



# Introduzione a COMSOL

Ermes Botte - Chiara Magliaro  
Prima Lezione - 6 Marzo 2020



# Chi siamo?

## **Chiara Magliaro**

PhD in Automation, Robotics and Bioengineering

[chiara.magliaro@gmail.com](mailto:chiara.magliaro@gmail.com)

IMAGING, 3D NEURON SEGMENTATION  
ALGORITHM, IN SILICO MODELLING

## **Ermes Botte**

PhD Student in Bioengineering

[ermes.botte@phd.unipi.it](mailto:ermes.botte@phd.unipi.it)

IN SILICO MODELLING, ALLOMETRIC  
SCALING

# Modalita' d'esame

Modellizzazione di un sistema biologico con il software COMSOL.

Tempo a disposizione: 40 minuti

**Dimestichezza con il software e con le equazioni che governano le fisiche da simulare.**

# Outline del corso

Introduzione alla modellistica agli elementi finiti. Presentazione del software COMSOL. Potenzialita' del software

Esercitazioni “guidate” per la modellazione di fenomeni fisici/multifisici che riguardano sistemi in vitro

Esercitazioni “supportate” per la modellazione di fenomeni fisici/multifisici che riguardano sistemi in vitro.

Esercitazioni fax-simile per l'esame. Questions and answers.

## Perche' usare modellistica in silico?

- Per **predire** il comportamento di un sistema complesso
- Per **ottimizzare il design** di set up sperimentali/dispositivi, minimizzando il numero di prove sperimentali/prototipi (**riduzione di tempi e costi** di progettazione/realizzazione, migliore accuratezza)

# COMSOL

Chi sa cosa e'?

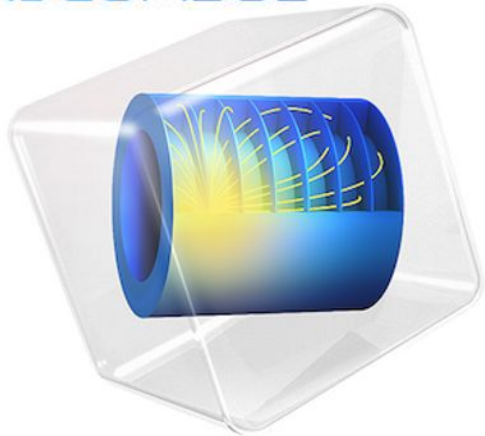
Chi lo ha gia' usato?

Quale versione?



# Comsol Multiphysics modelling software

 COMSOL

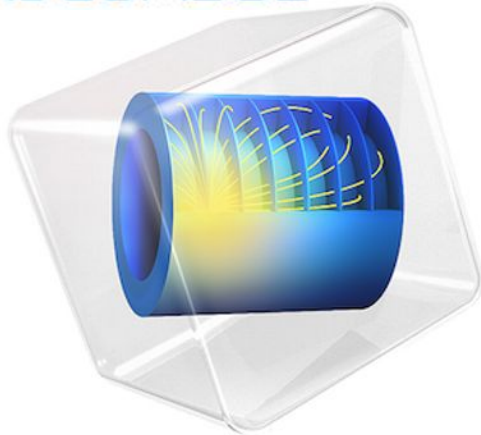


Piattaforma per l'analisi agli elementi finiti e la simulazione multifisica.

E' una INTERFACCIA GRAFICA

# Comsol Multiphysics modelling software

 COMSOL



Piattaforma per l'**analisi agli elementi finiti** e la simulazione multifisica.

E' una INTERFACCIA GRAFICA

<https://www.comsol.com/blogs/using-the-material-libraries-in-comsol-multiphysics/>



FEM

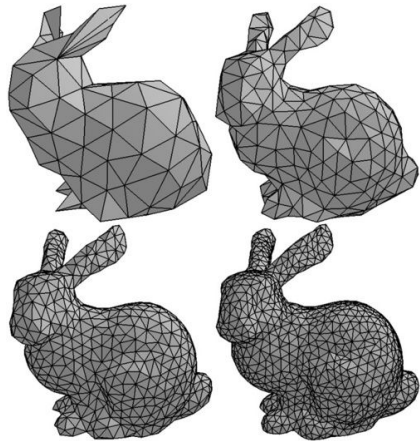
Chi sa cosa e'?

Chi ci ha avuto a che fare?

Chi ha dimestichezza?



