



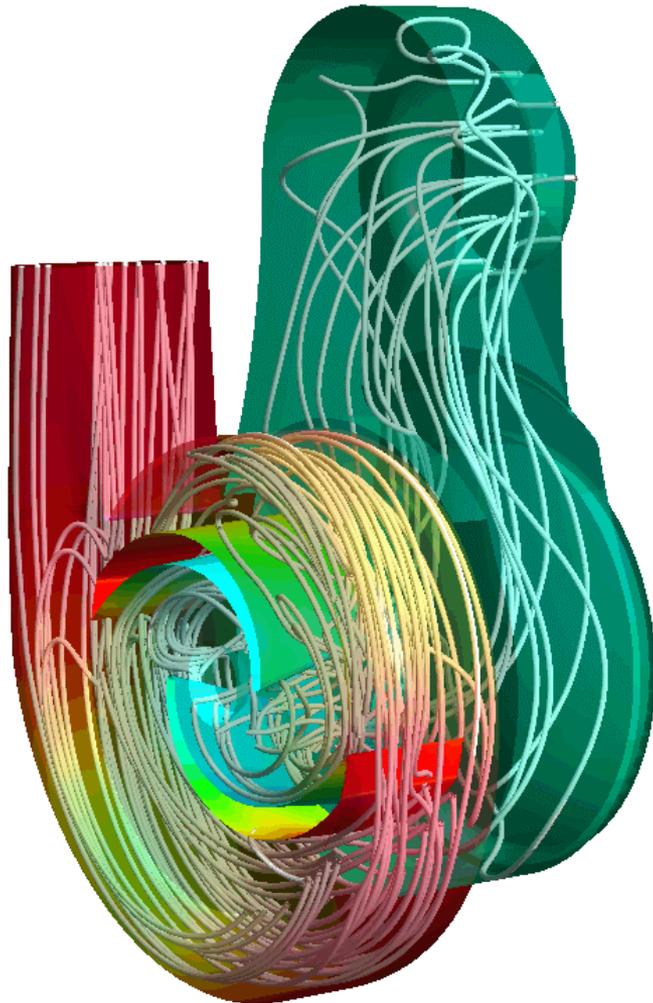
Unindustria Bologna e Cineca

L'UTILIZZO DELLA SPERIMENTAZIONE VIRTUALE PER MASSIMIZZARE GLI OBIETTIVI AZIENDALI

Cineca, 16 giugno 2011

QUANDO IL COMPUTER SOSTITUISCE L'OFFICINA DI SPERIMENTAZIONE

*Stefano Odorizzi
EnginSoft S.p.A.*



- **Background**
 - Potenzialità e fortuna dell'approccio CAE/VP
- **VP ed innovazione**
 - Impatto sulla competitività
- **Situazione e tendenze**
 - Proiezioni
 - Indagini
 - Priorità e sfide
- **Ruoli**
 - Mediatori di tecnologia
 - Strutture per l' HPC
 - Formazione
- **Conclusioni**



EVOLUZIONE DEL PROCESSO PROGETTUALE

REALTA' FISICA

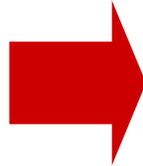
LEGGI DELLA FISICA

SOLUZIONI DELLA MATEMATICA

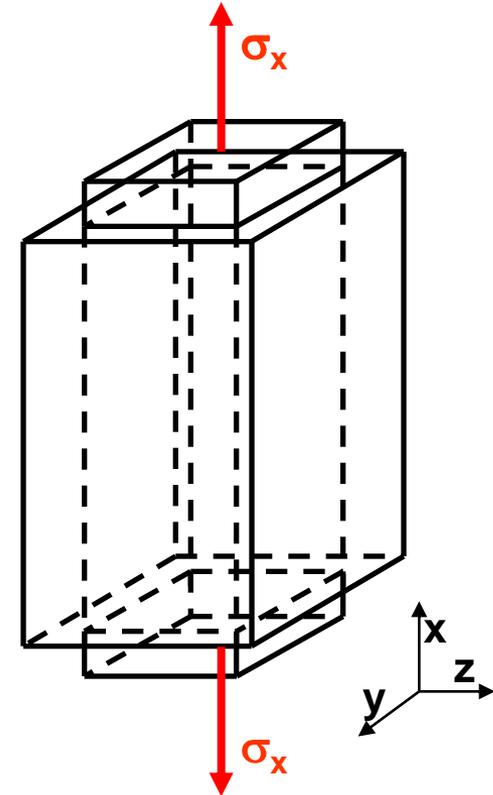
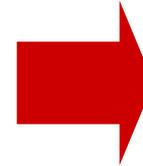
APPLICAZIONI INGEGNERISTICHE

(KNOW-HOW)

EVOLUZIONE DEL PROCESSO PROGETTUALE



$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{cases}$$

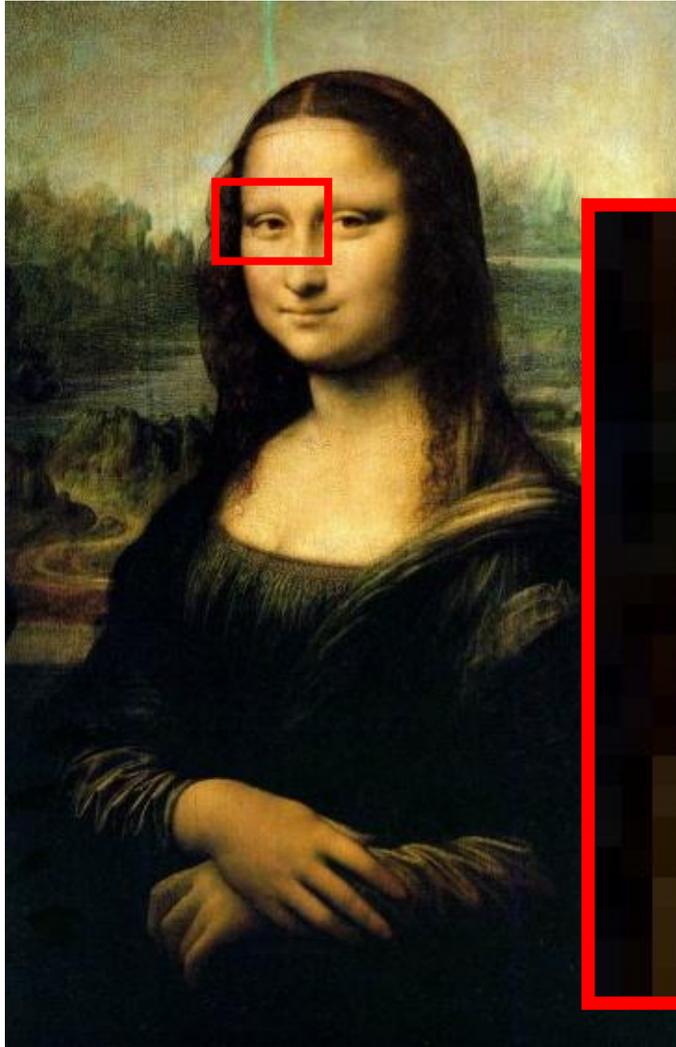


$$\begin{cases} \Delta \sigma_x + \frac{m}{m+1} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial X}{\partial x} = \frac{1}{m+1} \Delta \psi \\ \Delta \sigma_y + \frac{m}{m+1} \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + 2 \frac{\partial Y}{\partial y} = \frac{1}{m+1} \Delta \psi \\ \Delta \sigma_z + \frac{m}{m+1} \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + 2 \frac{\partial Z}{\partial z} = \frac{1}{m+1} \Delta \psi \\ \Delta \tau_{xy} + \frac{m}{m+1} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial y} + \frac{\partial Y}{\partial x} + \frac{\partial X}{\partial y} = 0 \\ \Delta \tau_{yz} + \frac{m}{m+1} \frac{\partial^2 \psi}{\partial y \partial z} + \frac{\partial Z}{\partial y} + \frac{\partial Y}{\partial z} = 0 \\ \Delta \tau_{zx} + \frac{m}{m+1} \frac{\partial^2 \psi}{\partial z \partial x} + \frac{\partial X}{\partial z} + \frac{\partial Z}{\partial x} = 0 \end{cases}$$

SINTESI PROGETTUALE (KOW-HOW, ESPERIENZA)



