

Una simulazione virtuale particolareggiata della realtà fisica comporta l'esecuzione d'analisi multidisciplinari per poter valutare tutti gli aspetti concernenti il reale utilizzo di un prodotto con le sue interazioni col mondo circostante. Il diverso approccio di Femlab

Risolvere le analisi multidisciplinari

di **Silvestro Blatto**

La natura e la sua realtà fisica sono multidisciplinari e non lineari. Dietro queste affermazioni lapalissiane si nasconde un aspetto che pone non pochi problemi agli ingegneri e ai ricercatori, in genere, che intendono simulare questi aspetti. La fisica del mondo reale raramente può essere rappresentata solo attraverso un'unica disciplina mentre invece, spesso, richiede accurate descrizioni di più fenomeni interagenti, i cui effetti sono, appunto, l'uno dipendente dall'altro.

Già i 'normali' problemi meccanici, per prendere un esempio a caso, possono

Femlab è un ambiente interattivo per la modellazione e la simulazione di tutta una vasta gamma di problemi scientifici e ingegneristici

richiedere ai tecnici di lavorare con più di un tipo d'analisi, in quanto diversi fattori fisici agiscono simultaneamente. È relativamente recente la possibilità di utilizzare la tecnologia che permette a un software di simulazione CAE (Computer Aided Engineering) di accoppiare più di un tipo d'analisi, sia eseguendole nello stesso tempo, sia lanciando i calcoli (come si dice in termine informatico) separatamente e poi combinando i risultati con lo scopo di avere una chiara e ragionevolmente immediata previsione di come funzioneranno le cose nel mondo reale.

In altre parole, l'insieme d'indagini agenti sul 'prototipo virtuale' è in grado di descrivere le sollecitazioni, le forze, le temperature e, più in generale, le grandezze che agiscono sulla parte o sull'intero sistema. In questo modo gli ingegneri simulano il modello in maniera realistica ottenendo più informazioni, invece che guardare i risultati di un'analisi sperimentale o quelli di una prova correlata e, soprattutto, in minor tempo. Per semplificare, la multifisica può essere vista come una serie d'analisi FEM o di fluidodinamica o di una qualsiasi altra disciplina, una dietro l'altra, per descrivere il tutto e le condizioni di lavoro reali della parte.

Il metodo risolve simultaneamente le equazioni algebriche e permette di simulare una vasta gamma di fenomeni fisici di fluidodinamica (laminare e turbolenta), urti, non linearità geometriche e di materiale.

Il modello geometrico, la mesh e i risultati di una molla di contenimento di una batteria. Dall'analisi della pressione di contatto si possono ricavare informazioni sulla resistenza di contatto tra molla e batteria.



Con uno di questi software disponibili sul mercato, che realizzano analisi di multifisica, l'utilizzatore può simulare diverse combinazioni di realtà fisica, come il flusso di un fluido, l'attrito, le deformazioni, le sollecitazioni, vedere i risultati e cambiare, ad esempio, il modello di partenza per valutarne gli effetti.

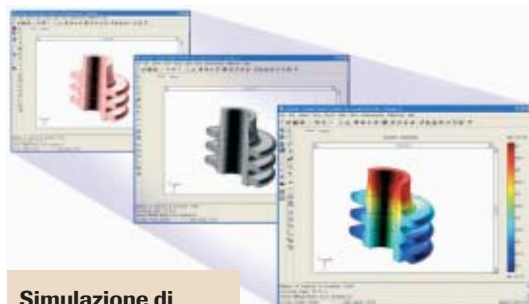
I software multidisciplinari includono, oggi, capacità d'analisi strutturali lineari e non lineari, dinamica, analisi termiche e fluidodinamiche stazionarie e in transitorio, analisi elettromagnetiche e tanto altro ancora. Occorre ricordare che la vera simulazione multifisica è quella che realizza, ad esempio, un'analisi accoppiata fluidodinamica, termica e strutturale su un sistema con una singola simulazione che descriva tutte le simultanee interazioni, eliminando perciò la richiesta d'esecuzione di un gran numero di separate e sequenziali analisi sulle singole discipline. Ma su questo argomento torneremo più avanti.

Un esempio

Prendiamo ad esempio i processi di solidificazione o di fusione di un qualsiasi pezzo di fonderia; questi coinvolgono una varietà di fenomeni fisici con le relative interazioni (in altre parole multifisica).

