Centro Interdipartimentale
per la Ricerca Applicata e i Servizi
nel Settore della Meccanica Avanzata e della Motoristica

InterMech Mo.Re.

Unità Operativa di Ricerca 1.3
Sviluppo di Sistemi di Produzione Automatizzati e Robotizzati

Responsabile

Prof. Ing. Angelo O. Andrisano

Team

Ing. M. Pellicciari, ricercatore — Ing. F. Leali, ricercatore
Ing. G. Berselli, ricercatore dedicato — Ing. C. Renzi, ricercatore dedicato
Ing. F. Pini, personale tecnico — Ing. F. Gherardini, personale tecnico dedicato
Ing. G. Davoli, ricercatore dedicato — Ing. S. A. Gallo, personale tecnico dedicato

AGENDA

- Presentazione del team
- Progettazione Integrata e Simulazione
  - Multi Criteria Decision Making
  - Sviluppo prodotto: il progetto GRAF spa
  - Green Design: Robotica e Automazione
- Impianti Industriali e Logistica
- Design Industriale per la Meccanica Avanzata

TEAM 1/3

Responsabile: Prof. Ing. Angelo O. Andrisano



Marcello Pellicciari

2000- Ricercatore confermato per il SSD ING-IND/15 – Disegno e Metodi dell'Ingegneria Industriale, Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Civile, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia,

2004 – Membro del Consiglio direttivo SIRI, Associazione Italiana d Robotica e Automazione

2010 – Associate editor IJIDEM, International Journal of Interactive Design and Manufacuring (Springer);



Francesco Leali

2002 - Laurea in Ingegneria Meccanica presso Università degli Studi di Modena;

2006 - Dottorato di Ricerca in Ingegneria Meccanica presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, tesi "Metodologie di Design for Robotic Manufacturing (Robofacturing) per il disegno, la progettazione integrata e la simulazione di sistemi robotizzati";

2005 - Ricercatore a tempo indeterminato per il SSD ING-IND/15 – Disegno e metodi dell'Ingegneria Industriale;

2005 - Ricercatore Laboratorio SIMECH, INTERMECH, INTERMECH-MORE.



Giovanni Berselli

2004 - Laurea in Ingegneria Meccanica presso Università degli Studi di Modena;

2009 - Dottorato di Ricerca in Ingegneria Meccanica presso l'Università degli Studi di Bologna, tesi "On Designing Compliant Actuators based on Dielectric Elastomers for Robotic Applications";

2011 - Ricercatore a tempo determinato per il SSD ING-IND/15 – Disegno e metodi dell'Ingegneria Industriale



Cristina Renzi

2006 - Laurea in Ingegneria Meccanica presso Università degli Studi di Bologna ";

2009 - Dottorato di Ricerca in Ingegneria Meccanica presso Università degli Studi di Bologna, tesi *"Metodi di ottimizzazione morfologica nel progetto preliminare di propulsori aeronautici avanzati";*

2010 - Assegno di ricerca presso Centro Interdipartimentale INTERMECH-MORE dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia "*Studio ed applicazione di metodi e tecniche numeriche per l'ottimizzazione di sistemi meccanici automatizzati e robotizzati.*

TEAM 2/3

Responsabile: prof. ing. Angelo O. Andrisano



Fabio Pini

2005 - Laurea in Ingegneria Meccanica presso Università degli Studi di Modena "*Progettazione Integrata e Disegno di un Sistema di Cardatura Robotizzato*".

2008 – Dottorato di Ricerca presso Scuola di Dottorato "High Mechanics and Automotive Design & Technology", indirizzo "Metodi di Simulazione e Progettazione Meccanica", dell'Università di Modena, dal titolo *"Sviluppo di una Metodologia Ingegneristica per la Progettazione Integrata di Celle di Produzione Robotizzate, Modulari e Riconfigurabili";*

2008 – Tecnico per il Centro Interdipartimentale INTERMECH-MORE dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, dove si occupa di attività di progettazione integrata e simulazione per lo sviluppo di sistemi industriali robotizzati in partnership con il Laboratorio universitario La.P.I.S. e con aziende del territorio emiliano.



Francesco Gherardini

2006 - Laurea in Ingegneria Meccanica presso Università degli Studi di Modena, tesi "Metodologia integrata di Design Of Experiments e simulazione di stampaggio a iniezione per l'ottimizzazione di componenti in tecnopolimero".