APPROCCIO NUMERICO





APPROCCIO NUMERICO

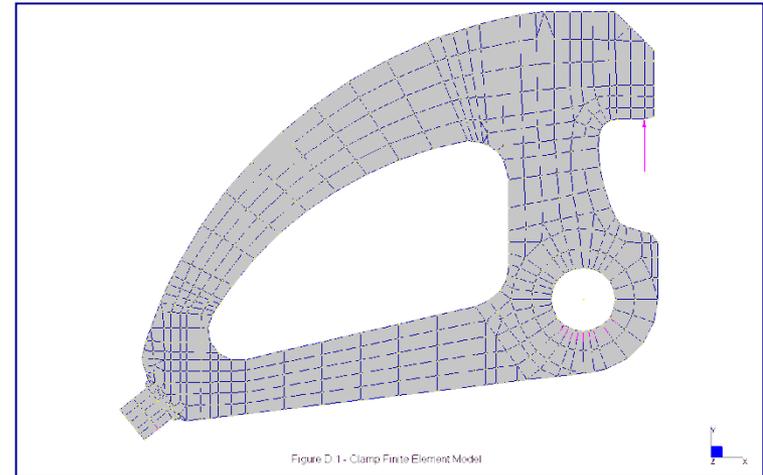
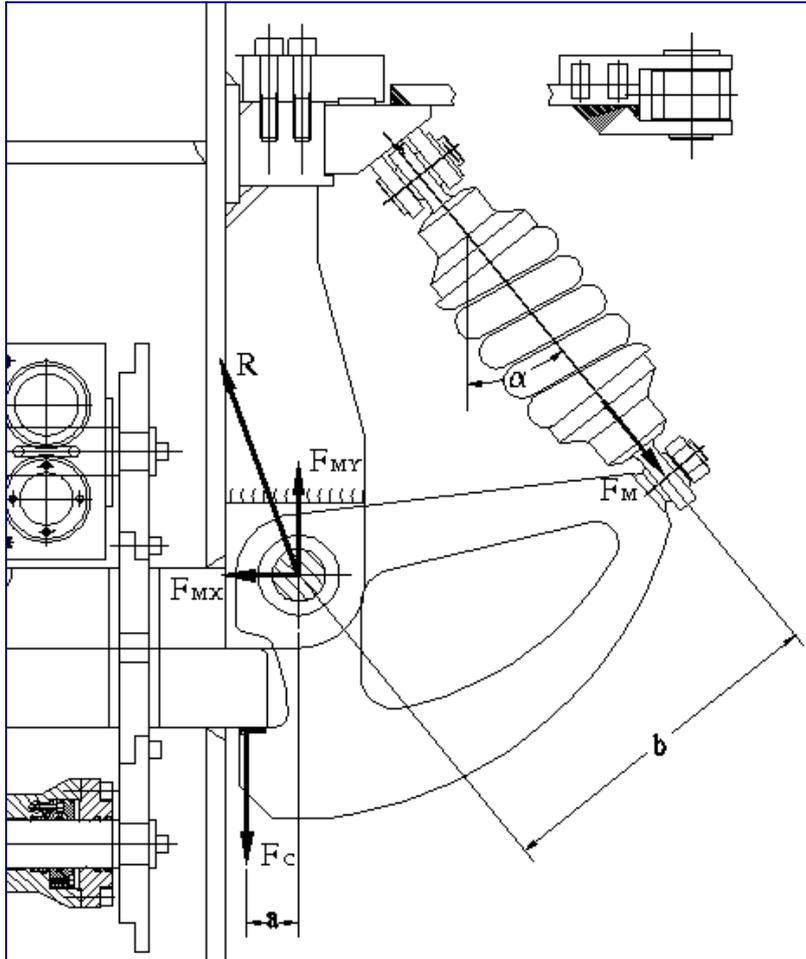


Figure D.1 - Clamp Finite Element Model

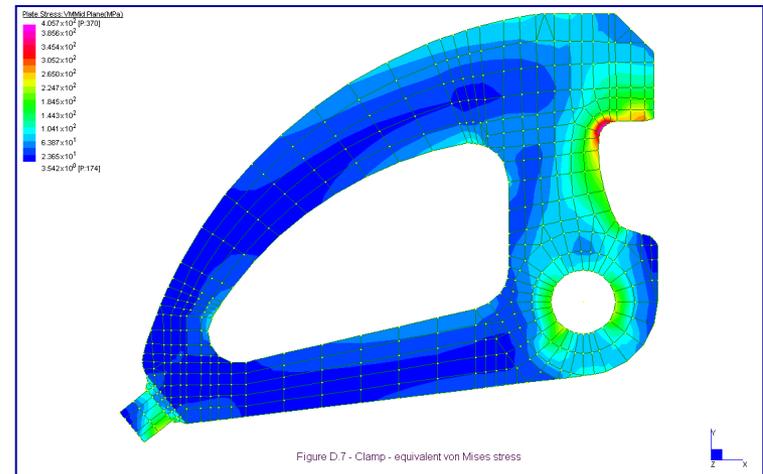
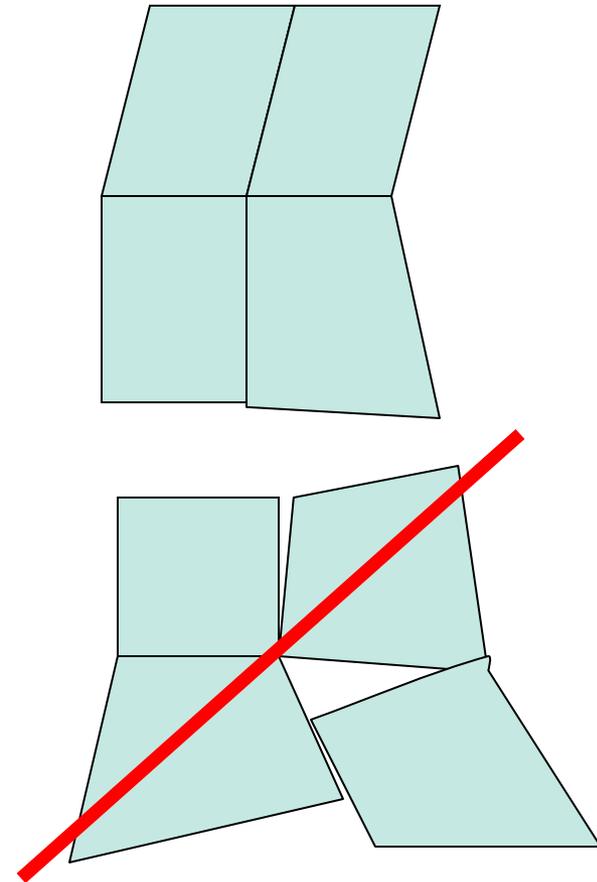
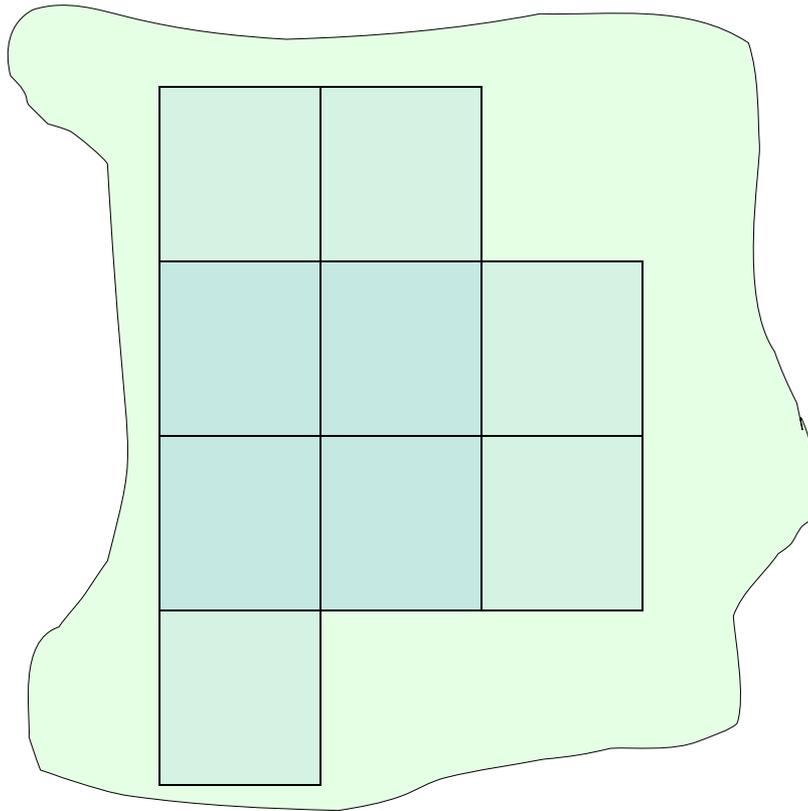


Figure D.7 - Clamp - equivalent von Mises stress

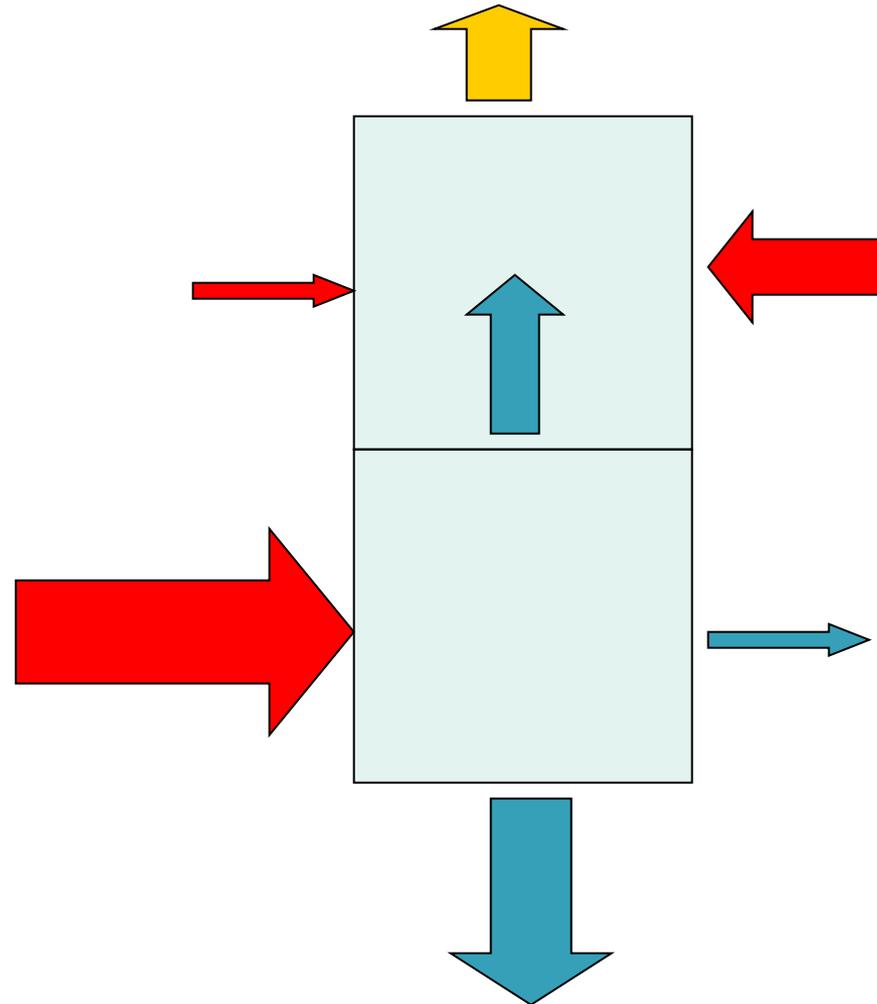
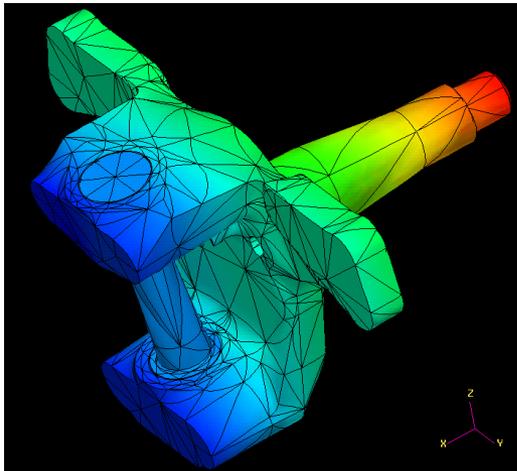
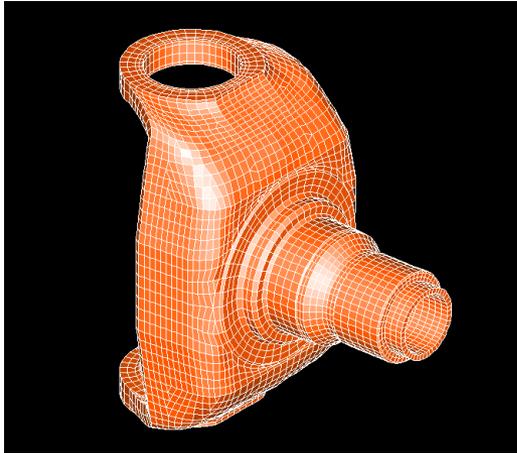


