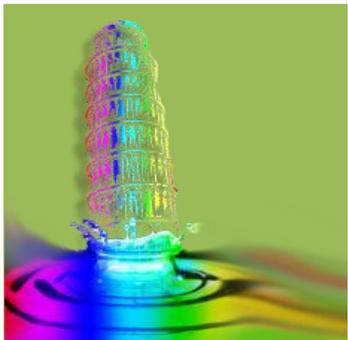


Simulazione multifisica: termofluidodinamica ed interazione fluido struttura



+ 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);

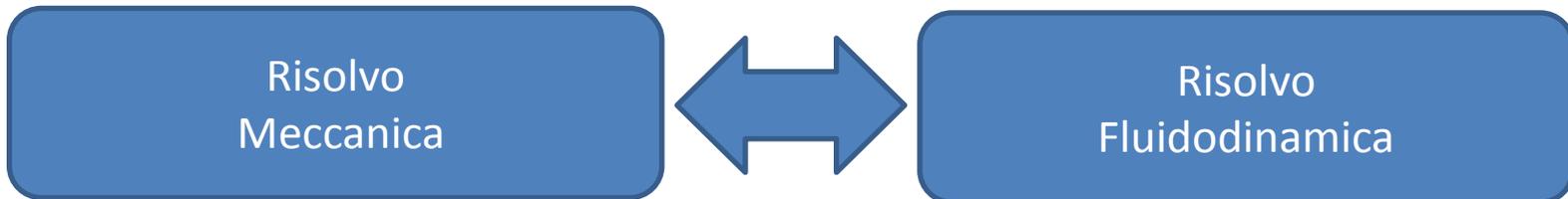


+ Interazione Fluido-Struttura (FSI)

- 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.

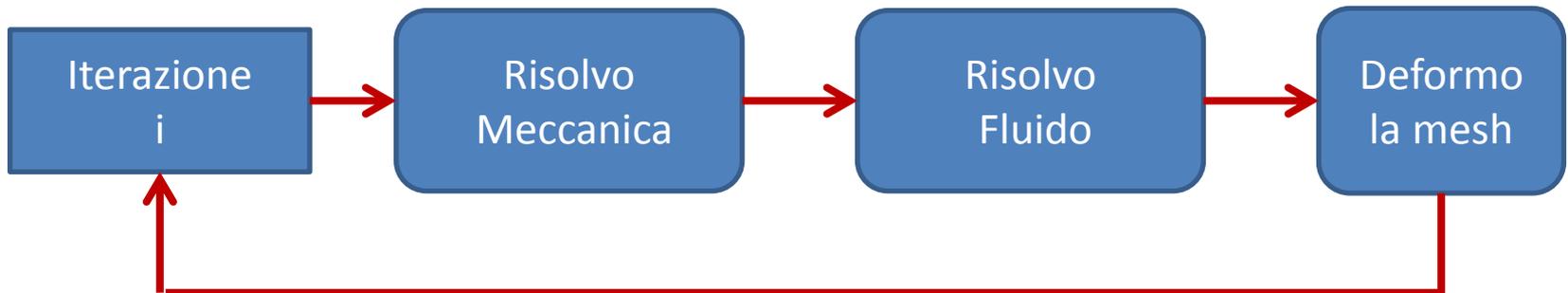
+ Interazione Fluido-Struttura (FSI)

- 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.