2010 - Dottorato di Ricerca presso Scuola di Dottorato "High Mechanics and Automotive Design & Technology" dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, indirizzo "Metodi di Simulazione e Progettazione Meccanica", tesi "Metodologie di generazione di prototipi virtuali per la progettazione integrata e la simulazione nell'ambito dello sviluppo di nuovi prodotti industriali";

2011 - Tecnico a tempo determinato per il Centro Interdipartimentale INTERMECH-MORE dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, dove si occupa di attività di progettazione integrata e simulazione per lo sviluppo di nuovi prodotti in partnership con il Laboratorio universitario La.P.I.S. e con aziende del territorio emiliano;

TEAM 3/3

Responsabile: prof. ing. Riccardo Melloni



Giovanni Davoli

2005 - Laurea in Ingegneria dei Materiali presso Università degli Studi di Modena "";

2011 - Dottorato di Ricerca presso Scuola di Dottorato "High Mechanics and Automotive Design & Technology", indirizzo "Metodi di Simulazione e Progettazione Meccanica" (A.A. 2009-2010);

2011 – Assegno di ricerca presso Centro Interdipartimentale INTERMECH-MORE dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia " Sviluppo di modelli simulativi orientati ai processi per l'analisi di sistemi produttivo – logistici".



Sergio Gallo

1996 - Laurea in Ingegneria Meccanica (presso l'Università di Napoli "Federico II") con lode con tesi sperimentale presso il Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e della Produzione dal titolo: "Il Ruolo della Impregnazione nella Foratura dei Materiali Sinterizzati.

2000 - Dottorato di Ricerca in "Tecnologie dei Materiali ed Impianti industriali" presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II con Tesi su: "Applicazione di Tecniche di Ottimizzazione dei Sistemi di Rifabbricazione", XII ciclo, Facoltà di Ingegneria Università degli Studi di Napoli "Federico II".

2006/2008 - Docente a Contratto l'insegnamento Impianti Meccanici B nel Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Meccanica presso la Facoltà di Ingegneria di Modena dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia.

2009/2011- Docente a Contratto per l'insegnamento Impianti Meccanici A presso la Facoltà di Ingegneria di Modena dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia.

2011 - Tecnico a tempo determinato per il Centro Interdipartimentale INTERMECH-MORE dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, dove si occupa di attività di analisi e miglioramento tramite anche simulazione di sistemi produttivi, automatici e/o manuali, anchre in collaborazione con aziende del territorio, presso il laboratorio universitario La.S.I..