APPROCCIO NUMERICO



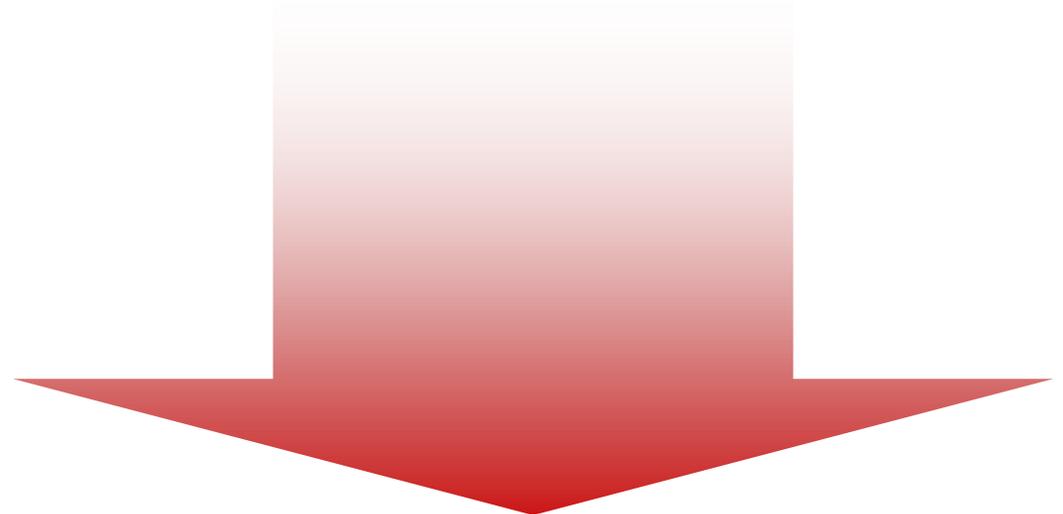
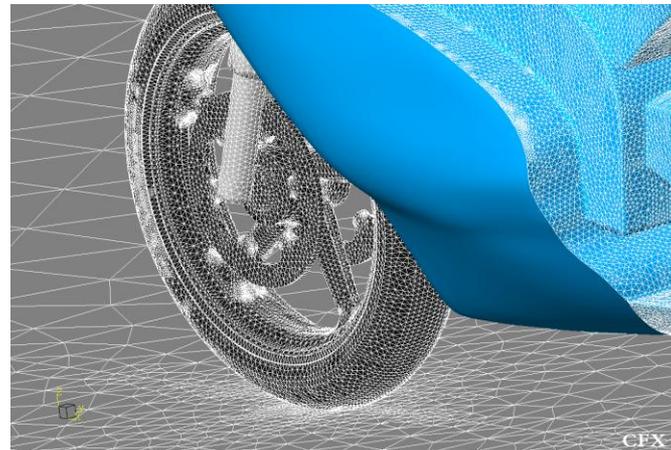
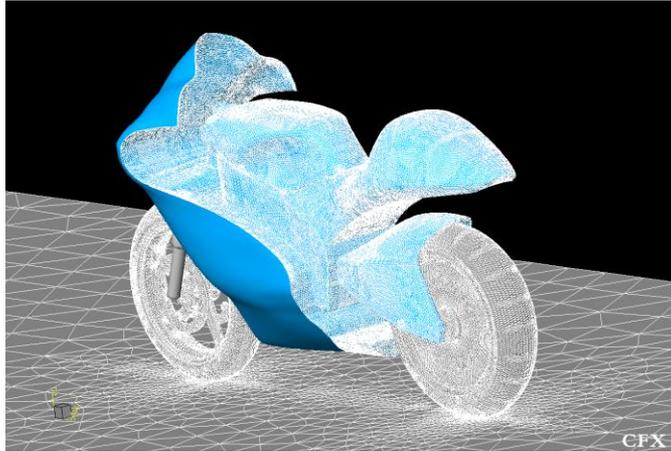


APPROCCIO NUMERICO





APPROCCIO NUM. : POTENZIALITA' E FORTUNA



**IMPATTO INDUSTRIALE
INNOVAZIONE
COMPETITIVITA'**



- **External main influences on industry growth (1)**
 - demographics
 - trends in needs
 - change in the relative position of substitutes
 - changes in the position of complementary products
 - penetration of the customer groups
- **Role of innovation (In relation to product design)**
 - “Product innovation can allow it to serve new needs, can improve the industry’s position vis-a-vis substitutes, and can eliminate or reduce the necessity of scarce or costly complementary products. **Thus product innovation can improve an industry’s circumstances relative to the 5 external causes of growth, and thereby increase the industry’s growth rate.** Product innovations have played a major part in fuelling the rapid growth of motorcycles, bicycles, and chain saws, for example”.

(1) M.E. Porter, *On competitive strategy*

- **Innovazione è cambiamento**
 - Valorizzazione della 'core knowledge'
- **Innovazione**
 - Prodotto
 - Tecnologie/processi
 - Metodi
- **Innovazione e progettazione virtuale**
 - Metodo (processo di progettazione)
 - Uno degli approcci possibili
 - Meglio se correlato a metriche di prodotto e di processo

1987

"A key part of the transition from the 'industrial' to the 'information' society is the progressive transformation of traditional organisations and companies into knowhow companies."

K. E. Sveiby, T. Lloyd, Managing Know How, 1987

2000

"Intangibles such as R&D and proprietary know-how, intellectual property, workforce skills, world-class supply networks and brands are now the key drivers of wealth production, while physical and financial assets are increasingly regarded as commodities"

Report of the European High Level Expert Group
on the Intangible Economy, 2000

SITUAZIONE E TENDENZE (EUROPA)

Crescita dell'utilizzo industriale del 400% entro il 2014

Fonte: Daratech, Engineering IT Market Research and Technology Assessment

Tecnologie 'verticali'

Risposta meccanica

Termo-fluidodinamica (CFD)

Multibody – cinetodinamica

Simulazione di processo

Acustica

Sicurezza

Tecnologie 'orizzontali'

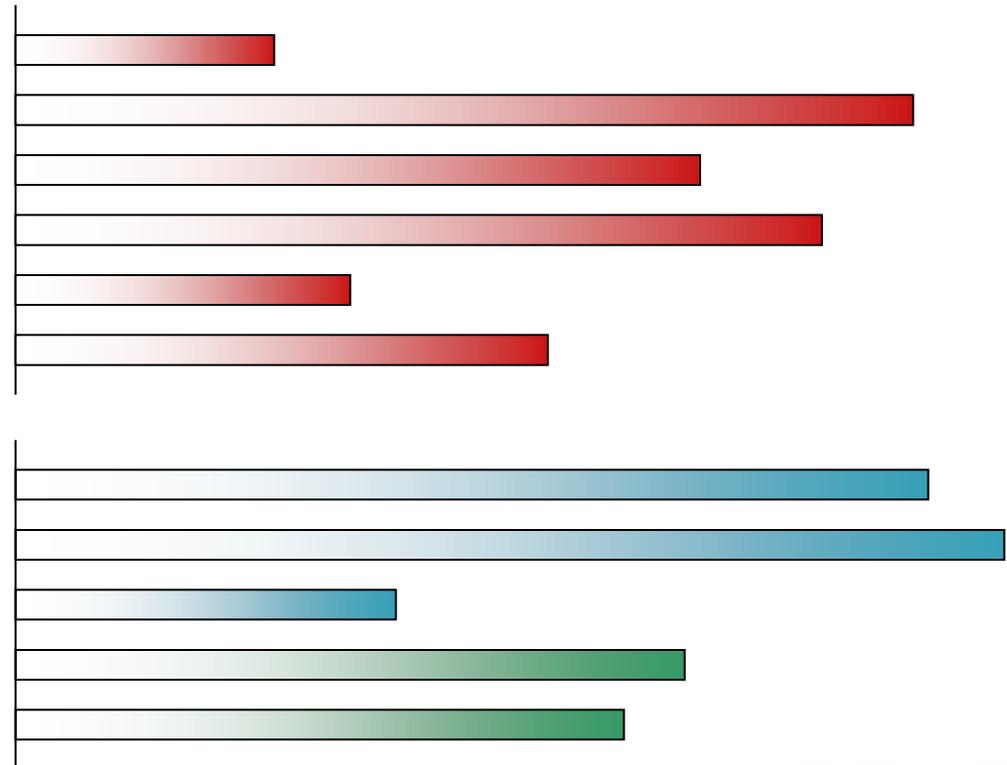
Integrazione CAD-CAE

MDO – PIDO – BIDO

KBE

(Reliability – Robust Design)

(Design by analysis)