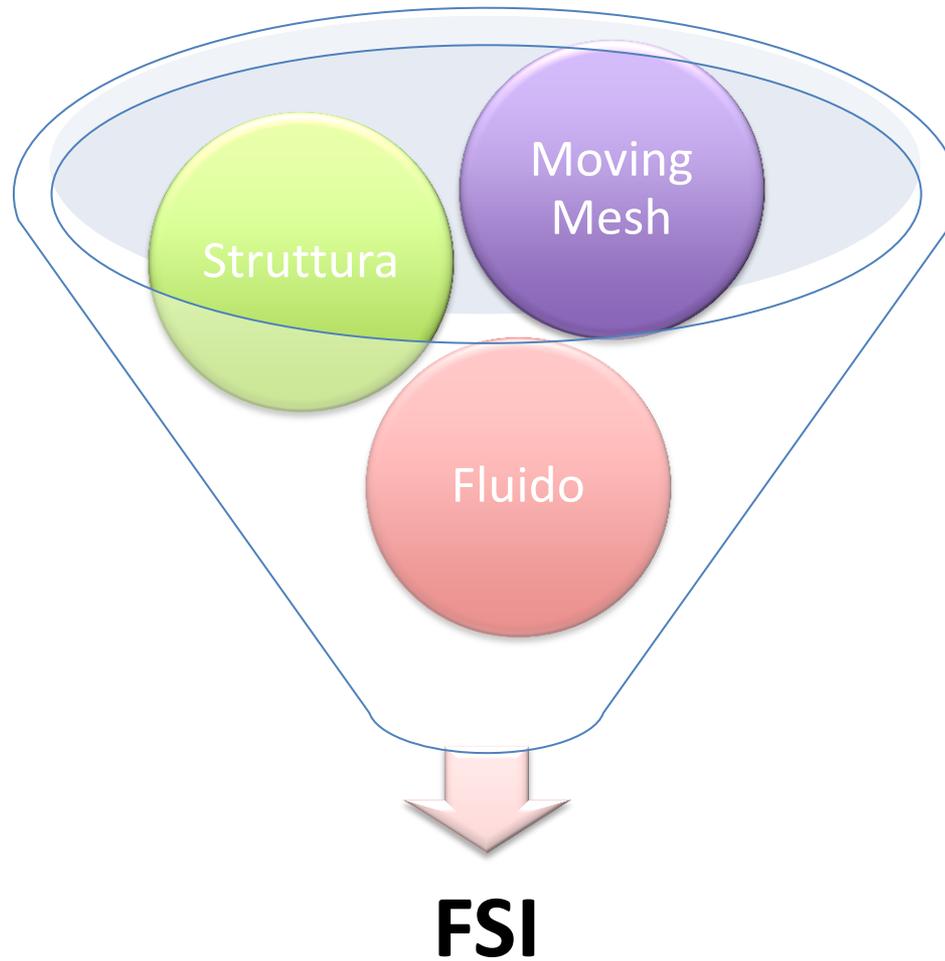


+ Interazione Fluido-Struttura (FSI)

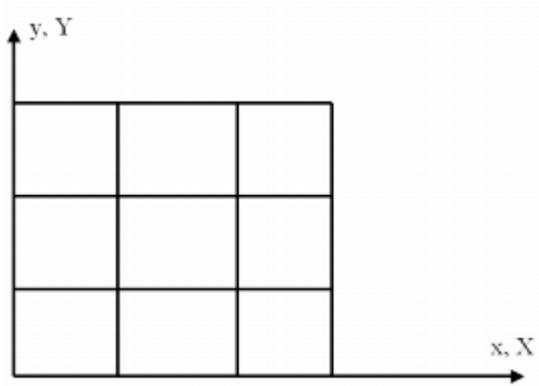
- FSI “two ways”:
 - Non sono trascurabili gli effetti di un modulo sull’altro.
 - I due moduli devono essere risolti in “parallelo”. La deformazione meccanica altera nel tempo il campo di moto del fluido. Il fluido deforma nel tempo la parte meccanica.
 - Es. apertura/chiusura di valvole; pressione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



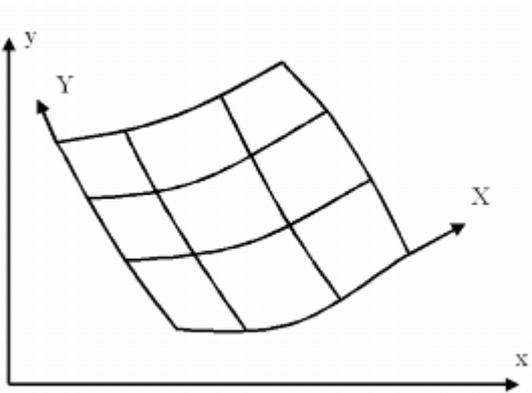
+ Gli elementi



+ Moving mesh



Reference Frame (Iniziale)



Spatial Frame (Evoluzione nel tempo)

+ Moving Mesh “ALE”