# Analisi agli elementi finiti

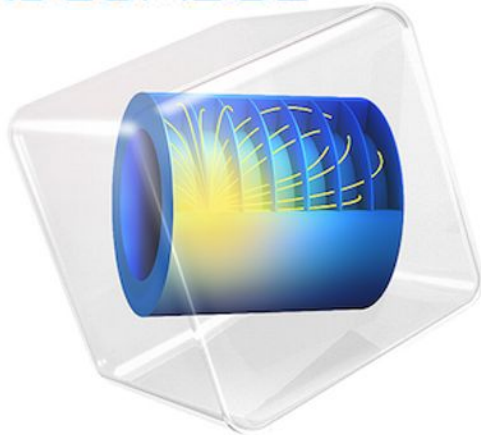


**Metodo numerico** per l'approssimazione della soluzione di un sistema di **equazioni differenziali alle derivate parziali** (PDE, associate ad uno o più fenomeni fisici/chimici) in una regione dello spazio con **condizioni al contorno** ben definite.

- **Discretizzazione** del dominio in elementi di forma e dimensioni regolari: da PDE a **equazioni alle differenze finite** (FDE)
- **Soluzione iterativa** delle FDE in ciascun elemento, considerando vincoli di coerenza tra elementi adiacenti

# Comsol Multiphysics modelling software

 COMSOL



Piattaforma per l'analisi agli elementi finiti e per la **simulazione multifisica**.

E' una INTERFACCIA GRAFICA

<https://www.comsol.com/blogs/using-the-material-libraries-in-comsol-multiphysics/>

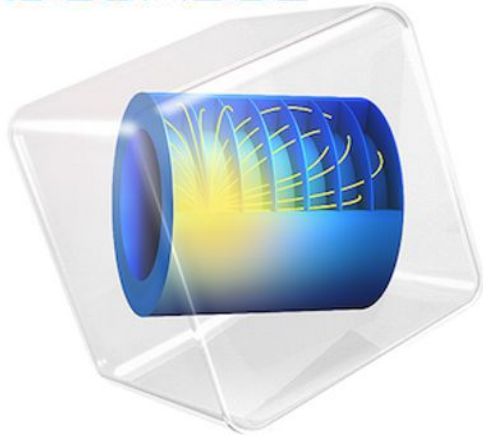
# Modelli multifisici

MODELLI DESCRITTI DA PIU' FISICHE

***ESEMPIO?***

# Comsol Multiphysics modelling software

 COMSOL



Piattaforma per l'analisi agli elementi finiti e per la simulazione multifisica.

E' una **INTERFACCIA GRAFICA**

<https://www.comsol.com/blogs/using-the-material-libraries-in-comsol-multiphysics/>

File Home Definitions Geometry Materials Physics Mesh Study Results 3D Far Field (emw)

Application Builder | Record a New Method | Test Application | Component 1 (comp1) | Add Component | Parameters | Variables | Functions | Build All | Import | LiveLink | Add Material | Electromagnetic Waves, Frequency Domain (emw) | Add Physics | Add Multiphysics | Build Mesh | Mesh 1 | Compute | Study 1 | Add Study | 3D Far Field (emw) | Add Plot Group | Windows | Reset Desktop | Layout

### Model Builder

- Untitled.mph (root)
  - Global Definitions
  - Component 1 (comp1)
    - Definitions
    - Geometry 1
    - Materials
      - Air (mat1)
      - Aluminum (mat2)
    - Electromagnetic Waves, Frequency Domain (emw)
      - Wave Equation, Electric 1
        - Perfect Electric Conductor 1
        - Initial Values 1
        - Impedance Boundary Condition 1
        - Scattering Boundary Condition 1
        - Lumped Port 1
        - Far-Field Domain 1
      - Mesh 1
    - Study 1
      - Step 1: Frequency Domain
      - Solver Configurations
      - Results
        - Data Sets
          - Study 1/Solution 1 (sol1)
            - Selection
        - Views
          - Derived Values
            - S-parameter, S11dB (emw)
            - Global Evaluation 2
            - Surface Integration 1
            - Global Evaluation 3
          - Tables
            - Electric Field (emw)
            - 2D Far Field (emw)
              - Far Field 1

### Settings

3D Plot Group

Plot

Label: 3D Far Field (emw)

Data

Data set: Study 1/Solution 1 (sol1)

Parameter value (freq (Hz)): 7.4948E7

Title

Plot Settings

View: View 3D 2

Show hidden entities

Propagate hiding to lower dimensions

Plot data set edges

Color: Black

Frame: Material (x, y, z)

