

# Simulazione multifisica: interazione fluido struttura

[carmelo.demaria@centropiaggio.unipi.it](mailto:carmelo.demaria@centropiaggio.unipi.it)

# + Multifisica

- La multifisica è la simulazione numerica di un problema che vede l'interazione di due o più fisiche diverse
- La multifisica è la simulazione numerica di un problema che vede l'interazione di due o più fisiche diverse.
- Esempi di multifisica sono:
  - Convezione naturale (Navier Stokes + Termico);
  - Miscelatori (Concentrazione + Navier Stokes);
  - Stress termico (Meccanica Strutturale + Termico);
  - Combustione (Navier Stokes + Termico + Concentrazione);
  - Interazione Fluido Struttura (Navier Stokes + Meccanica Strutturale);

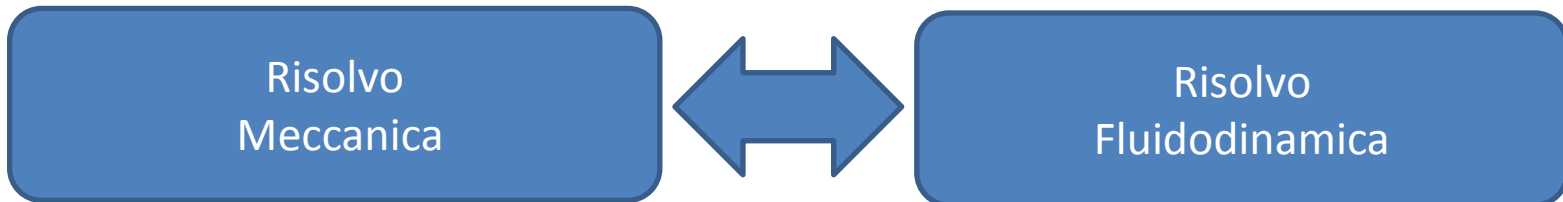


# + Interazione Fluido-Struttura (FSI)

- L'Interazione Fluido-Struttura (FSI) unisce la Fluidodinamica Computazionale (CFD) e la Meccanica Strutturale (SM).
- Campi di applicazione:
  - Ingegneria Navale;
  - Aeronautica;
  - Progettazione di Turbine;
- Applicazioni biomediche:
  - Studio di effetti di aneurismi-stenosi;
  - Valutazione delle prestazioni di protesi valvolari cardiache;
  - Analisi del comportamento di protesi vascolari e/o stents.
- È in generale la forma di Analisi agli Elementi Finiti che richiede più risorse computazionali.

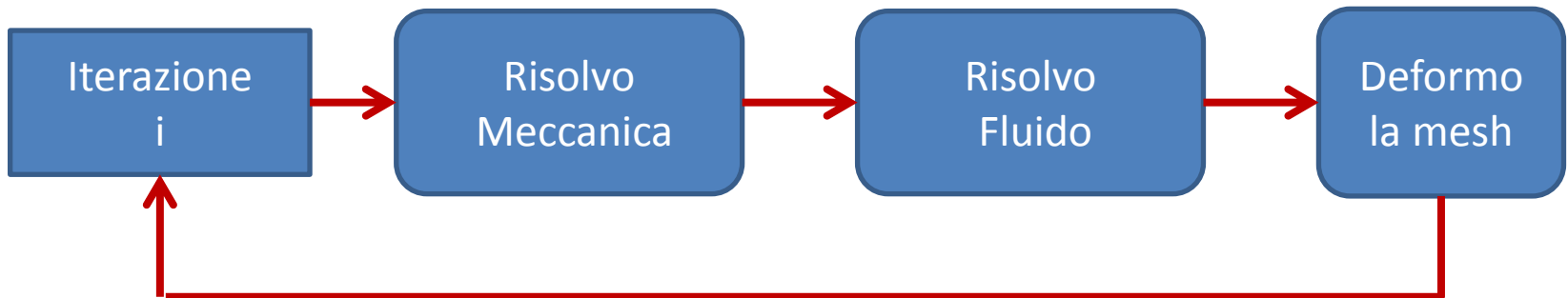
# + Interazione Fluido-Struttura (FSI)

- FSI “one way”:
  - Si ha quando la fluidodinamica agisce sulla meccanica strutturale (o viceversa), ma l’interazione inversa è trascurabile.
  - Si può quindi risolvere indipendentemente la fluidodinamica / meccanica e vederne gli effetti sull’altro modulo in maniera seriale.
  - Es. pressione in tubi rigidi; pompa peristaltica; alcune turbine; etc.

