE:

- EN. CINETICA FLUIDO
- EN. POTENZIALE FLUIDO
- EN. CINETICA TUBO

PERTURBAZIONE:

$$A = A_0 + a' e^{\sigma t}$$
$$y = y' e^{\sigma t}$$
$$u_2 = Q_0 + u_2' e^{\sigma t}$$

SVILUPPO IN SERIE DI
TAYLOR ARRESTATO AL
2° ORDINE

CAMBIO DI VARIABILI
PER RICONDURSI ALLA
NORMA-2
DELL'ENERGIA

INDIVIDUAZIONE DI
EVENTUALI
CRESCITE
TRANSITORIE

STUDIO DEL
GRADO DI NON
NORMALITA'



RISULTATI SULLA STABILITA' NON NORMALE

MATRICE
IN STUDIO:
DIAGONALE

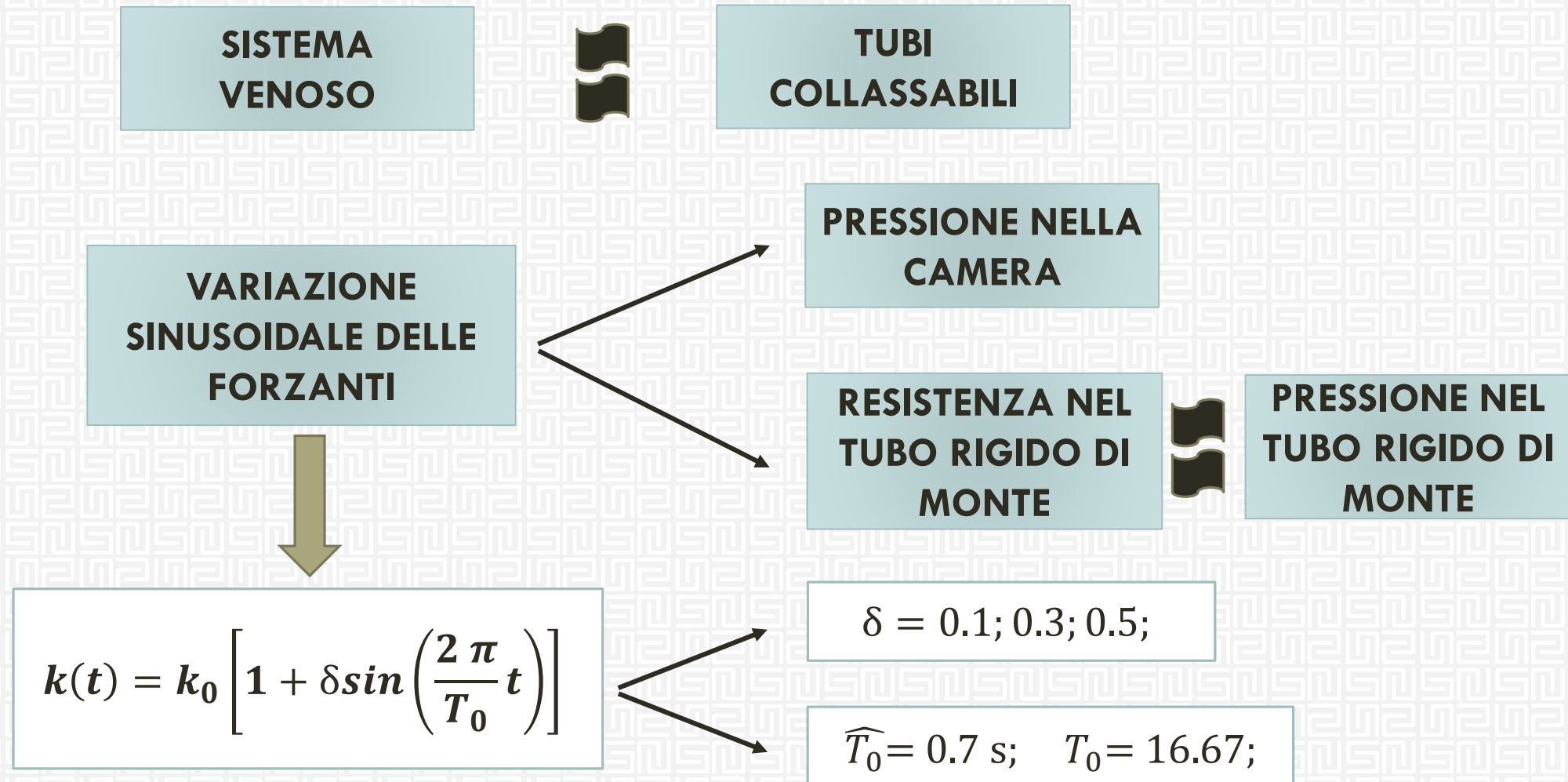
LUMPED PARAMETER MODEL ORIGINALE

LUMPED PARAMETER MODEL CON INERZIA
E CARATTERISTICHE VISCOELASTICHE

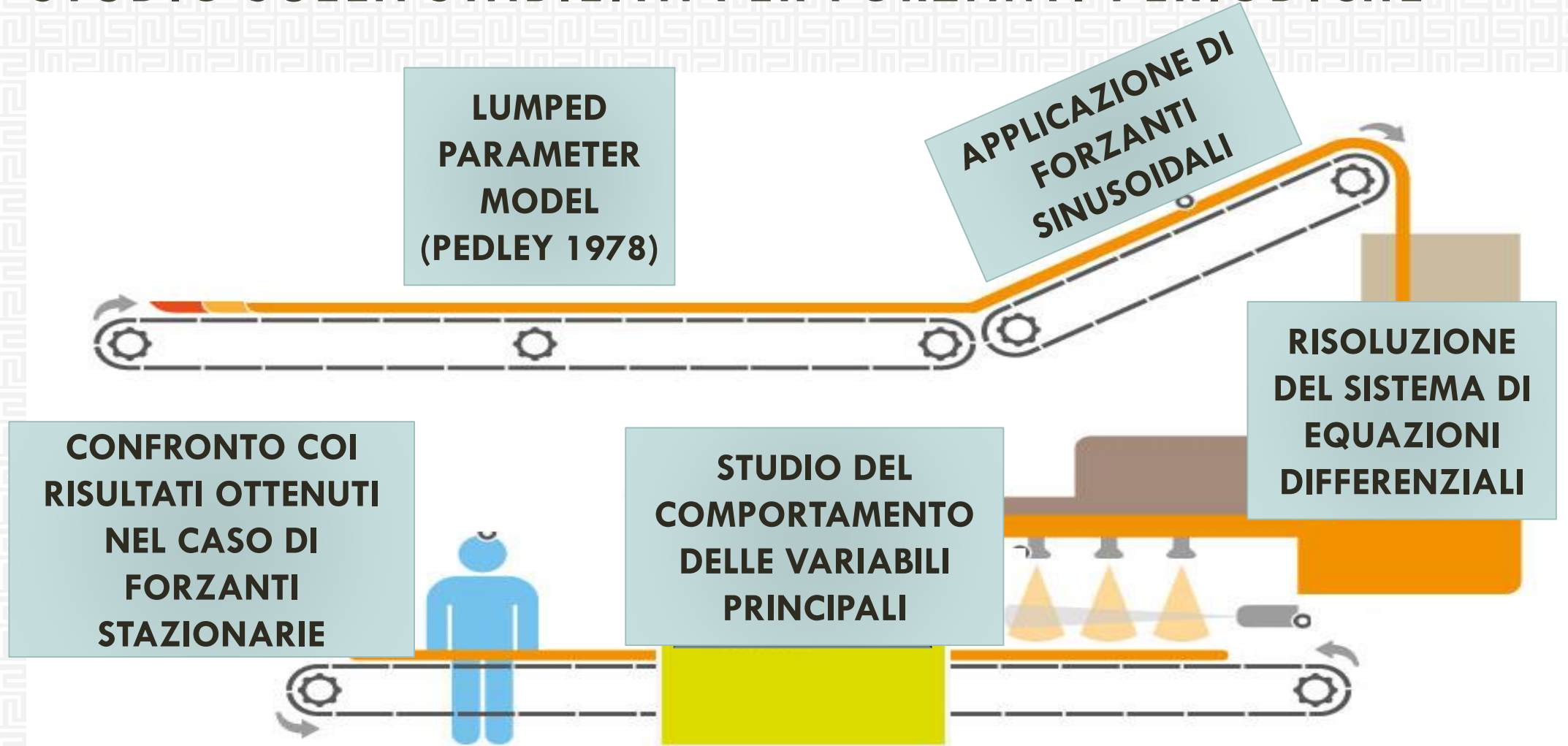
↓
SIGNIFICATO

PER IL PRESENTE MODELLO