- **FENET (2005)**
 - Coordinamento: Nafems, the International Association of the Engineering Analysis Community
 - Finanziamento: Comunità Europea
 - Partecipanti: 140 aziende, produttori software, ricerca, università
 - <http://www.fe-net.org/>
- **Rapporto del ‘Blue Ribbon Panel’ sulla ‘Simulation Based Engineering Science’ (2006)**
 - Coordinamento: National Science Foundation - USA
 - Membri: Thomas J.R. Hughes, Ted Belytschko, J. Timsley Oden, Jacob Fish, Chris Johnson, David Keyes, Alan Laub, Linda Petzold, David Srolovitz, Sideney Yip
 - Titolo: **Revolutionizing Engineering Science Through Simulation**
 - http://www.nsf.gov/pubs/reports/sbes_final_report.pdf

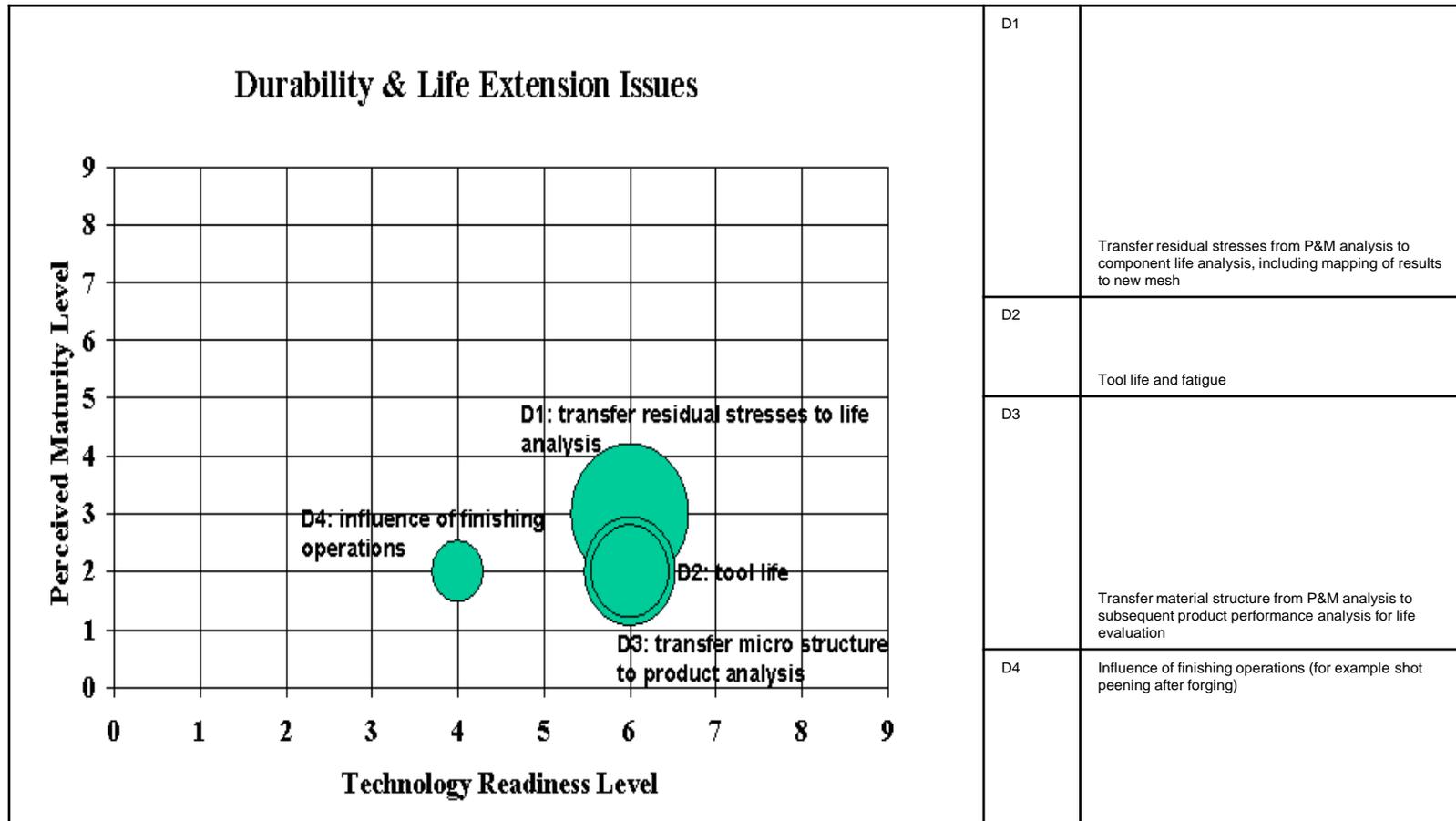
- **FENET (2005)**
- **BUSINESS DRIVERS AND TECHNOLOGY ISSUES CONFRONTING:**

- Automotive Industry
- Aerospace Industry
- Civil Engineering Industry
- Process and Manufacturing Industry
- Consumer Goods Industry
- Power Industry
- Biomechanics Industry
- Marine & Offshore Industry



- **GROUPED ACCORDING TO FOUR TECHNOLOGY AREAS:**
 - Durability and Life Extension
 - Product and System Optimization
 - Multiphysics and Analysis Technology
 - Education and Dissemination

Fenet: maturità delle tecnologie





- **FENET – Automotive Industry Requirements**
 - Fracture mechanics, crack growth and assessment and residual strength prediction (adaptive mesh)
 - Composite materials characterization
 - Fatigue life prediction & assessment
 - Damage/deterioration modeling and assessment
 - Reliability and probabilistic analyses
 - Creep and related time-dependent phenomena
 - Buckling and post-buckling
 - Modeling and assessment of residual stresses (due to welding, molding, casting, etc.)
 - Modeling and assessment of bonding
 - Modeling and assessment of welds

- **FENET – Automotive Industry Requirements**
Product & System Optimization, Modelling and Analysis Requirements
 - Linear multidisciplinary optimization (structural)
 - Nonlinear multidisciplinary optimization
 - Linear/nonlinear multiobjective optimization
 - Linear/nonlinear shape optimization
 - Less memory consuming codes
 - Use of general purpose optimization tools for ‘non-FE’ models
 - Use of decision support tools for management issues
 - Use of decision support tools for design issues



- **FENET – Automotive Industry Requirements**
- Multi-Physics & Analysis Technology – Modeling and Analysis Requirements**
 - Multi disciplinary robust design
 - As manufactured models
 - As assembled models
 - Product virtual assessment
 - Standards to link highly specialized codes
 - Structure-compressible fluid interaction
 - Structure-incompressible fluid interaction
 - Coupled analysis for structure/aero-elastics/aerodynamics/acoustics
 - Thermo-mechanical interaction ad thermo-elastic deformation
 -
 - Structure-kinematics control logic
 -
 - Multi-scale analysis



- **FENET – Automotive Industry Requirements**
- Multi-Physics & Analysis Technology – Modeling and Analysis Requirements**
 -
 - Sheet & plate metal forming
 - Forging
 - Casting
 - Molding
 - Extrusion
 - Joining
 - Welding processes
 - Heat treatment processes
 - Contact analysis
 -
 - Dynamic (near-)-real-time mathematical model test correlation/update
 -
 - Support for materials (Phys. Representation, Failure, Damage, Multi-scale..)



- **Rapporto del ‘Blue Ribbon Panel’ sulla ‘Simulation Based Engineering Science’ “Revolutionizing Engineering Science through Simulation” – Definizioni, premesse**
 - SBES: l’insieme delle discipline che forniscono i presupposti scientifici e matematici per la simulazione di sistemi ingegnerizzati
 - SBES: la fusione di conoscenze e tecniche dell’ingegneria tradizionale con le conoscenze e tecniche della ‘computer science’, della matematica e delle scienze fisiche e sociali.
 - L’**impatto** già consistente di questi approcci nei diversi settori dell’ingegneria **non** è l’indice più rilevante delle potenzialità della SBES: **ci sono, all’orizzonte, un gran numero di tecnologie che non possono essere capite, sviluppate, industrializzate ed utilizzate senza l’uso della simulazione. E si tratta di tecnologie che sono, o saranno, critiche per la leadership** di una nazione in settori della scienza e **dell’ingegneria**, e che quindi costituiscono, o costituiranno a breve, una assoluta priorità per ogni nazione



- **Rapporto del ‘Blue Ribbon Panel’ sulla ‘Simulation Based Engineering Science’ “Revolutionizing Engineering Science through Simulation”**
- **Il Pay-off della SBES**
 - Nella **medicina**...nella quale la maggior parte delle malattie (cardiache, respiratorie, neoplastiche, ...) e delle relative cure... comportano reazioni fisiche complesse ed interazioni tra sistemi biologici dal livello molecolare alla scala dell’organismo. La simulazione ne può aumentare radicalmente la comprensione, e contribuire, quindi, al miglioramento delle cure
 - Nella **sicurezza nazionale**, in relazione allo sviluppo di sistemi che proteggano l’uomo e le infrastrutture, e, quindi, in relazione all’ambiente (ad esempio rispetto alla polluzione di inquinanti), a catastrofi naturali (terremoti, uragani), alla gestione delle riserve d’acqua ed alimentari, alla distribuzione dell’energia...
 -



- **Il Pay-off della SBES**

- Nell'**innovazione** quanto all'identificazione ed all'impiego di nuovi materiali, dove i **modelli multiscala** e la simulazione stanno trasformando la scienza e la tecnologia stessa di sviluppo. La SBES apre frontiere inimmaginabili quanto alla possibilità di manipolare materiali metallici, ceramici, semiconduttori, supermolecolari e polimerici, producendo strutture e sistemi con proprietà fisiche, chimiche, elettroniche, ottiche e magnetiche senza precedenti. La SBES è destinata a giocare un ruolo chiave nella nanoscienza,...permette di legare metodi elettronico-strutturali necessari per trattare le nuove nanostrutture e le relative proprietà funzionali con tecniche sia a livello atomico che a mesoscala.... La base concettuale della simulazione del comportamento dei materiali abbraccia tutte le scienze fisiche; **i modelli multiscala sono quantificabili**, e, quindi, le assunzioni empiriche possono essere sostituite da descrizioni basate sulla fisica; i fenomeni possono essere visualizzati evidenziando aspetti che non potrebbero essere evidenziati da nessun altro sistema di osservazione sperimentale.