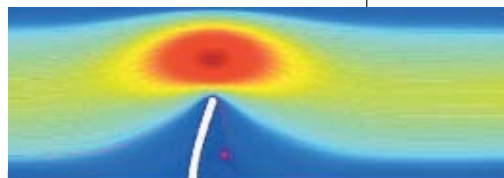
Se consideriamo un approccio numerico convenzionale, incontriamo diversi software in grado di risolvere il problema: gli aspetti fluidodinamici con analisi delle superfici libere del fluido, la trasmissione di calore e il cambiamento di fase sono elementi di un processo che può essere analizzato con programmi CFD, che di solito utilizzano metodi (FV) ai volumi finiti; quelli termostrutturali sono analizzati utilizzando software FEM, mentre eventuali punti di vista elettromagnetici possono essere risolti usando uno dei due metodi precedenti o ricorrendo a tecniche che usano espressioni analitiche.

La modellazione di questi fenomeni, con le relative interazioni, è complessa a causa delle possibilità associate all'uso



Simulazione di un'analisi termica su una flangia, con coefficiente di scambio sulla superficie esterna non uniforme. La figura evidenzia l'utilizzo dei nuovi elementi esaedrici tipici della versione 3.1.

di solutori differenti in varie parti del dominio di soluzione, richieste di mesh discordanti, passaggio di dati da una disciplina all'altra, ecc. Il metodo diretto che risolve contemporaneamente tutti i gradi di libertà dell'analisi con griglie di calcolo, vale a dire le mesh,



Interazione fluido struttura.

autoadattative, chiarisce questi problemi. Quindi, con un unico prodotto diventa possibile simulare un vastissimo campo di fenomeni fisici in contesti in cui essi interagiscono.

La risoluzione matematica del problema

I programmi tradizionali basati sul metodo degli elementi finiti (FEM) utilizzano due diversi procedimenti per ricavare i risultati.

Il primo, detto anche sequenziale, risolve il problema in maniera seriale, come per altro suggerisce il nome stesso, calcolando tutti i gradi di libertà incogniti relativamente alla prima analisi, cioè al primo

Femlab è basato sulla manipolazione e la risoluzione di sistemi d'equazioni differenziali alle derivate parziali

ambito fisico, per esempio, ricavando la mappa di temperature per ogni nodo della mesh di un dato corpo. Questi valori costituiranno poi i dati di input (carichi termici) necessari per valutare le deformazioni e le sollecitazioni di una seconda analisi che il programma si preoccuperà di calcolare risolvendo sequenzialmente il secondo problema.

Il secondo metodo, definito diretto, risolve, invece, la matrice dei coefficienti costruita tenendo conto anche degli effetti d'accoppiamento e delle varie interazioni dei diversi domini fisici.

Un terzo approccio, differente ma per certi versi riconducibile a quest'ultimo, è quello sviluppato dalla società svedese Comsol (fondata nel 1986 a Stoccolma) per il loro software Femlab. Questo prodotto è un ambiente interattivo per la modellazione e la simulazione di tutta una vasta gamma di problemi scientifici e ingegneristici ed è basato sulla manipolazione e la risoluzione di sistemi d'equazioni differenziali alle derivate parziali (PDEs: partial differential equations) che costituiscono le basi fondamentali di tutte le leggi della scienza.

Le aree d'applicazione

Femlab ha un vasto campo d'applicabilità, come ad esempio nelle seguenti discipline: acustica, scienze biologiche, reazioni chimiche, elettrostatica, elettromagnetismo, fluidodinamica, geofisica, trasferimento di calore, Mems (micro electromechanical system), ottica, semiconduttori, analisi strutturali, fenomeni di trasporto, propagazione di onde e altro ancora.

Ci sono poi alcuni moduli specializzati 'pronti per l'uso': ingegneria chimica per i fenomeni di trasporto e le reazioni chimiche, elettromagnetismo e meccanica strutturale per analisi statiche, dinamiche e di frequenze proprie.

La procedura metodologica per utilizzare questo prodotto segue i seguenti passi: modellazione della geometria (o importazione

nei formati Iges per i modelli 3D e DXF per quelli 2D), che può essere mono-, bi- o tridimensionale, definizione delle equazioni che caratterizzano il problema fisico, generazione della mesh per il calcolo a elementi finiti, attivazione della simulazione, visualizzazione dei risultati, eventuali analisi parametriche o di ottimizzazione.

Le novità

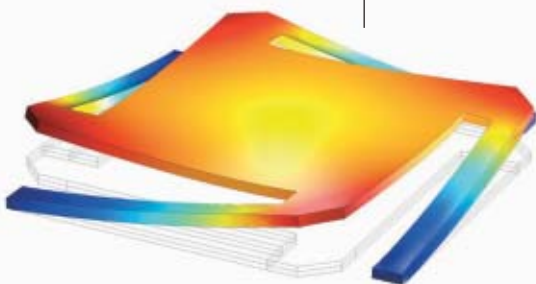
L'attuale versione di Femlab, in revisione 3.1, aggiunge tre nuovi moduli per ben precise discipline. 'Scienze della terra'



Analisi non lineare per grandi spostamenti, contatto e materiale iperelastico.