**NON SONO RISCONTRABILI CRESCITE TRANSITORIE
NELLE ZONE IN CUI L'EQUILIBRIO E' STABILE**

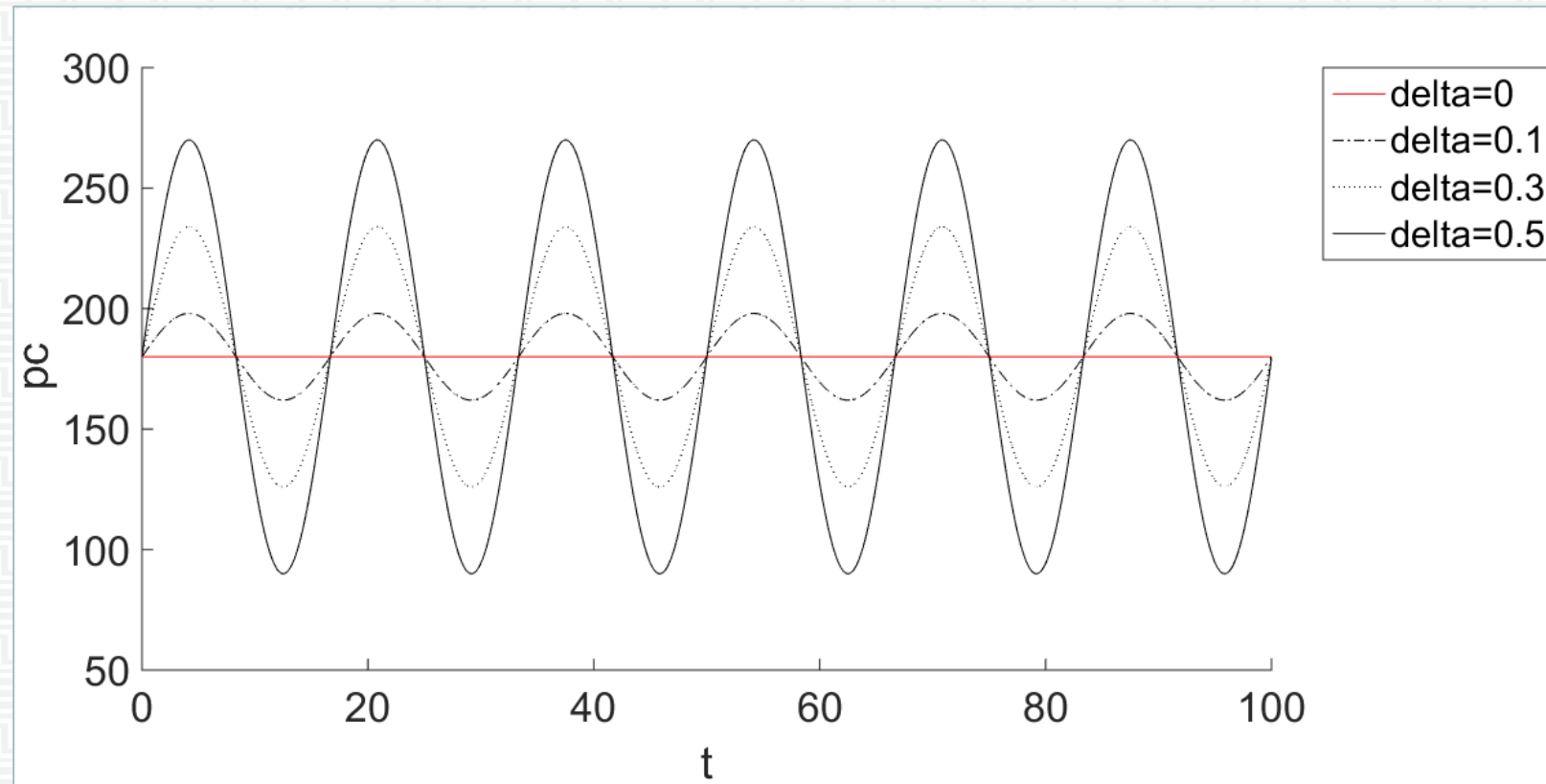
STUDIO SULLA STABILITÀ PER FORZANTI PERIODICHE



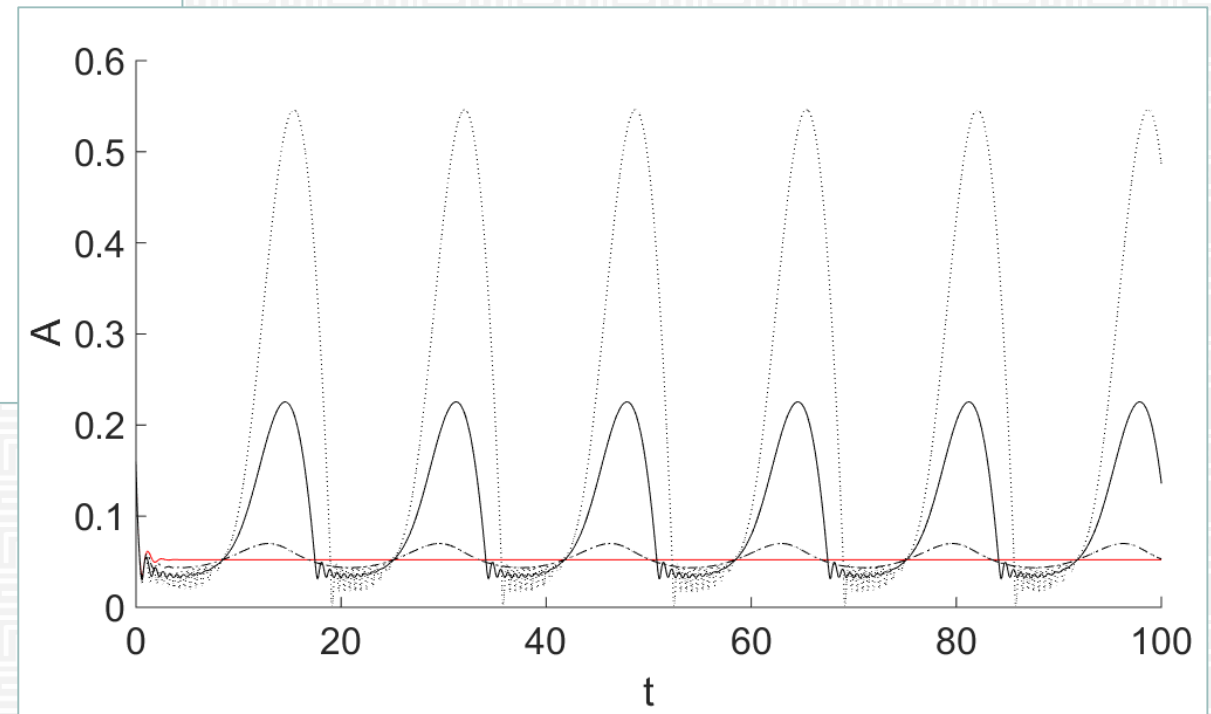
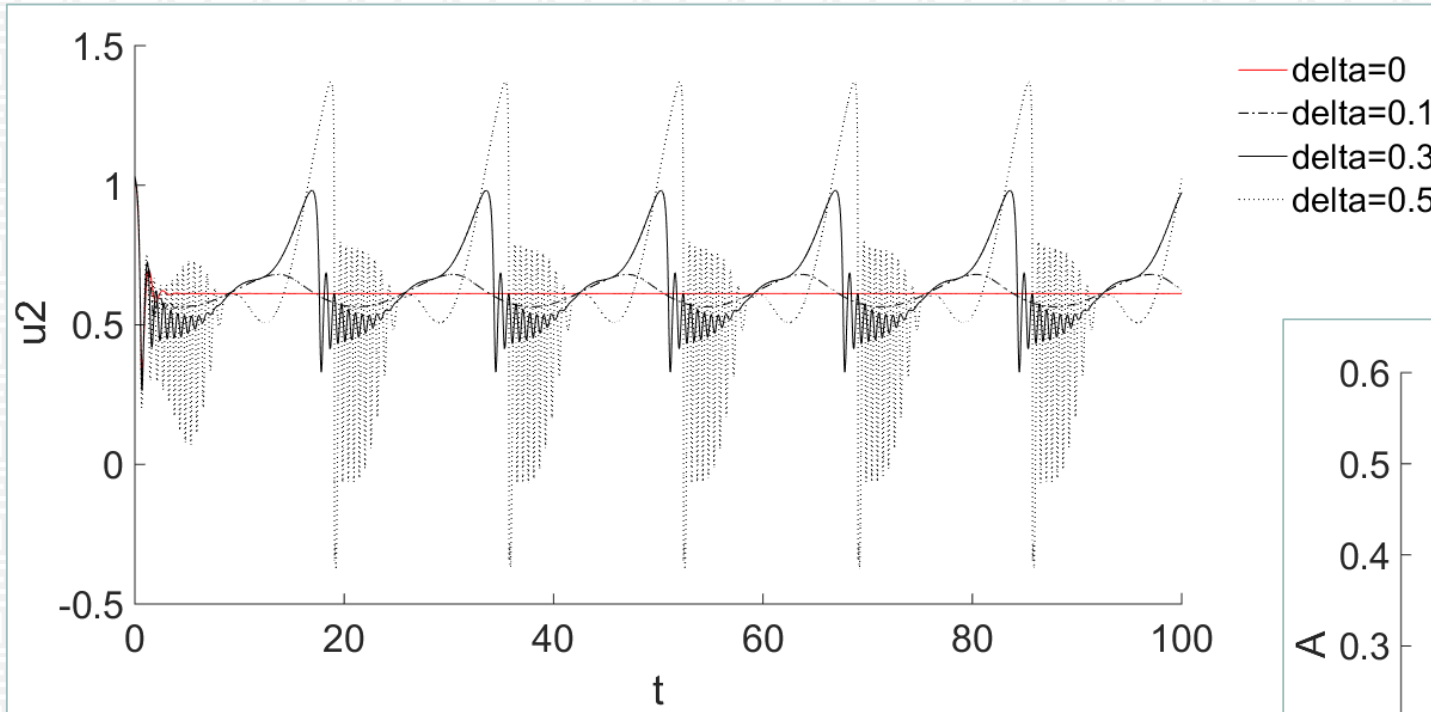
STUDIO SULLA STABILITÀ PER FORZANTI PERIODICHE



RISULTATI SULLA STABILITÀ PER FORZANTI PERIODICHE



RISULTATI SULLA STABILITÀ PER FORZANTI PERIODICHE



CONCLUSIONI

- I risultati ottenuti per le diverse analisi di stabilità risultano tra loro congruenti.
- Per il presente modello non sono riscontrabili delle crescite transitorie nelle zone in cui l'equilibrio è stabile.
- I contributi inerziali e viscoelastici non conducono a sostanziali differenze di comportamento del modello.
- Nel sistema sottoposto a forzanti periodiche le variabili principali presentano la stessa frequenza della forzante. Nascono in alcuni casi delle oscillazioni ad alta frequenza che non sono presenti nel segnale forzante.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE