

Analisi numerica a Pavia

Dipartimento di Matematica
Università di Pavia - ITALY



25 maggio 2016

Cos'è l'analisi numerica ?

- ??BC Gaussian elimination
- 1671 Newton's method
- 1795 Least-squares fitting
- 1814 Gauss quadrature
- 1855 Adams ODE formulas
- 1895 Runge–Kutta ODE formulas
- 1910 Finite differences for PDE
- 1943 Finite elements for PDE
- 1946 Splines
- 1947 Monte Carlo simulation
- 1947 Simplex algorithm
- 1952 Lanczos and CG iterations
- 1952 Stiff ODE solvers
- 1958 Orthogonal linear algebra
- 1959 Quasi-Newton iterations
- 1961 QR algorithm for eigenvalues
- 1965 Fast Fourier transform
- 1971 Spectral methods for PDE
- 1971 Radial basis functions
- 1973 Multigrid iterations
- 1974 Mixed Finite Elements
- 1976 Nonsymmetric Krylov iterations
- 1977 Preconditioned matrix iterations
- 1982 Wavelets
- 1984 Interior methods in optimization
- 1987 Fast multipole method
- 1991 Automatic differentiation
-

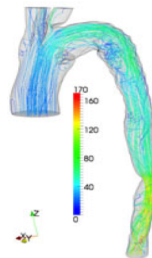
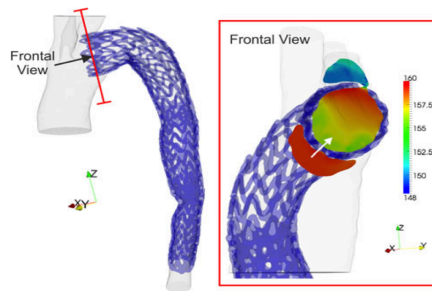
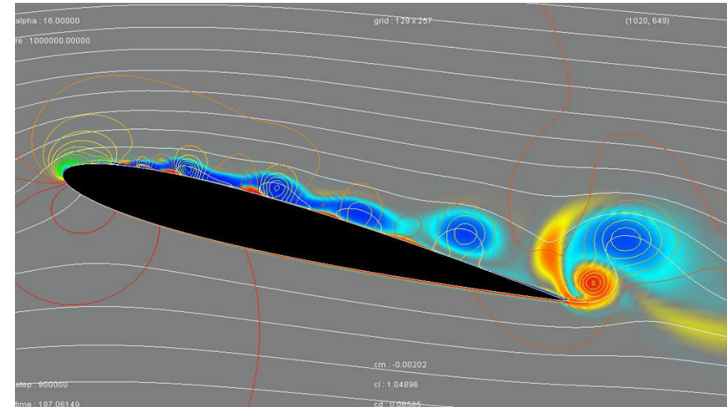
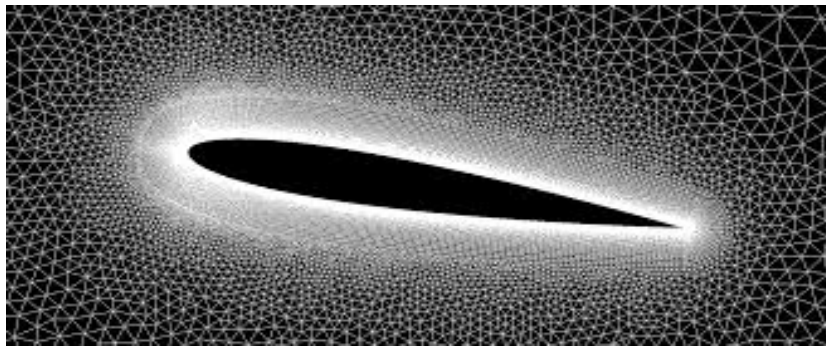
Cosa facciamo noi analisti numerici pavesi?

Studiamo metodi numerici per le eq. alle derivate parziali (PDE), ad esempio NS:

$$\begin{cases} \rho (\partial_t \mathbf{u} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u}) - \mu \Delta \mathbf{u} + \nabla p = \mathbf{f} & \text{on } \Omega \times (0, T) \\ \nabla \cdot \mathbf{u} = 0 & \text{on } \Omega \times (0, T), \end{cases}$$

Cosa facciamo noi analisti numerici pavesi?

Studiamo metodi numerici per le eq. alle derivate parziali (PDE), ad esempio NS:



Offerta didattica alla LM

Elementi Finiti (9CFU):

- si studia la teoria e l'implementazione al computer del metodo degli elementi finiti (FEM) per la soluzione numerica delle PDE.
- docenti: Daniele Boffi e Giancarlo Sangalli
- prerequisiti: AN triennale, possibilmente calcolo delle variazioni
- II semestre

Biomatematica (6CFU):

- corso condiviso con Bioingegneria
- si studiano metodi numerici per risolvere PDE che descrivono alcuni principali processi metabolici e bioelettrici sia nervosi che cardiaci.
- docente: Piero Colli Franzone
- I semestre

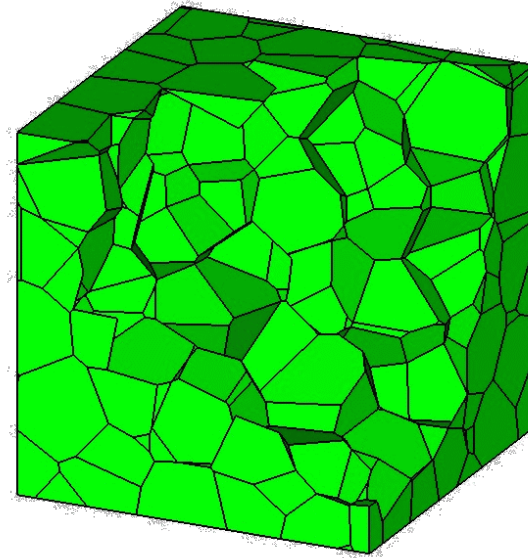
Analisi isogeometrica

- Il software CAD, usato nell'industria per la modellazione geometrica, descrive il dominio fisico per mezzo di funzioni NURBS e l'interfaccia tra l'output del CAD e gli schemi numerici richiede tecniche di approssimazione che sono costose
- l'analisi isogeometrica è un metodo elementi finiti che utilizza NURBS per risolvere PDE
- i vantaggi vanno ben oltre una maggiore integrazione col CAD: NURBS sono funzioni molto regolari e questo apre nuove strade... in particolar modo quando l'accuratezza è essenziale per la rappresentazione della geometria e della soluzione
- Obiettivi della ricerca pavese:
 1. Teoria matematica e sviluppo della analisi isogeometrica
 2. Implementazione e applicazioni industriali



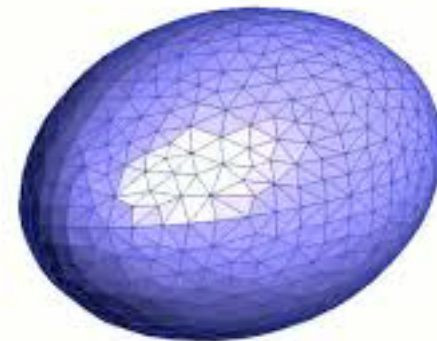
Elementi finiti virtuali (VEM)

- E' un metodo nato e sviluppato recentemente a Pavia, sta ottenendo notevole attenzione da parte della comunità scientifica internazionale. Questo metodo può essere descritto schematicamente come una evoluzione del metodo degli elementi finiti che permette di usare decomposizioni del dominio computazionale in poligoni di forma arbitraria, evitando in tal modo le restrizioni imposte alla mesh dal metodo degli elementi finiti.
- Efficace e robusto in applicazioni fra cui ad esempio problemi di elasticità lineare, problemi di flessione di piastre sottili, problemi di diffusione-trasporto-reazione, ma restano molti aspetti da analizzare.