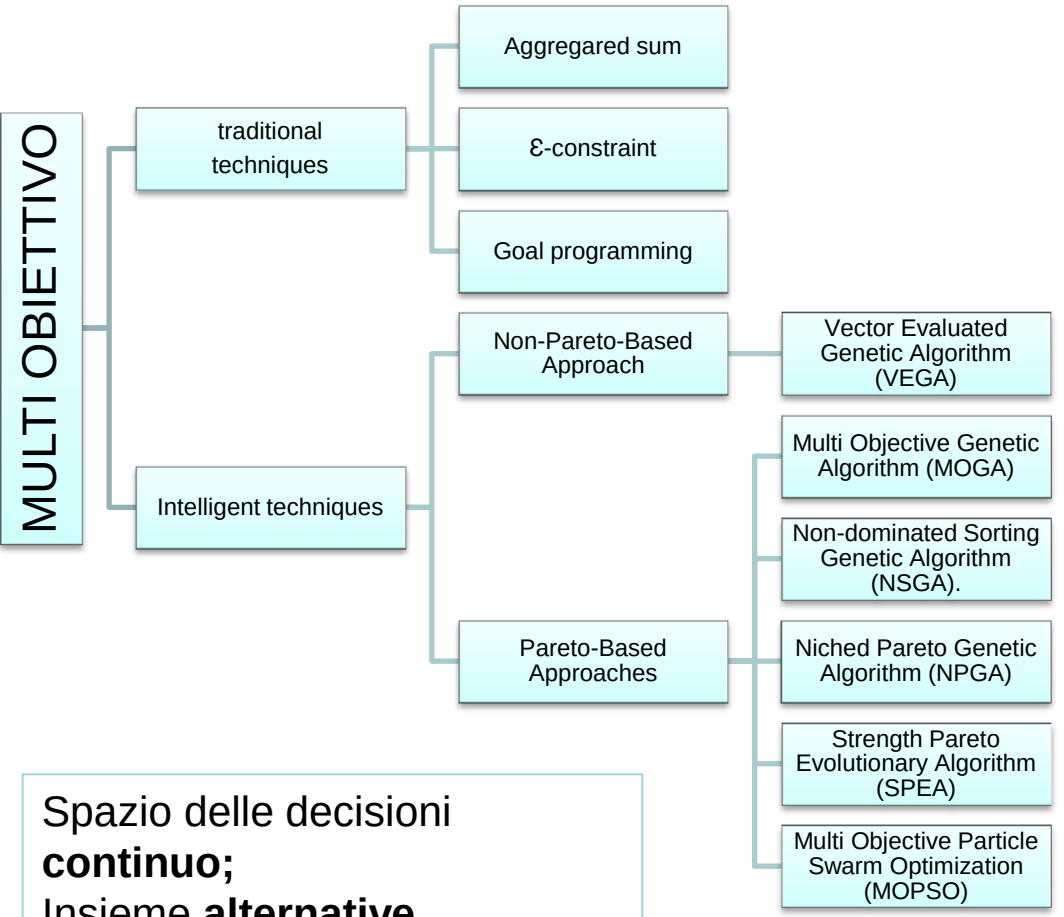
Multi Criteria Decision Making

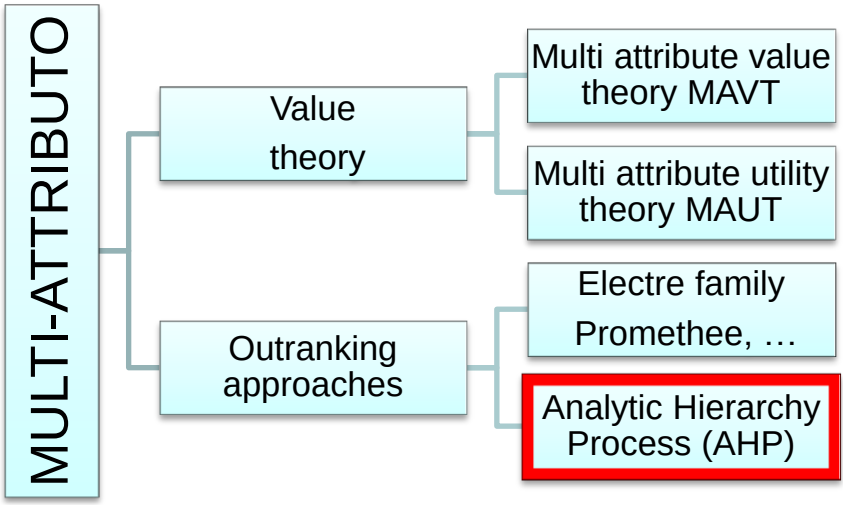
Produzione di un **database** di circa **200 articoli** che sono stati catalogati in seguito ad un'accurata **ricerca bibliografica**, relativamente ai metodi ***Multicriteria Decision Making***, nell'ambito dello ***sviluppo di prodotto***.



Multi Criteria Decision Making

MCDM= MODM+ MADM





Spazio delle decisioni **continuo;**
Insieme **alternative** decisionali **infinito.**

- spazio delle decisioni è **discreto**
- l'insieme delle **alternative** decisionali è precedentemente **definito**

Multi Criteria Decision Making

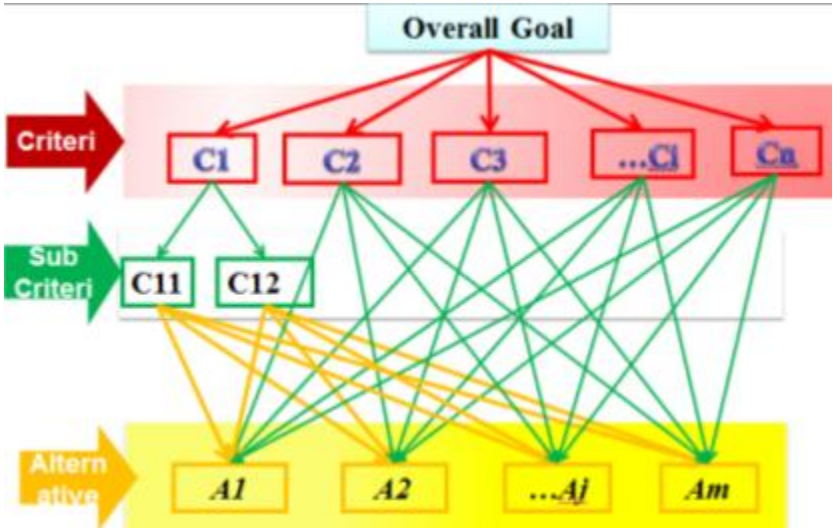
Metodo AHP

Si scompone il problema in una gerarchia:

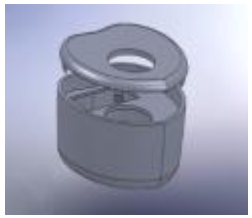
1 Goal principale

2 Criteri che contribuiscono al goal

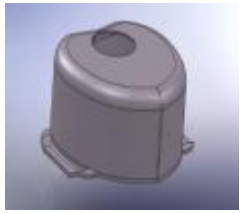
3 Alternative sul livello inferiore



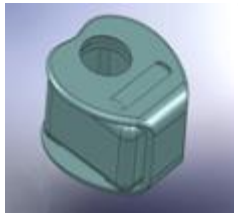
Si **paragonano le coppie di criteri** rispetto al goal principale e **le coppie di alternative** rispetto ad ogni criterio.



concept 2



concept 1



concept 3

Si esegue la **sintesi dei giudizi** e si ottiene la **classificazione delle priorità** fra le alternative rispetto a ciascun criterio e, poi, la **priorità totale** per il problema.



Multi Criteria Decision Making

Metodo AHP

Criterio 1: ingombri	concept 1	concept 2	concept 3	ω_{C1}	$A \cdot \omega_{C1}$	λ_{max}
concept 1	1	9	7	0.785	2.419	3.080
concept 2	1/9	1	1/3	0.066	0.203	3.080
concept 3	1/7	3	1	0.149	0.458	3.080

Average λ_{max} (C1) = 3.080

CI=0.040

CR=0.069

Criterio 2: estetica	concept 1	concept 2	concept 3	ω_{C2}	$A \cdot \omega_{C2}$	λ_{max}
concept 1	1	5	1/3	0.279	0.855	3.065
concept 2	1/5	1	1/7	0.072	0.220	3.065
concept 3	3	7	1	0.649	1.989	3.065

Average λ_{max} (C2) = 3.065

CI=0.032

CR=0.056

Criterio 3: fattibilità	concept 1	concept 2	concept 3	ω_{C3}	$A \cdot \omega_{C3}$	λ_{max}
concept 1	1	5	7	0.731	2.239	3.065
concept 2	1/5	1	3	0.188	0.577	3.065
concept 3	1/7	1/3	1	0.081	0.248	3.065

Average λ_{max} (C3) = 3.065

CI=0.032

CR=0.056

Criterio 4: igiene	concept 1	concept 2	concept 3	ω_{C4}	$A \cdot \omega_{C4}$	λ_{max}
concept 1	1	2	7	0.592	1.784	3.014
concept 2	1/2	1	5	0.333	1.004	3.014
concept 3	1/7	1/5	1	0.075	0.226	3.014

Average λ_{max} (C4) = 3.014

CI=0.007

CR=0.012

Matrice delle priorità (ovvero le cui colonne sono i vettori priorità corrispondenti a ciascun criterio) *mxn*

	PV1	PV2	PV3	PV4
Alt1	0.785	0.279	0.731	0.592
Alt2	0.066	0.072	0.188	0.333
Alt3	0.149	0.649	0.081	0.075

* *Vettore delle priorità per i criteri nx1*

Criteria Priority vector
0.269
0.037
0.131
0.563

= *Vettore dei totali mx1*

Totals vector
0.650
0.232
0.117

m= # alternative
n= # criteri

best_solution=max(Totals_vector)

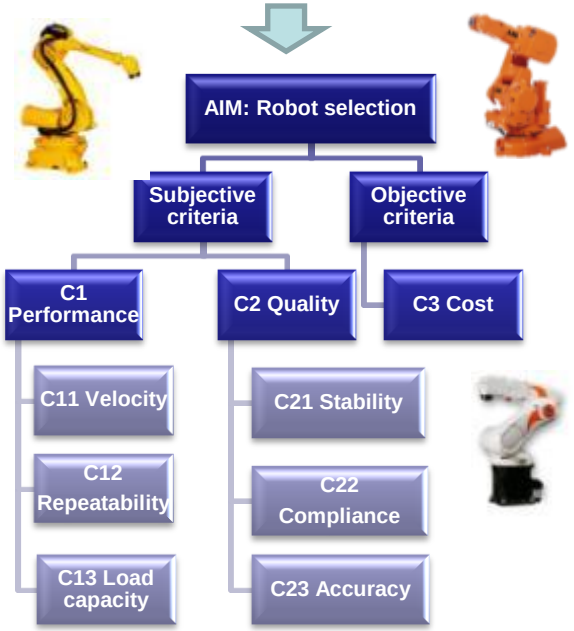


Miglior progetto concettuale

Multi Criteria Decision Making

Fuzzy/AHP

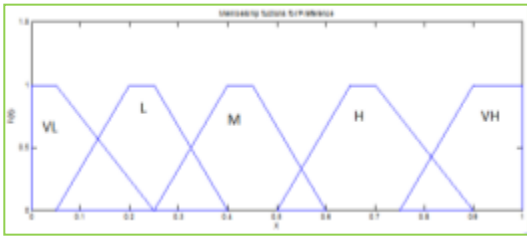
Step 1.Scomposizione gerarchica di un problema di selezione di robot



Step 2. I giudizi linguistici espressi dai decisori relativamente alle priorità dei criteri rispetto al goal e delle alternative rispetto ai criteri vengono rappresentati mediante vettori fuzzy, per interpretare numericamente l'incertezza linguistica dei giudizi stessi.

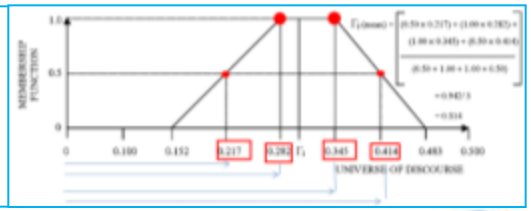
Criterion	Decision maker		
	D_1	D_2	D_3
C_1: performance	Very high (VH)	Low (L)	Very high (VH)
C_2: quality	Low (L)	Medium (M)	Medium (M)
C_3: cost	Very low (VL)	Very high (VH)	Low (L)

	DM 1				DM2				DM3			
C1	0.75	0.90	1	1	0.050	0.20	0.25	0.40	0.75	0.90	1	1
C2	0.05	0.20	0.25	0.40	0.25	0.40	0.45	0.60	0.25	0.40	0.45	0.60
C3	0	0	0.05	0.25	0.75	0.90	1	1	0.05	0.20	0.25	0.40



Step 3. processi di: aggregazione dei giudizi fuzzy, normalizzazione, attribuzione di un punteggio fuzzy a ciascuna alternativa e rappresentazione delle funzioni di appartenenza all'insieme fuzzy per ciascuna alternativa.

Step 4. «*defuzzificazione*»: conversione del punteggio fuzzy delle alternative nel corrispondente valore numerico, mediante media pesata dei punteggi per ciascuna alternativa.

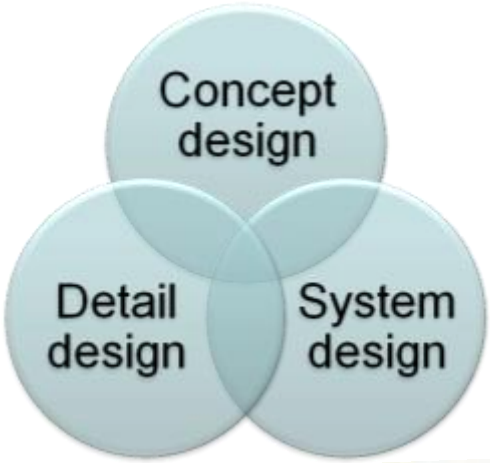


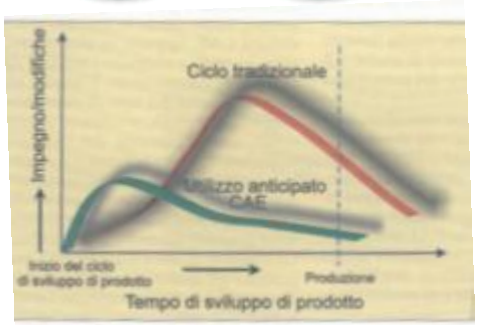
L'alternativa con media maggiore viene selezionata.

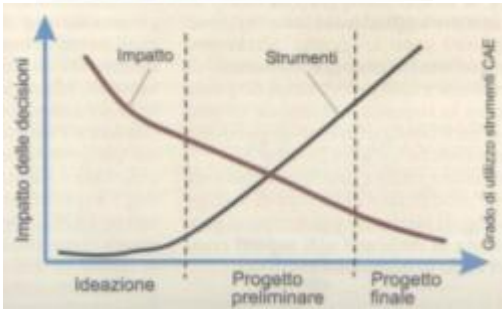


Sviluppo prodotto: il progetto GRAF spa

- In un'ottica di ingegneria concorrente, le fasi di New Product Development tendono a sovrapporsi per:
  - consentire le interazione fra i progettisti impegnati nelle diverse fasi di processo di sviluppo,
  - anticipare problematiche funzionali, produttive ed economiche
  - valutare possibili soluzioni,
- permettendo di rivedere attività precedenti alla luce di nuove informazioni e risultati (iterazione di sviluppo).
- Diverse strategie di sviluppo prodotto applicate:
  - **Early Design**: si anticipa l'utilizzo di strumenti di analisi e simulazione già dalle prime fasi del ciclo di sviluppo per aiutare il progettista ad individuare eventuali criticità progettuali o produttive prima di realizzarne lo sviluppo (up-front analysis), verificando diverse configurazioni seguendo logiche what-if.
  - **Design Synthesis**: sfruttano tecniche di progettazione integrata e/o di Design of Simulation (Virtual Experiments) per capire influenza, interazione ed effetto di parametri distinti ed identificare soluzioni ottimali.