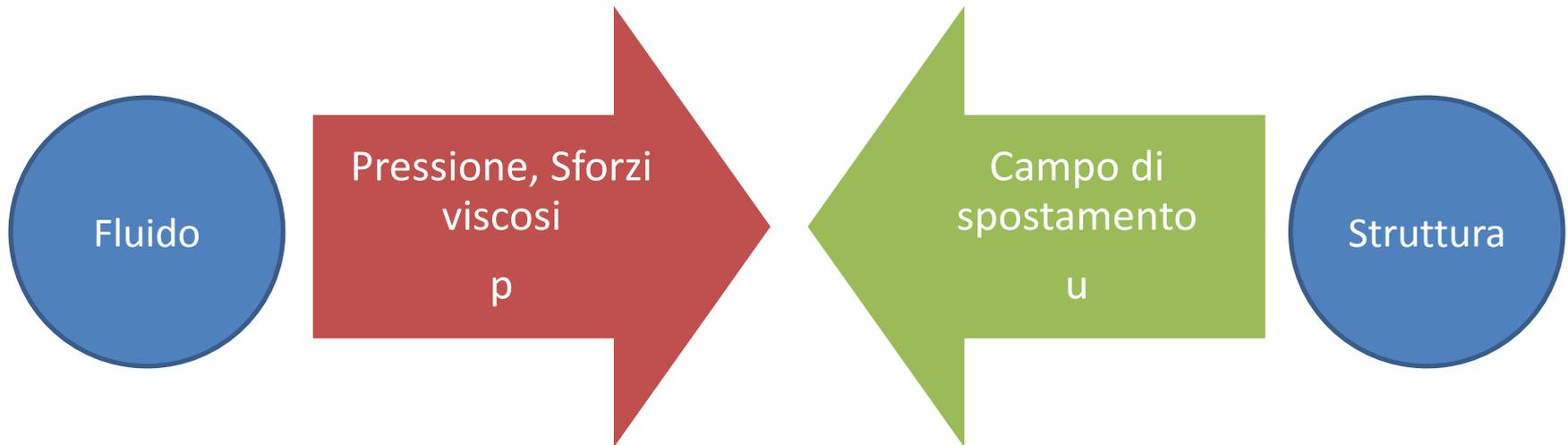
- ALE = Arbitrary Lagrangia Eulerian
- La tecnica per deformare la mesh è chiamata ALE. Se si usasse un puro approccio Lagrangiano, il movimento della mesh segue la deformazione fisica del materiale. Questo metodo è di solito utilizzato nella meccanica dei solidi, dove le deformazioni sono di solito 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.

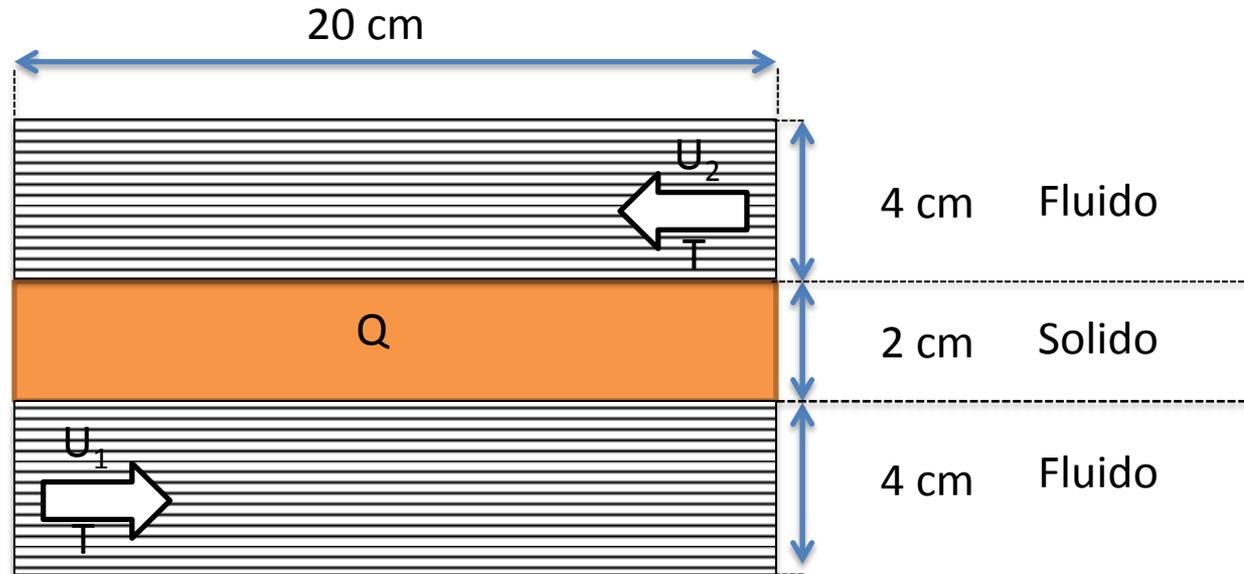
+ Come si parlano i due moduli?



Anche le derivate delle grandezze vengono trasmesse!!!

ESERCIZI

+ Esercizio: Convezione e conduzione



- $Q = \# \text{matricola (W/m}^3)$
- $T = \text{temperatura (in gradi centigradi) pari alle ultime due cifre del numero di matricola}$
- Fluido = acqua, profilo laminare
- Solido = ghisa
- Analizzare i casi $U_1 \geq U_2$

+ Protesi vascolare