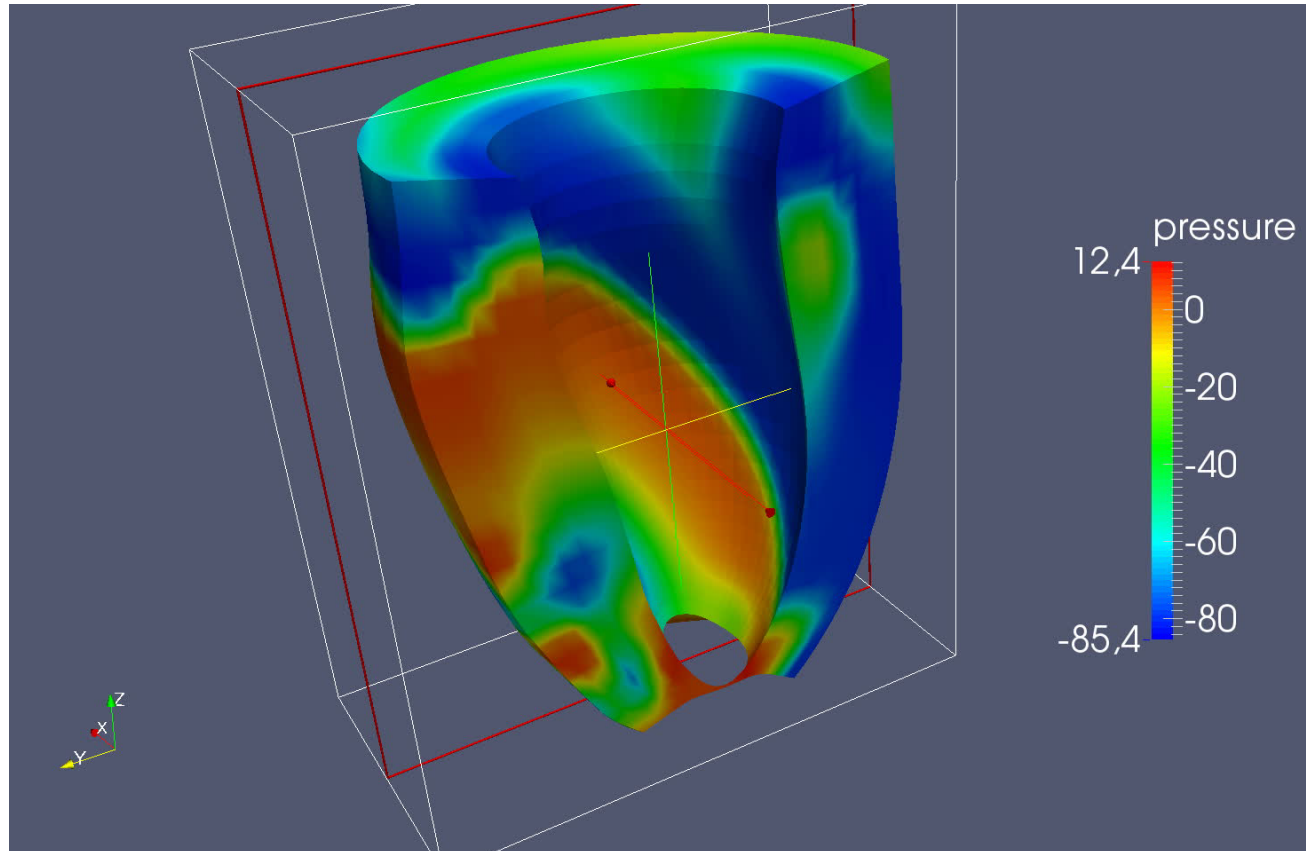


Teoria del metodo elementi finiti

- l'approssimazione di problemi agli autovalori associati ad equazioni alle derivate parziali
 - la simulazione di problemi di interazione fluido-struttura (Immersed boundary method),
 - l'analisi e l'implementazione di schemi agli elementi finiti adattativi (stime a posteriori e convergenza dello schema adattativo),
 - proprietà di approssimazione degli spazi di elementi finiti su mesh distorte,
 - applicazione degli elementi finiti a problemi di elettromagnetismo.
-
- per tutti questi problemi l'approccio numerico si basa sull'analisi rigorosa degli schemi numerici (buona positura, stabilità, convergenza, ecc.) e sulla validazione numerica dei risultati teorici.