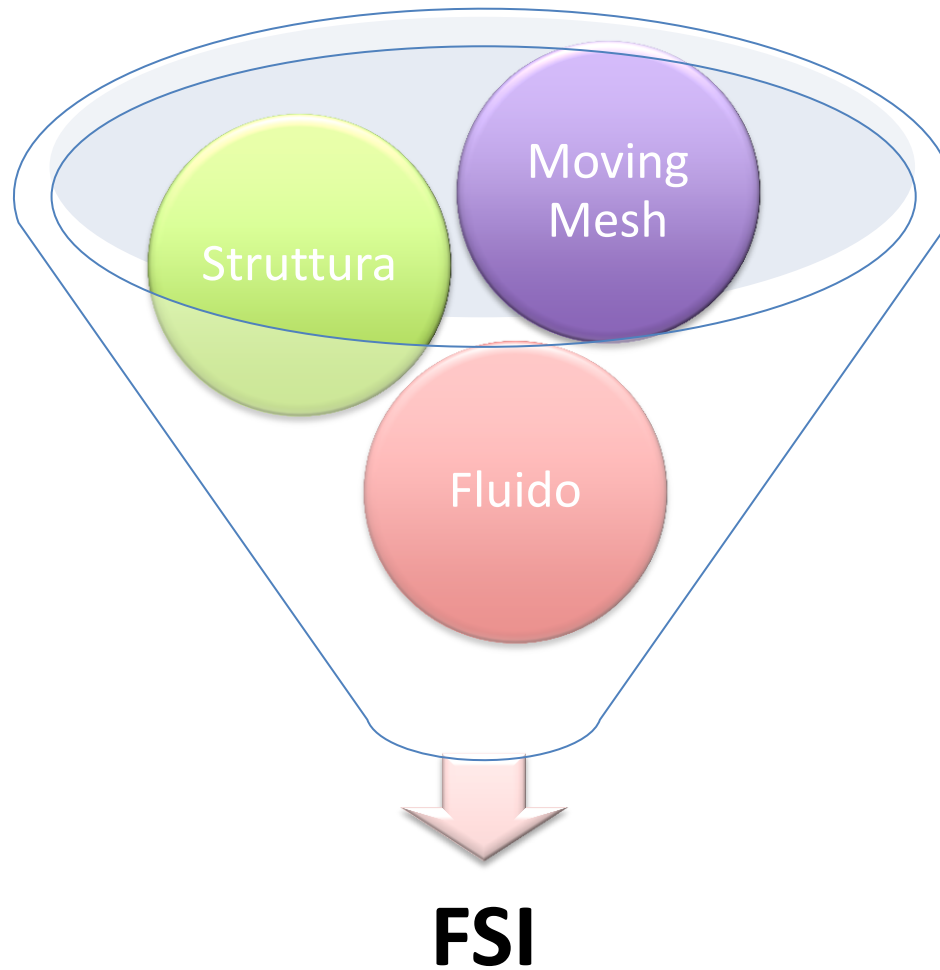


# + Interazione Fluido-Struttura (FSI)

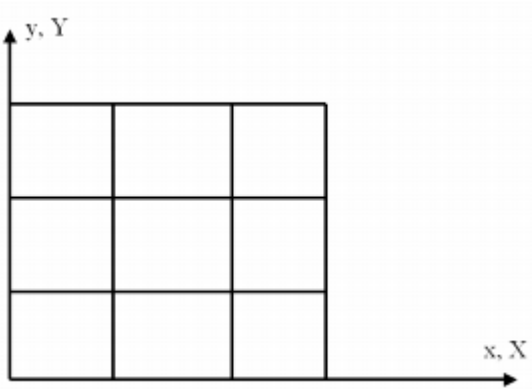
- FSI “two ways”:
  - Non sono trascurabili gli effetti di un modulo sull’altro.
  - I due moduli devono essere risolti in “parallelo”. La deformazione meccanica altera nel tempo il campo di moto del fluido. Il fluido deforma nel tempo la parte meccanica.
  - Es. apertura/chiusura di valvole; pressione in vasi sanguigni; etc.