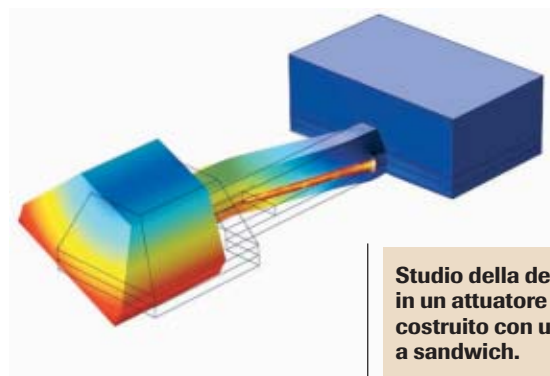
riguarda le analisi di acque freatiche, di geofisica e per le prospezioni petrolifere. 'Trasferimento di calore' interessa gli studi che coinvolgono conduzione, convezione e irraggiamento e,

Analisi Mems: deformazione, per effetto di un prestress, creata in microspecchio con strati diversi di materiale. Fonte: John Dunec, Venture Product Engineering



L'attuale versione di Femlab, in revisione 3.1, aggiunge tre nuovi moduli rispettivamente per 'scienze della terra', 'trasferimento di calore' e 'Mems'

Femlab è ora disponibile anche per i processori che supportano la tecnologia a 64 bit, come AMD64 e Itanium con sistemi operativi Linux, HP-UX e Solaris



Studio della deformazione in un attuatore piezoelettrico costruito con una struttura a sandwich.

più precisamente, per le ricerche nei campi dell'elettronica, dei sistemi di potenza e per l'industria di processo, metallurgica e manifatturiera. Il programma introduce l'irraggiamento tra mutue superfici e tra superficie e ambiente (sempre in tre dimensioni), flussi non isotermi e caratteristiche dei materiali variabili con la temperatura. Infine, il modulo 'Mems' per le analisi nei sistemi di microelettromeccanica che coinvolgono effetti piezoelettrici, elettrocinetici ed elettrostatici.

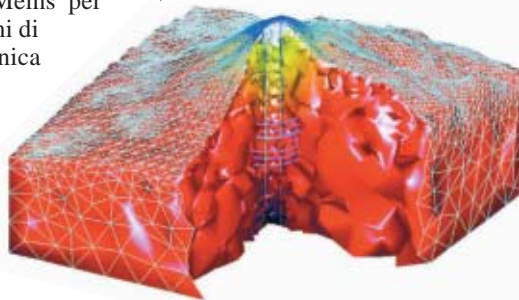
Mems prevede accoppiamenti fisici predefiniti per coprire diverse aree d'applicazione, come i microsensori, i microattuatori, la microfluidica. Utilizzando dei modelli già predisposti si possono combinare gli aspetti elettrostrutturali, termoelastici, di microfluidica e l'interazione fluido-struttura. La tendenza, abbastanza recente nel settore aerospaziale, di affrontare i vari fenomeni (quali l'aerodinamica, l'aerotermodinamica, l'analisi strutturale, l'elettromagnetismo, ecc.) non in maniera disgiunta, ma attraverso analisi multidisciplinari ('coupled phenomenas') sono molto onerose dal punto di vista del calcolo.

Ecco che allora, per quanto riguarda gli aspetti hardware, il prodotto è ora disponibile anche per i processori che supportano la tecnologia a 64 bit, come AMD64 e Itanium con sistemi operativi Linux, HP-UX e Solaris; in questo modo,

combinando la tecnologia dei 64 bit e utilizzando gli ultimi sviluppi sui solutori, si possono analizzare complessi problemi tridimensionali di fluidodinamica che superano i dieci milioni di gradi di libertà.

Conclusioni

Il prodotto può rivelarsi indispensabile in tutti quei campi di ricerca che non sono coperti



Flusso indotto dal gradiente di pressione e dal campo elettrico in un vulcano; sono compresi anche gli effetti elettrosmotici.

dai normali prodotti commerciali e dove c'è necessità di avere delle analisi multidisciplinari (teoricamente senza limite di combinazioni); se però consideriamo l'aspetto economico, allora occorre forse fare delle valutazioni diverse, paragonando anche il costo dei programmi - con relativo contratto di manutenzione - che vanno per la maggiore (ad esempio quelli di fluidodinamica).

Silvestro Blatto, consulente CAx, è il General Manager di Softidea S.a.s. di Milano.