Elettrocardiologia computazionale

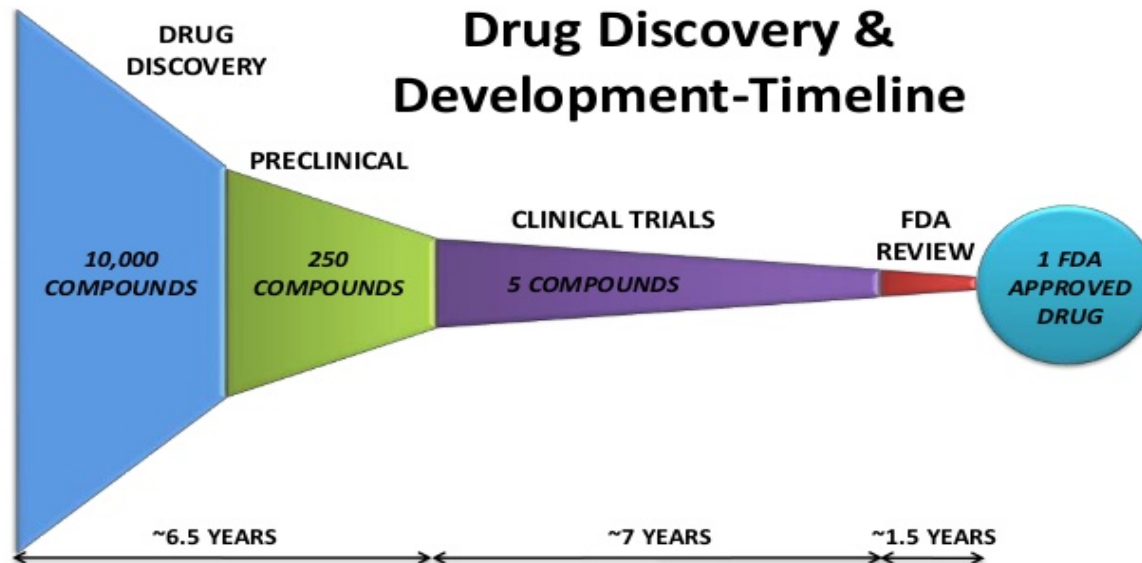


Eccitazione cardiaca e successivo rilassamento elettrico/meccanico.

La parte blu non è eccitata e la parte rossa è nello stato eccitato.

Il layer verde denota lo stato di cellule che si stanno eccitando.

Sviluppo di farmaci basato su modelli



Sviluppo di farmaci: processo complesso e costoso che richiede tempi molto lunghi

Model-based drug development: studio della *farmacocinetica (PK)* e *farmacodinamica (PD)*

Sviluppo di farmaci chemioterapici e modelli di crescita tumorale

Chi siamo ?

Docenti del Dipartimento di Matematica:

- Daniele Boffi (FEM, FSI, autovalori)
- Piero Colli Franzone (elettrocardiologia computazionale)
- Francesca Gardini (FEM, VEM)
- Raffaella Guglielmann (modelli di sistemi biomedicali)
- Carlo Lovadina (VEM, analisi isogeometrica)
- Donatella Marini (FEM discontinui, VEM)
- Ilaria Perugia (in congedo, attualmente a Vienna)
- Giancarlo Sangalli (analisi isogeometrica, teoria & applicazioni industriali)

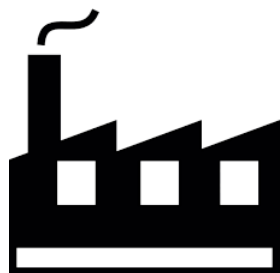
Dottorandi, PostDoc presso il Dipartimento di Matematica:

- Pablo Antolin (analisi isogeometrica)
- Lara Charawi (elettrocardiologia computazionale)
- Mario Kapl (analisi isogeometrica)
- Mattia Tani (analisi isogeometrica)

Università, enti, ospedali, industrie con cui abbiamo collaborazioni in corso...



- IMATI-CNR
- Università MI
- EPFL Losanna
- JKU Linz (AU)
- UT Austin (USA)
- Rutgers (USA)
- Concepcion (Cile)
- Montpellier (Francia)
- UPC Barcellona (Spagna)
- Aalto, Helsinki (Finlandia)
- Oslo (Norvegia)
- Hamburg (Germany)



- Humanitas
- Medicina Parma
- Medicina Verona

...a presto ;)