- **Il Pay-off della SBES**

- Nell'industria la SBES è ormai ovunque. La sua piena valorizzazione richiede, però:
 - che si sviluppino sistematicamente **modelli multi-scala**;
 - che si espandano i metodi oggi disponibili per la simulazione, a livello macroscopico, di **processi manifatturieri**, tenendo conto di comportamenti a livello **meso e nano**;
 - che si implementino sistemi capaci di trattare effettivamente l'integrazione di sistemi complessi in ottica di **ottimizzazione multi-obiettivo e multi-disciplinare**, e di **progettazione robusta**;
 - che si possa accertare la validità della sperimentazione virtuale attraverso tecniche di **validazione**, verifica, e **qualificazione delle incertezze**;
 - che si migliori ulteriormente quanto disponibile per la generazione dei modelli, in relazione a geometrie complesse e/o a dimensioni complessive del modello, sia in sede di pre-processamento che di post-processamento.

SBES – Priorità e sfide

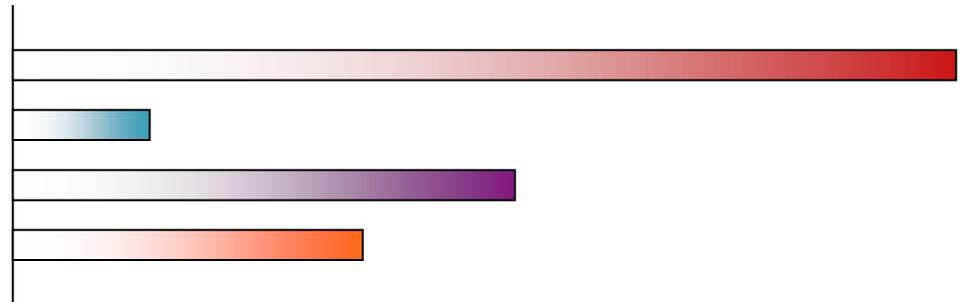
Sviluppo di modelli multi-scala

Comunità scientifica

Sviluppatori di software commerciali

Sviluppatori di software specialistici

Industria/utilizzatori



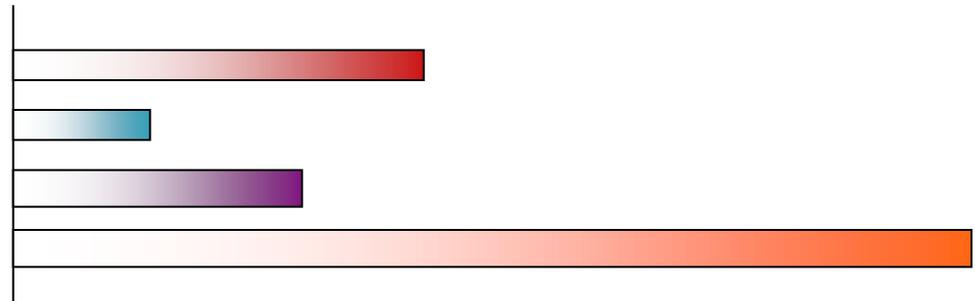
V & V (Validazione e verifica)

Comunità scientifica (1)

Sviluppatori di software commerciali

Sviluppatori di software specialistici

Industria/utilizzatori (2)



- (1) Karl Popper (filosofo della scienza): “una teoria scientifica non può essere validata, può solo essere invalidata”
- (2) Confidenza per l’assunzione delle decisioni. Trattamento delle incertezze.

SBES – Priorità e sfide

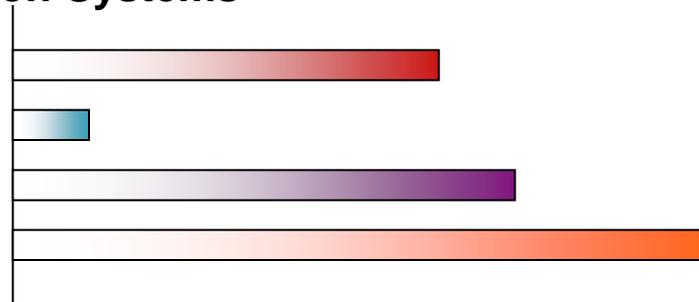
DDAS – Dynamic Data Driven Application Systems

Comunità scientifica

Sviluppatori di software commerciali

Sviluppatori di software specialistici

Industria/utilizzatori



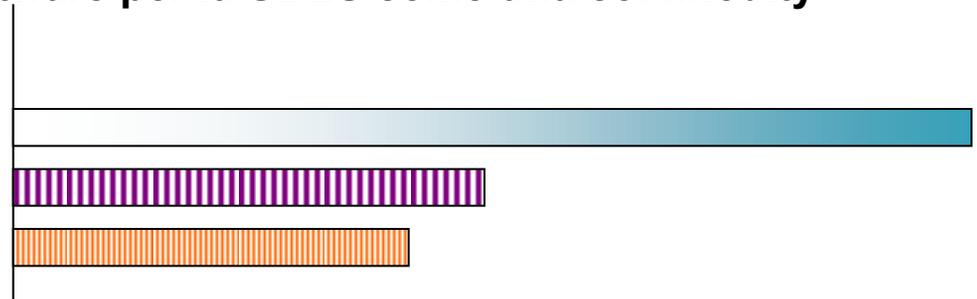
L'utilizzatore guarda/non guarda ai software per la SBES come una commodity

Comunità scientifica

Sviluppatori di software commerciali (1)

Sviluppatori di software specialistici

Industria/utilizzatori



(1) Lo sviluppatore di software commerciale segue la "domanda" del mercato – spesso viziata

SBES – Priorità e sfide

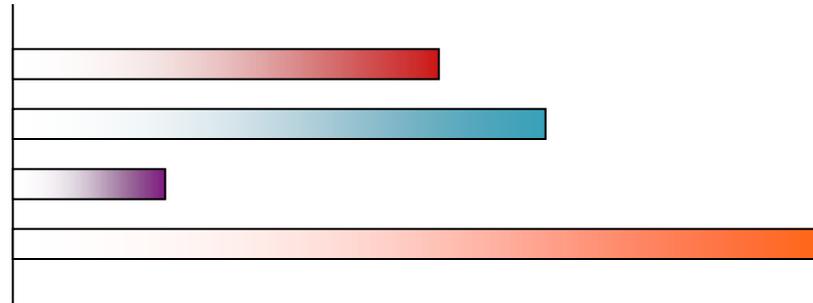
Gestione e visualizzazione dei dati

Comunità scientifica

Sviluppatori di software commerciali

Sviluppatori di software specialistici

Industria/utilizzatori



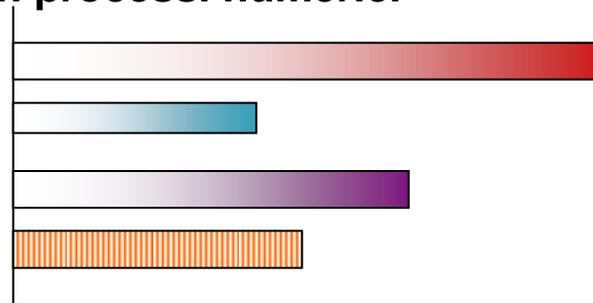
Trasposizione di processi matematici in processi numerici

Comunità scientifica

Sviluppatori di software commerciali

Sviluppatori di software specialistici

Industria/utilizzatori



SBES – Priorità e sfide

Conoscenze (1), Formazione, Profili professionali

Comunità scientifica

Sviluppatori di software commerciali

Sviluppatori di software specialistici

Industria/utilizzatori



(1) “The crisis of the knowledge explosion”



PERCHE' ENGINSOFT ?
PERCHE' CINECA ?

PERCHE' CINECA CON ENGINSOFT ?



REALTA' FISICA
LEGGI DELLA FISICA
SOLUZIONI DELLA MATEMATICA
APPROCCIO NUMERICO
SOFTWARE
MODELLI
INTEGRAZIONE
(ESPERIENZA)



- **...Quando il computer sostituisce l'officina di sperimentazione**
- **Può il computer sostituire l'officina di sperimentazione ?**
 - **Adeguatezza degli strumenti** (software ed hardware)
 - Uno strumento software inadeguato (od utilizzato male) è del tutto inutile, quando non genera addirittura confusione
 - Può portare a decisioni errate con impatto (negativo) sull'innovazione del processo progettuale (e produttivo)
 - Una struttura hardware inadeguata, può rendere inadeguata l'applicazione software (dimensioni del problema, tempi di calcolo, visualizzazioni, ...)
 - **Competenza del personale addetto** (diretto, od utilizzato attraverso consulenza)
 - Strumenti sofisticati (e sintesi multi-livello, multi-disciplinari e multi-obiettivo) richiedono competenze adeguate; essi richiedono, a maggior ragione, **esperienza e maturità** specifiche del **contesto applicativo**
 - La sola semplicità d'uso formale della tecnologia, non forma l'esperto: ammazza, piuttosto, l'intelligenza



- **...Quando il computer sostituisce l'officina di sperimentazione**
- **Può il computer sostituire l'officina di sperimentazione ?**
 - **Affidabilità dei risultati**
 - IMPRESCINDIBILE
 - Livello delle previsioni (rispetto alla sperimentazione fisica) previsioni assolute e previsioni relative
 - Coerenza del processo progettuale (e contesti applicativi)
 - **Integrazione**
 - Tra le diverse applicazioni
 - Delle applicazioni nel processo progettuale e produttivo
 - 'Feedback'
 - Crescita e trasmissione del know-how
 - **Reingegnerizzazione dei processi**
 - Innovazione è cambiamento

- **ENGINSOFT E CINECA: SINTESI E 'LABORATORIO' IDEALE**

Adeguatezza degli strumenti software ed hardware



- **Offerta software unica per completezza e specificità**
- **Massimi livelli dell' HPC**

Competenza del personale addetto



- **Formazione, affiancamenti**
- **Progetti congiunti**
- **Ricerca industriale**

Affidabilità dei risultati



- **'Design Chain'**
- **Applicazioni 'end-to-end'**

- **ENGINSOFT E CINECA: SINTESI E 'LABORATORIO' IDEALE**

Integrazione



- **Strumenti (unici) per la PIDO**
- **Sintesi dei risultati, statistica, 'data mining', 'business analytics'**