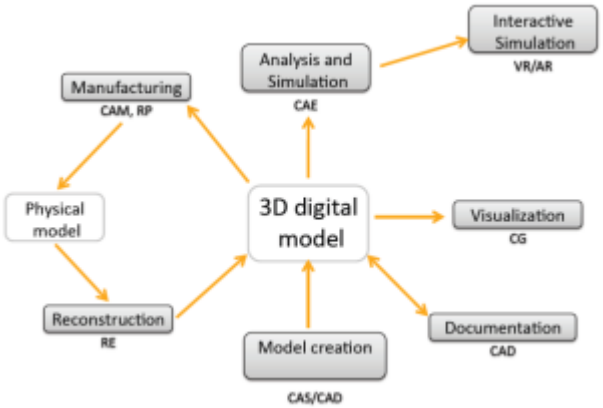


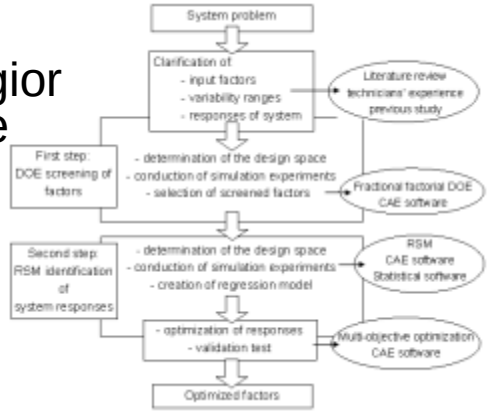


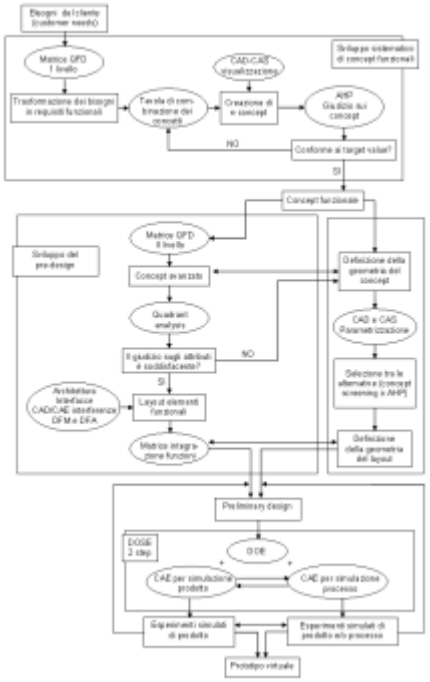
Fonte: Chirone, Tomincasa, "Disegno Tecnico Industriale", Il Capitello , 1996

Sviluppo prodotto: il progetto GRAF spa

- Generazione di prototipi virtuali all'interno del processo di sviluppo di nuovi prodotti industriali:
  - Attraverso metodologie sistematiche, supportate da strumenti operativi,
  - Applicabilità al contesto industriale e alle specifiche strutture del territorio (PMI),
  - Integrando metodi, tecniche e strumenti,
- per:
  - Anticipare problematiche, idee, valutazioni, soluzioni già alle prime fasi di sviluppo,
  - Integrare fasi concettuali, di progettazione e di ottimizzazione,
  - Raccogliere e implementare il maggior numero di informazioni di prodotto e processo,
  - Definire le funzionalità del prodotto,
  - Affrontare sistematicamente problematiche complesse.



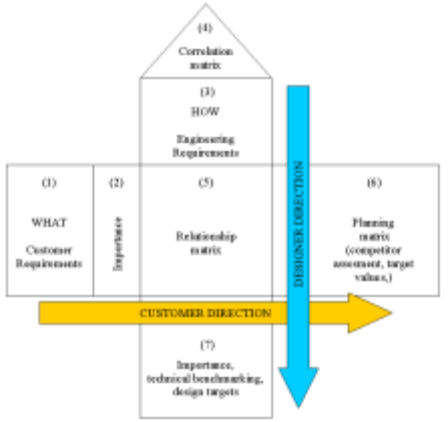




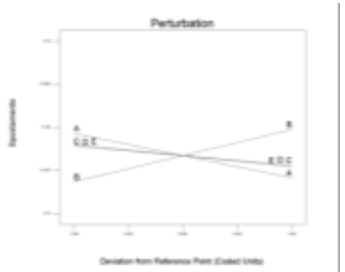
Bordegoni M., Virtual Prototyping Summer School – Polimi, 2009

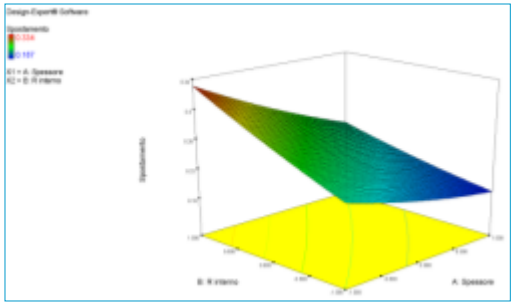
Sviluppo prodotto: il progetto GRAF spa

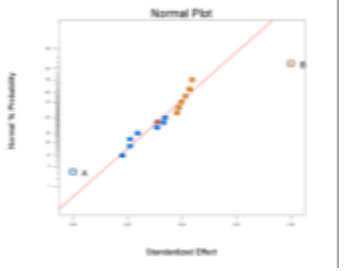
- Strumenti e tecniche:
  - CAX (Computer Aided for X), in particolare CAD, CAS e CAE di prodotto e di processo,
  - modellazione parametrica di solidi e superfici,
  - Quality Function Deployment (QFD),
  - Design for Manufacturing and Assembly (DFM/A),
  - Analytic Hierachy Process (AHP),
  - Design of Experiments (DOE),
  - Response Surface Methodology (RSM)
- Strumenti a sostegno di procedure progettuali chiari e strutturati