Color Legend

Show legends

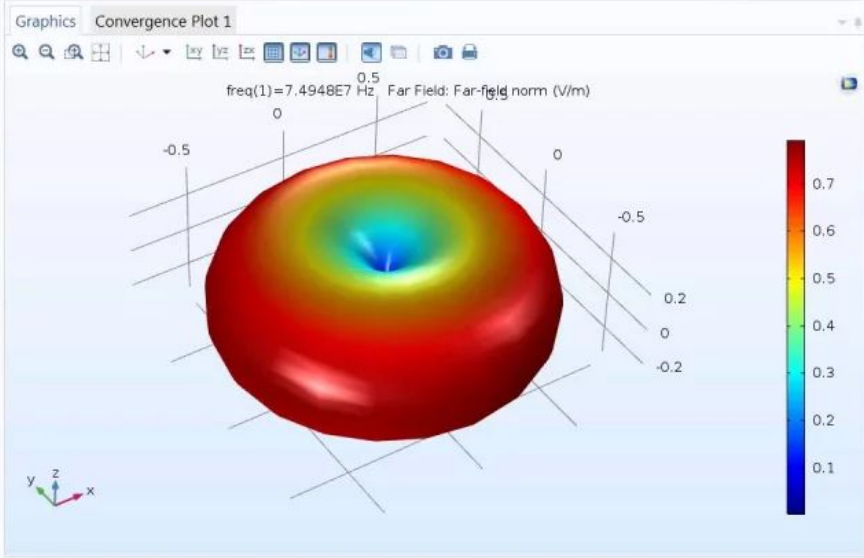
Show maximum and minimum values

Position: Right

Text color: Black

Number Format

Window Settings



Progress Table 4 Messages Log

freq (Hz)	Lumped port power (W)
7.4948E7	0.0078438

# COMSOL - II Workflow

- DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA
- PROPRIETA' DEI MATERIALI
- DEFINIZIONE DELLA FISICA (modellata con un sistema di PDE)
- RISOLUZIONE DEL MODELLO
- TOOL DI POST-PROCESSING\*
- TOOL PER VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI\*

# COMSOL - II Workflow

- **DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA**
- PROPRIETA' DEI MATERIALI
- DEFINIZIONE DELLA FISICA (modellata con un sistema di PDE)
- RISOLUZIONE DEL MODELLO
- TOOL DI POST-PROCESSING\*
- TOOL PER VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI\*



# Definizione della geometria

STRUMENTI PER LA MODELLAZIONE GEOMETRICA PER LA CREAZIONE DI PARTI MEDIANTE OGGETTI SOLIDI, SUPERFICI, CURVE...

1. GEOMETRIE COMPLESSE DEFINIBILI DA SEQUENZE DI OPERAZIONI SU GEOMETRIE SEMPLICI
2. GEOMETRIE DIRETTAMENTE ASSOCIABILI ALLA FISICA DA STUDIARE E AL MATERIALE (CON LE SUE PROPRIETA')
3. IMPORTAZIONE DI GEOMETRIE COSTRUITE SU ALTRI SOFTWARE CAD (E.G., IN FORMATO STL)

# COMSOL - II Workflow

- DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA
- **PROPRIETA' DEI MATERIALI**
- DEFINIZIONE DELLA FISICA (modellata con un sistema di PDE)
- RISOLUZIONE DEL MODELLO
- TOOL DI POST-PROCESSING\*
- TOOL PER VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI\*

# Proprieta' dei materiali

- Materiali isotropi/anisotropi
- Materiali che variano spazialmente
- Materiali che variano nel tempo
- Proprieta' nonlineari del materiale in funzione di qualsiasi grandezza fisica

# COMSOL - II Workflow

- DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA
- PROPRIETA' DEI MATERIALI
- **DEFINIZIONE DELLA FISICA** (modellata con un sistema di PDE)
- RISOLUZIONE DEL MODELLO
- TOOL DI POST-PROCESSING\*
- TOOL PER VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI\*

# Definizione della fisica

COMSOL CONTIENE ALCUNE INTERFACCE FISICHE PREDEFINITE PER LA MODELLAZIONE DI UN'AMPIA GAMMA DI FENOMENI

ES. Electric currents, Electrostatics, **Heat transfer, Laminar Flow,** Pressure acustics, Solid mechanics, **Transport of diluted species,** Magnetic fields