Reingegnerizzazione dei processi

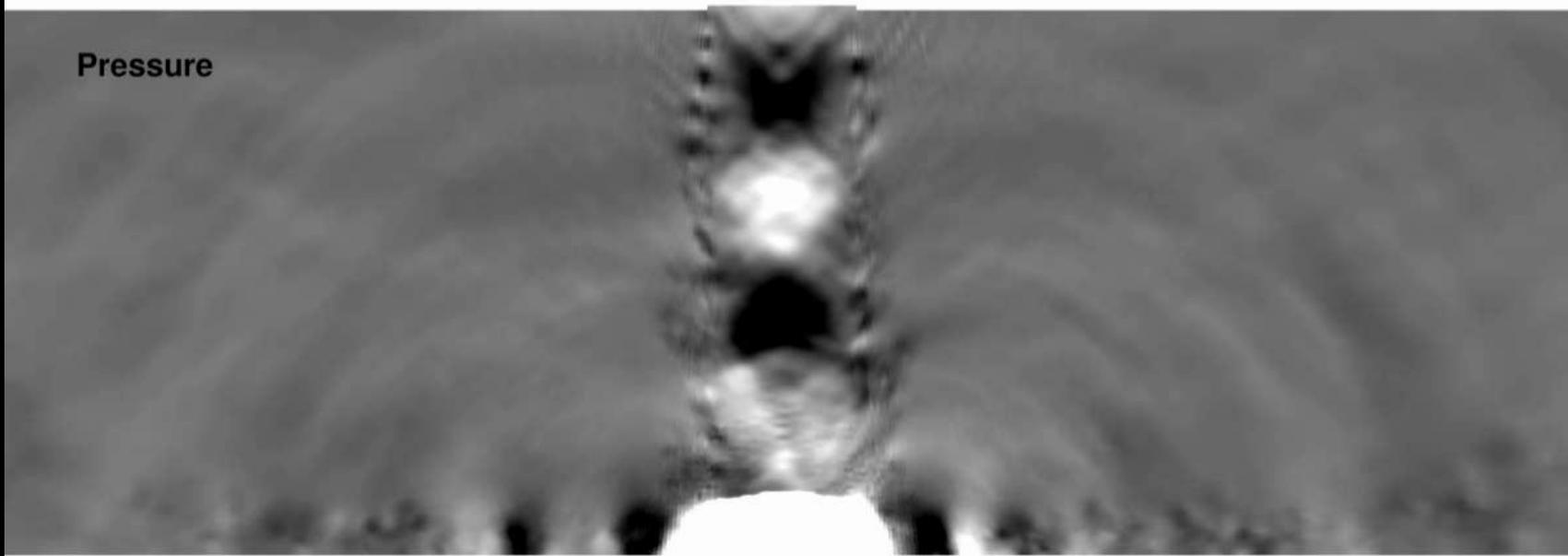


- **CAE assessment**
- **Training and recruitment initiative**

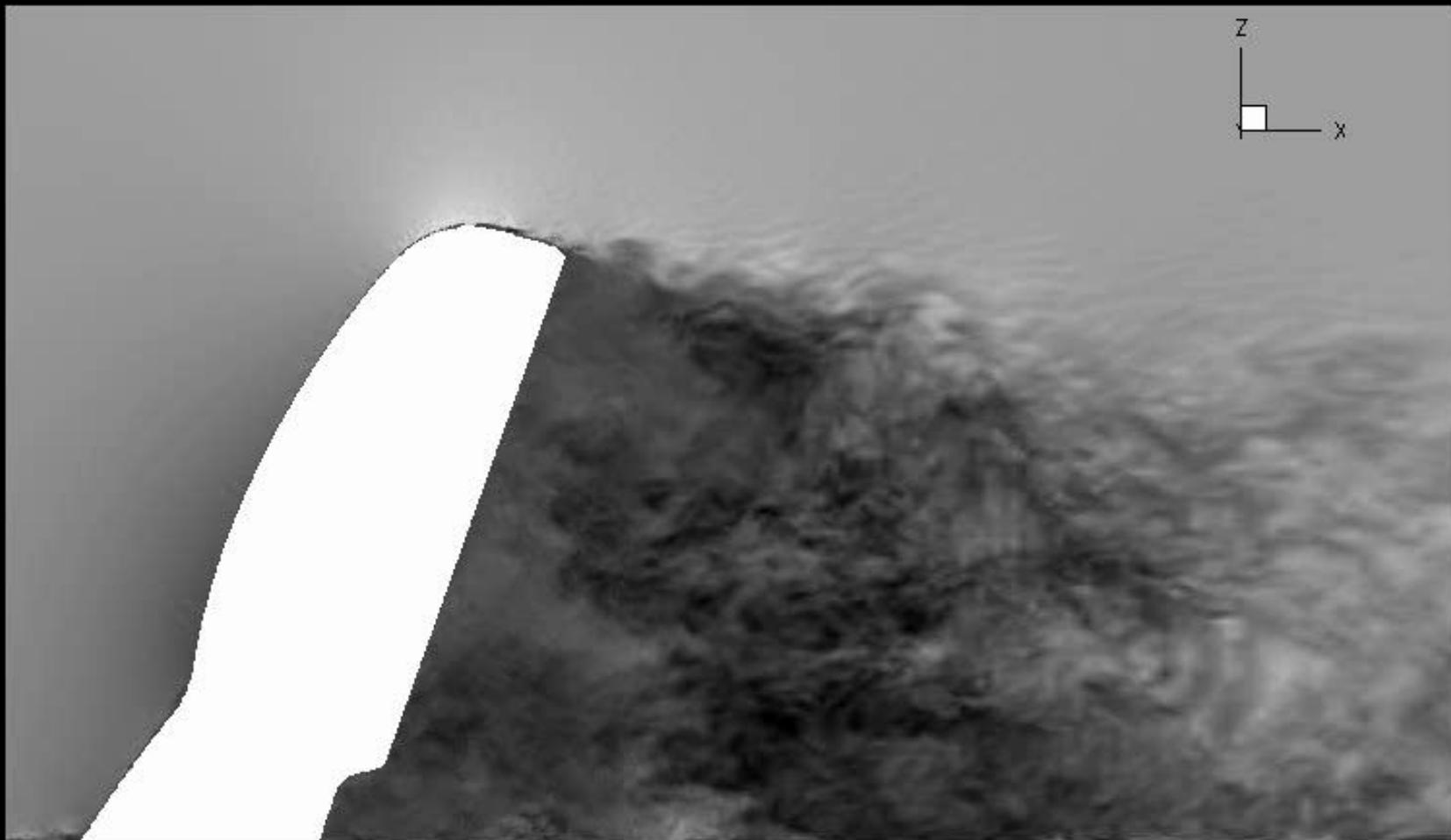
Temperature



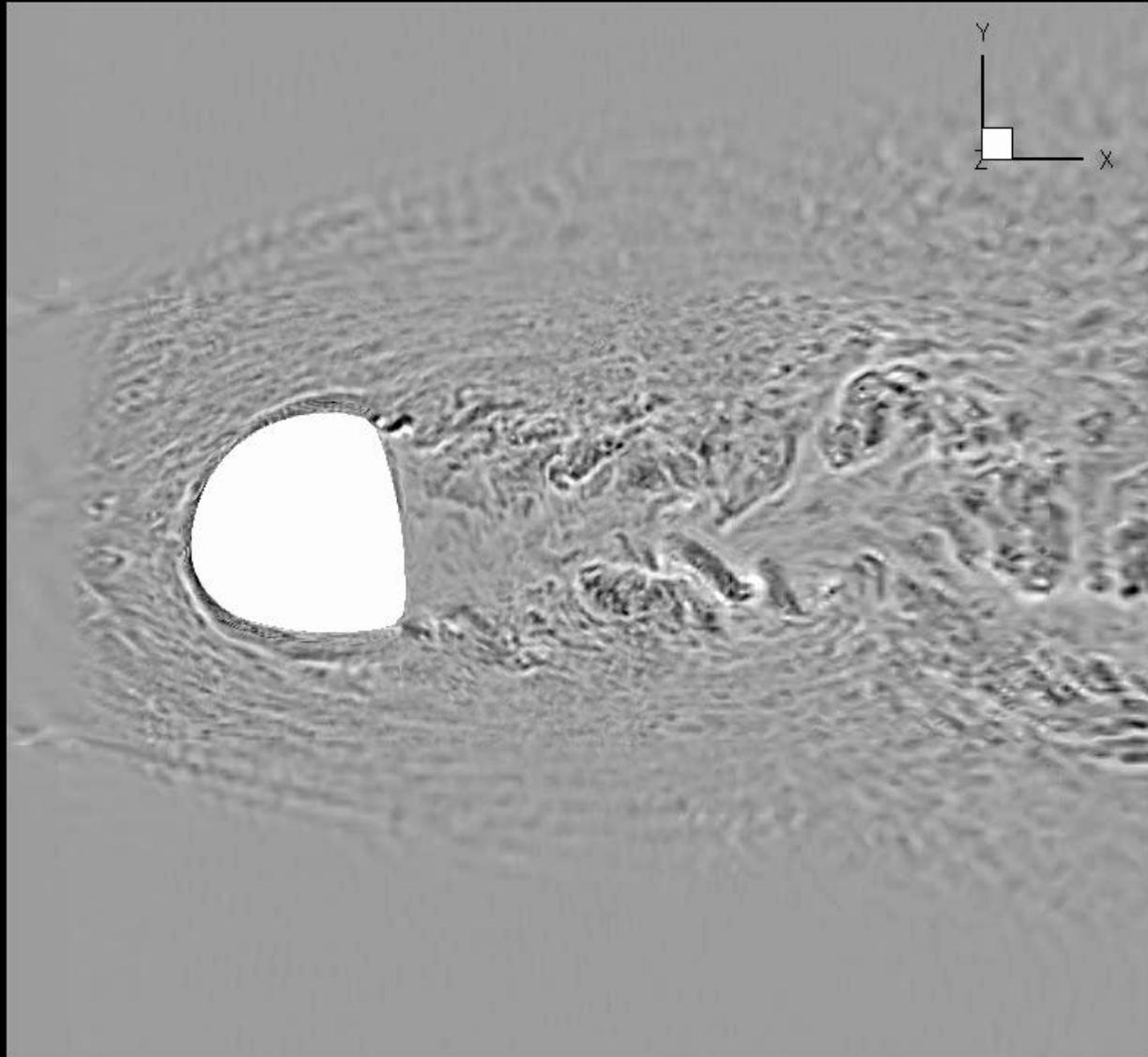
Pressure