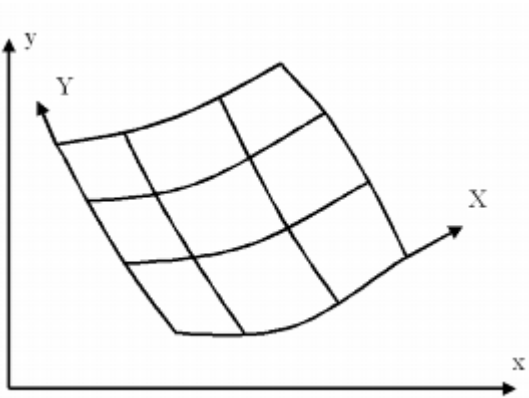
# + Gli elementi



# + Moving mesh



Reference Frame (Iniziale)



Spatial Frame (Evoluzione nel tempo)

# + Moving Mesh “ALE”

- ALE = Arbitrary Lagrangia Eulerian
- La tecnica per deformare la mesh è chiamata ALE. Se si usasse un puro approccio Lagrangiano, il movimento della mesh segue la deformazione fisica del materiale. Questo metodo è di solito utilizzato nella meccanica dei solidi, dove le deformazioni sono di solito piccole. Quando il movimento della mesh è più complesso, es. fluido, il metodo Lagrangiano non è più appropriato. Si usa un metodo Euleriano in questi casi, dove la mesh è fissa. L'Euleriano però non può tenere in conto contorni semoventi. Il metodo ALE è un metodo intermedio fra i due, e permette di deformare i contorni senza il bisogno che la mesh segua la deformazione fisica del materiale.

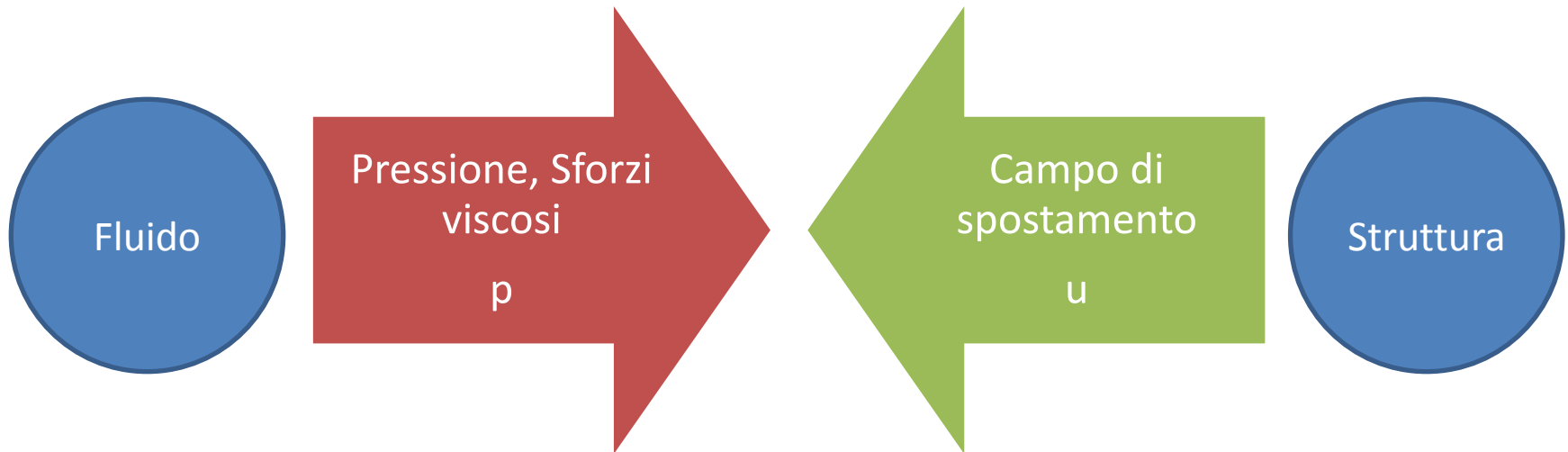




# + Come si deformano gli elementi in COMSOL?

- Propagando la deformazione attraverso il dominio in modo da ottenere una deformazione degli elementi della mesh. Questo si fa risolvendo delle PDE per lo spostamento della mesh (Laplace o Winslow smoothing PDE), con condizioni al contorno fissate dal movimento dei contorni.
- Specificando esplicitamente la formula matematica che descrive la deformazione.
- Facendo guidare lo spostamento della mesh da variabili di deformazione “fisiche”, come ad esempio lo spostamento  $u$  del modulo meccanico.

# + Come si parlano i due moduli?



Anche le derivate delle grandezze vengono trasmesse!!!

# **ESERCIZI**

# + Protesi vascolare