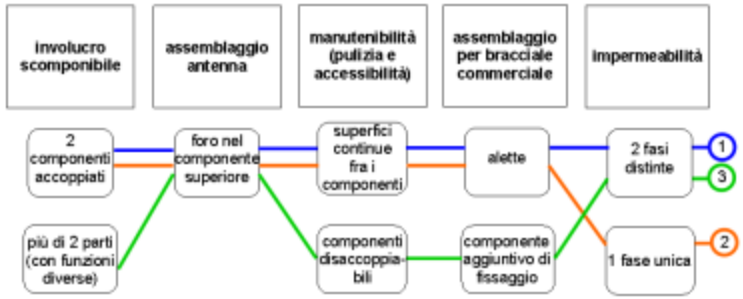


RunOrder	Pressure	Speed	Temp	Output
1	10	50	45	
2	20	50	45	
3	10	100	45	
4	20	100	45	
5	10	50	65	
6	20	50	65	
7	10	100	65	
8	20	100	65	



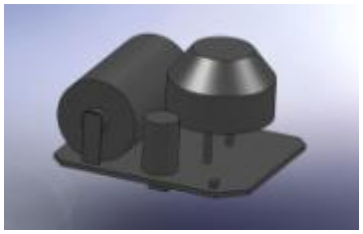
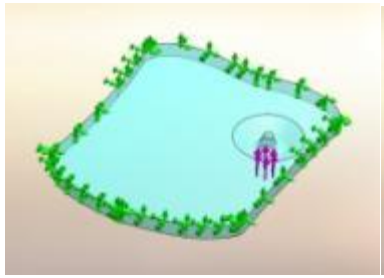
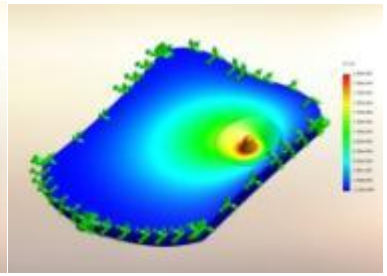
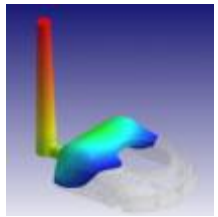
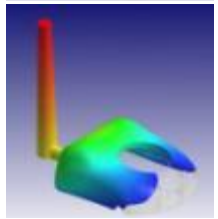
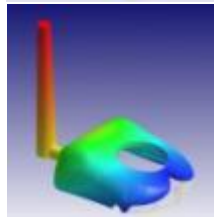
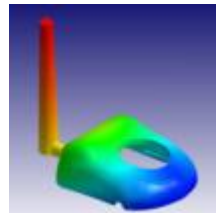
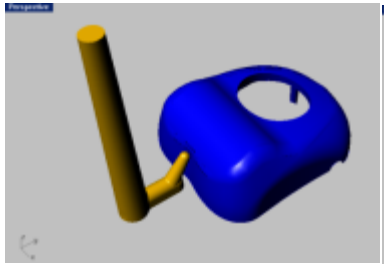
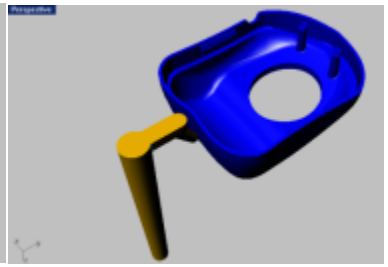


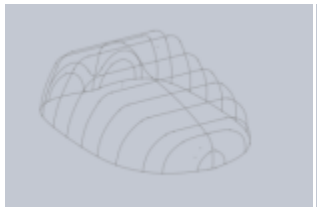
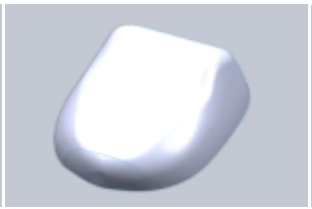
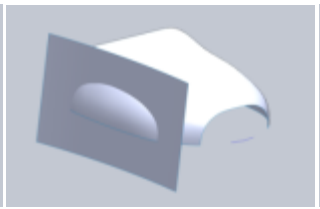
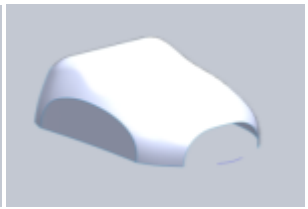