Jet impingement

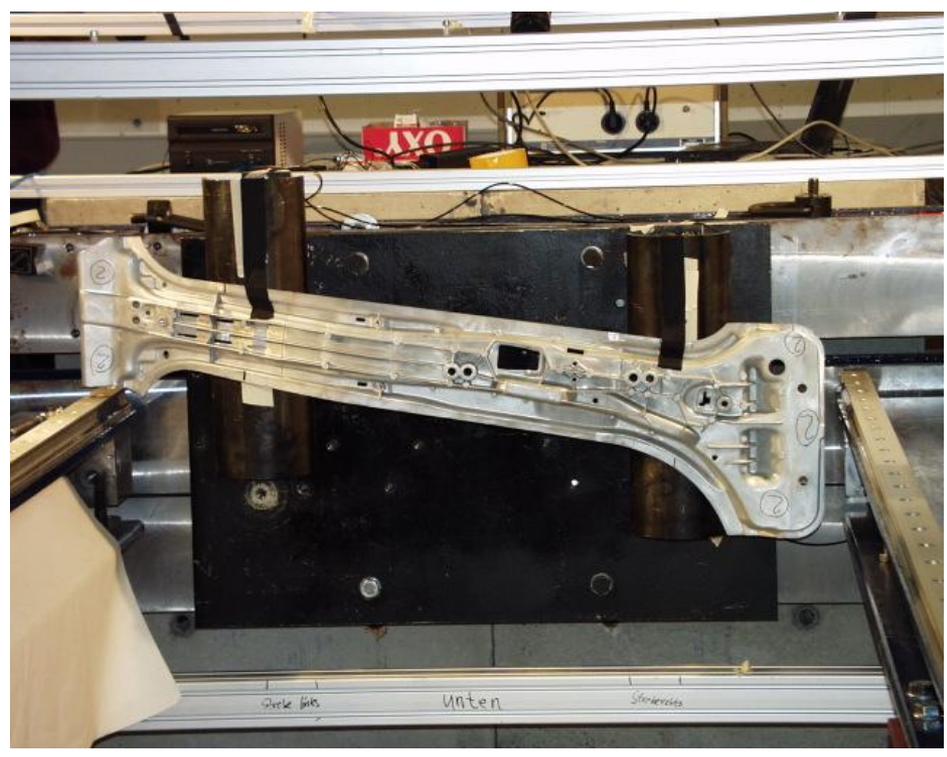
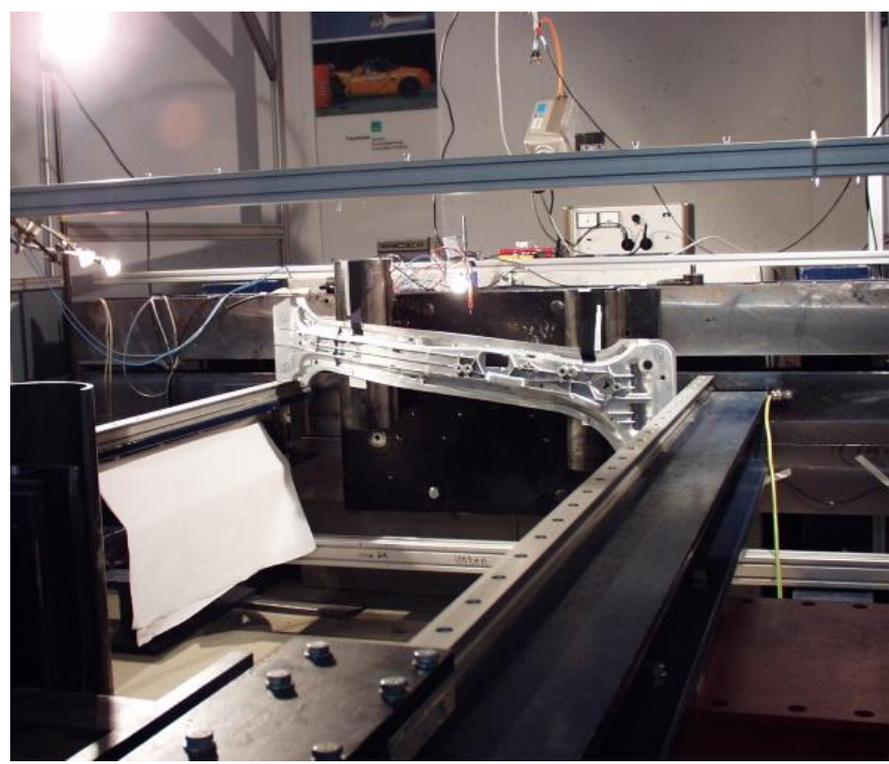


Mirror

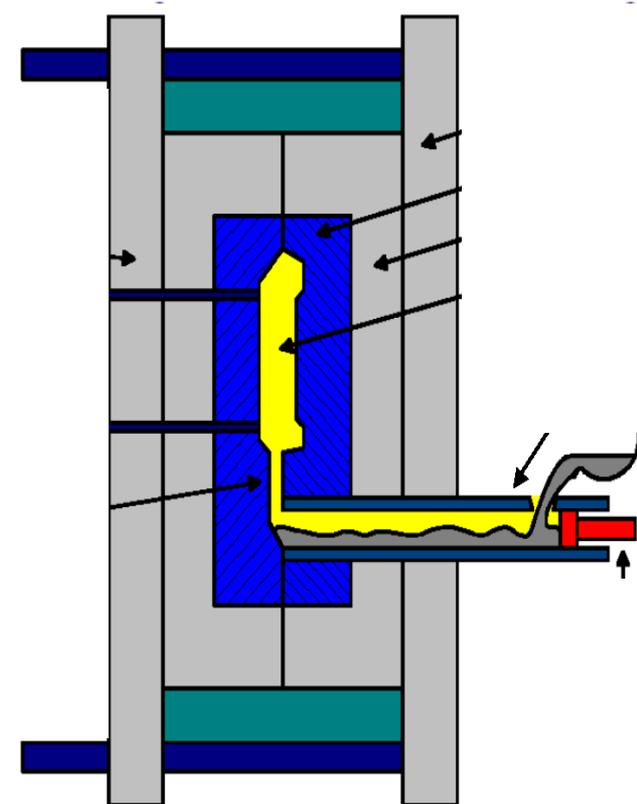
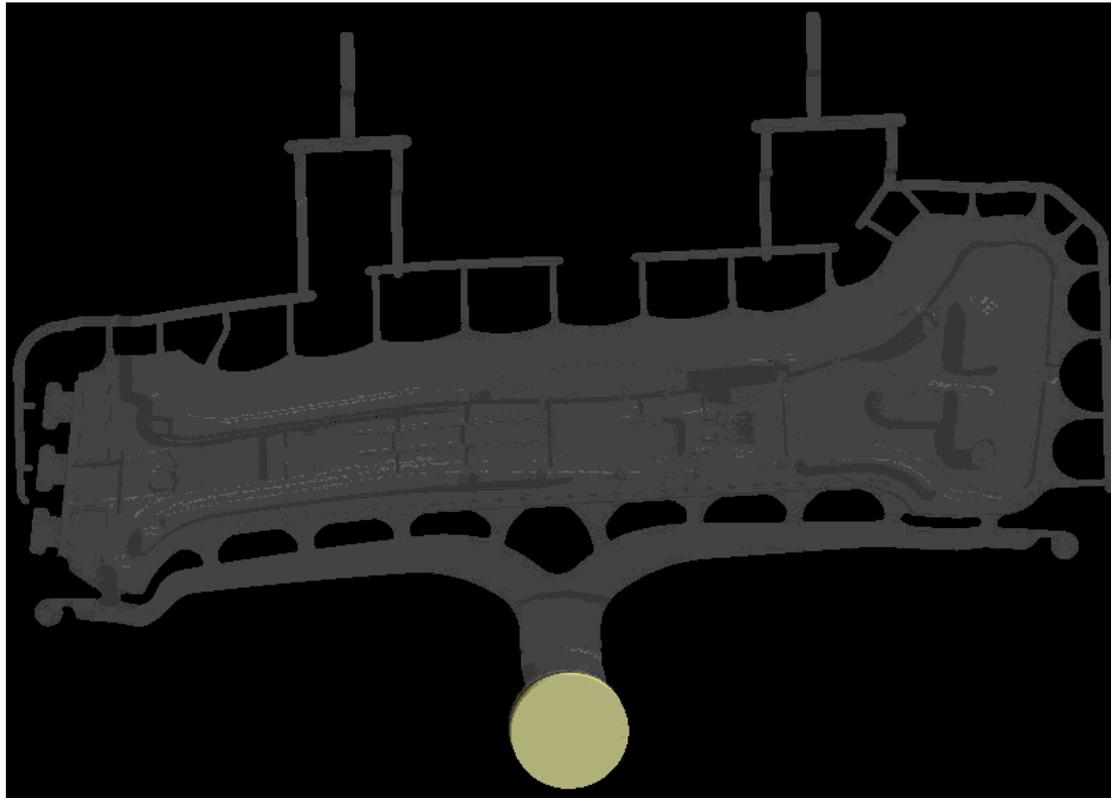


Mirror

...simulation against testing (crash test)



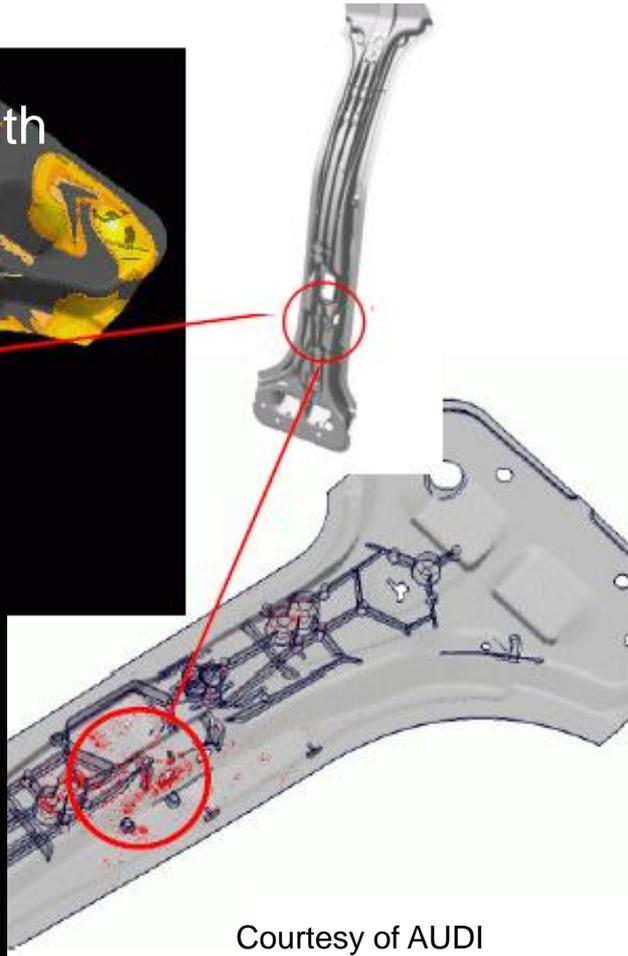
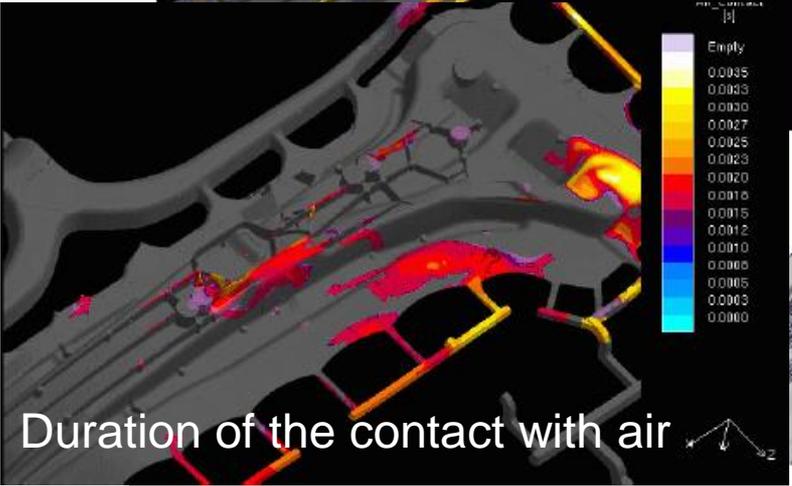
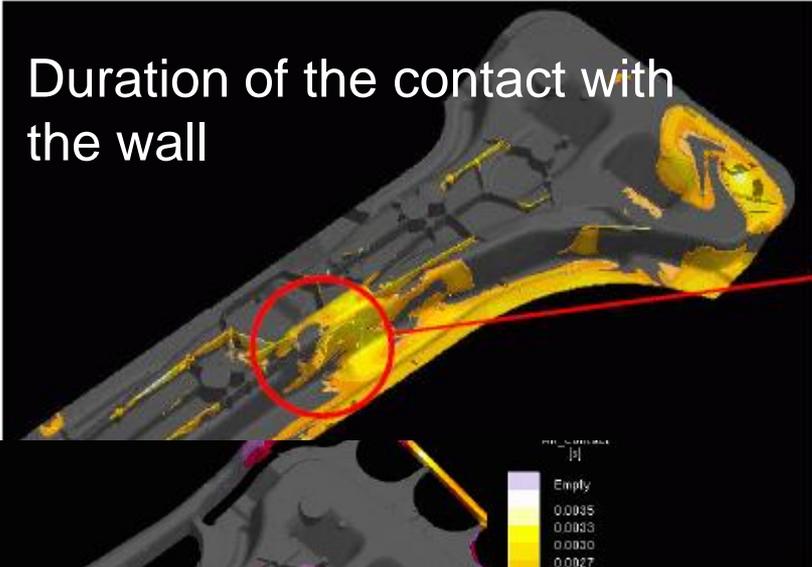
Crash including 'true' properties and casting defects



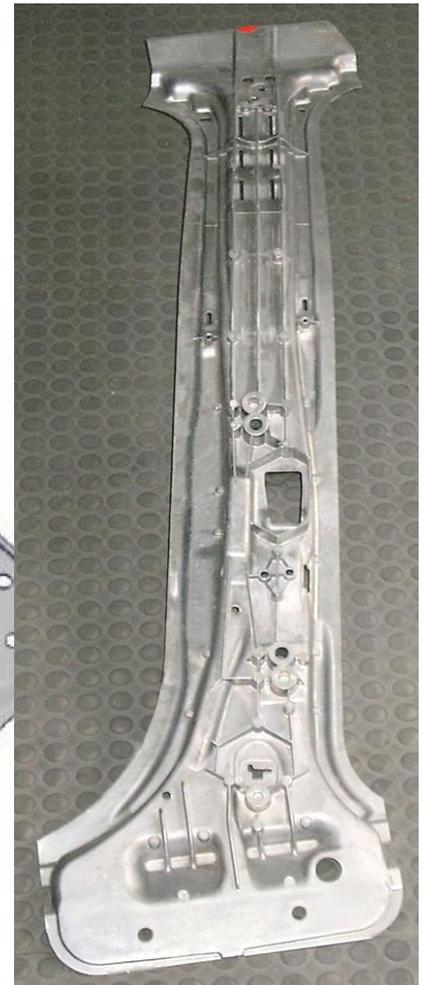
HPDC: The cavity filling is the more critical process phase



DESIGN CHAIN

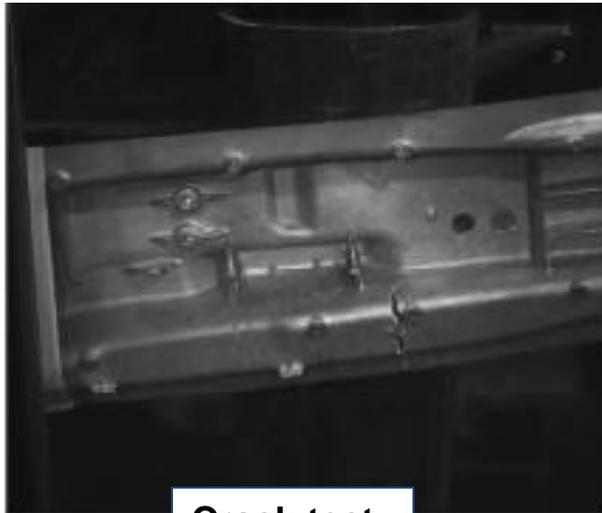


Courtesy of AUDI

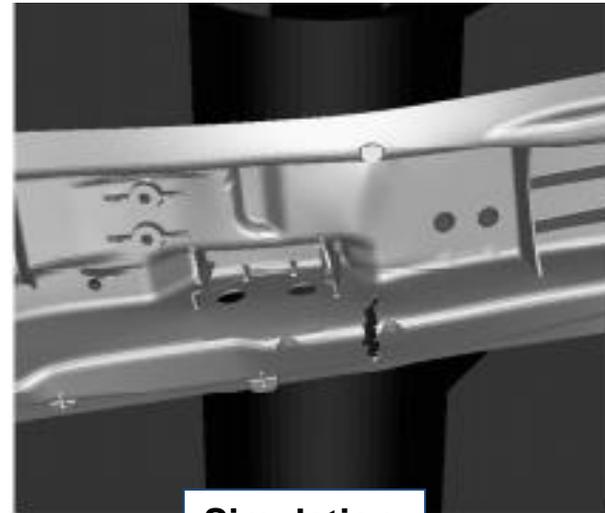




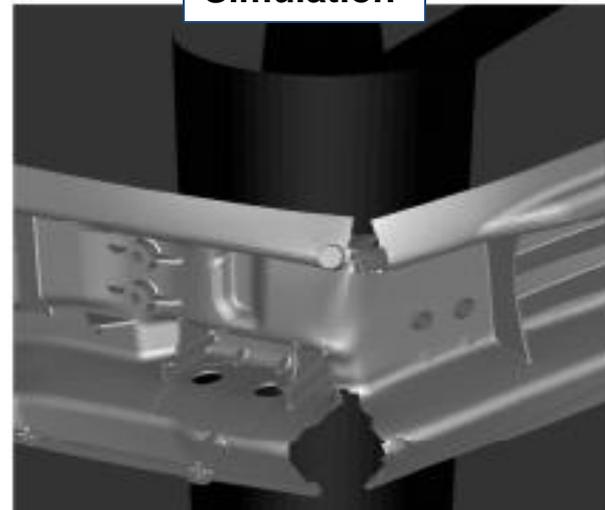
DESIGN CHAIN



Crash test



Simulation



INTEGRAZIONE – LOGICA DEL PROCESSO

Semplici WORKFLOWS

Input Variables	Output Variables	Transfer Variables	Objectives	
Name	Variable Ty...	Constant	Expression	Lower Bou
0 LRUN	Variable	0.000E0		5.500
1 LEXH	Variable	0.000E0		2.900
2 lmax	Variable	0.000E0		2.900

SOTTOSISTEMI

Input Variables	Output Variables	Transfer Variables	Objectives	Constraints				
Name	Variable Ty...	Constant	Expression	Lower Bound	Upper Bound	Base	Step	Format
0 Zpar	Variable	0.000E0		-2.441E2	-9.412E1	151	1.000E0	0.000000
1 AlfaAlettone	Variable	0.000E0		-2.000E0	2.000E0	101	4.000E-2	0.000000

COMPLESSITA'

Input Variables	Output Variables	Transfer Variables	Objectives	Constraints				
Name	Variable Ty...	Constant	Expression	Lower Bound	Upper Bound	Base	Step	Format
0 Zpar	Variable	0.000E0		-2.441E2	-9.412E1	151	1.000E0	0.000000
1 AlfaAlettone	Variable	0.000E0		-2.000E0	2.000E0	101	4.000E-2	0.000000



GRAZIE PER L'ATTENZIONE