Sviluppo prodotto: il progetto GRAF spa

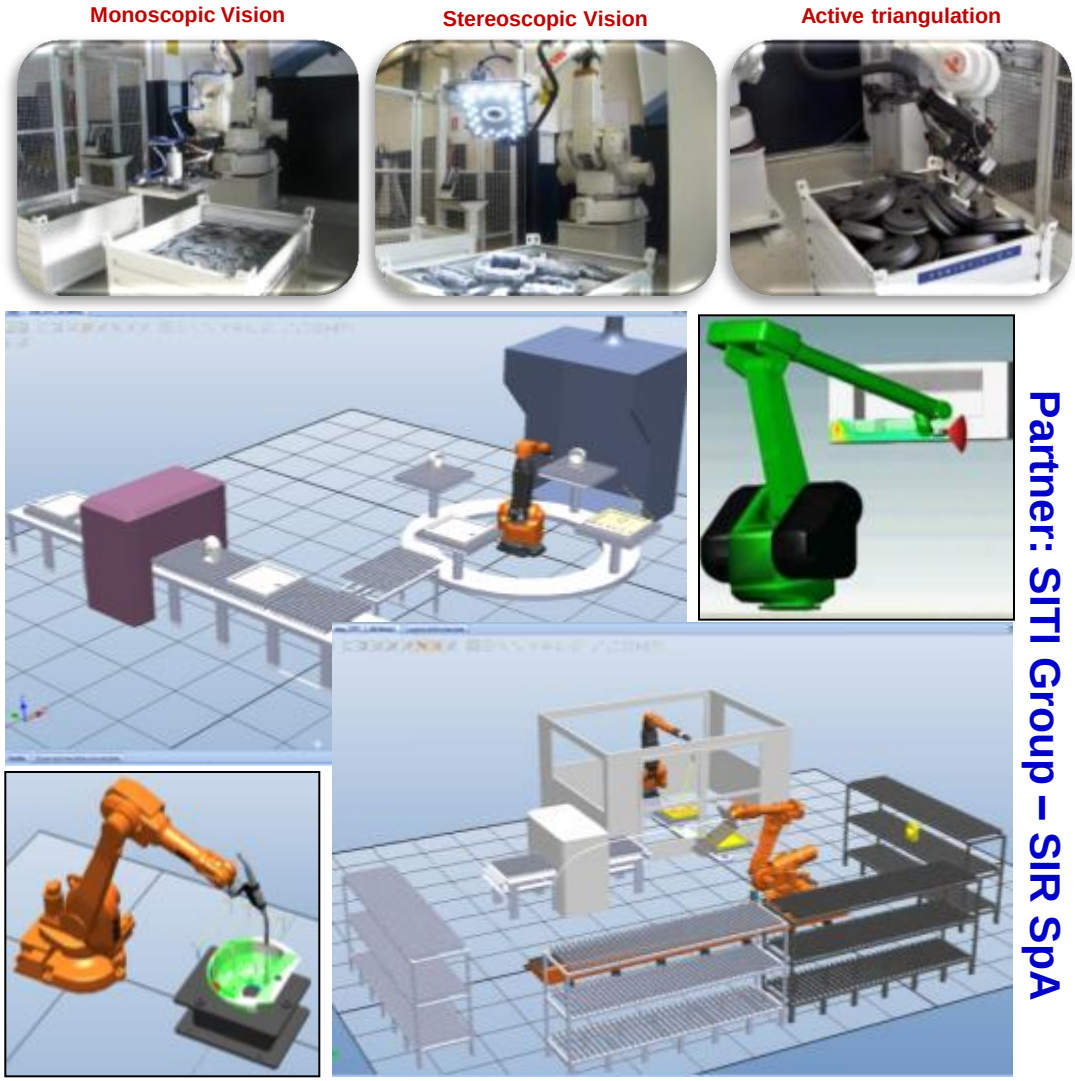
- Collaborazione con GRAF spa (Nonantola, MO)
- Sviluppo di un involucro in materiale polimerico per alloggiare un dispositivo per la radiolocalizzazione e il tracking su mappe di pazienti in ambito ospedaliero.
- Il dispositivo ha ingombri di 34mm x 29mm x 20mm.
- La definizione dell'involucro deve soddisfare i seguenti requisiti:
  - funzionali (contenimento elettronica, protezione dal contatto con fluidi, posizionamento su braccio di pazienti ospedalieri),
  - morfologici/estetici (gradevole alla vista, adeguatezza all'ambiente d'uso),
  - produttivi (poco costoso, stampaggio a iniezione).

Green Design: Robotica e Automazione

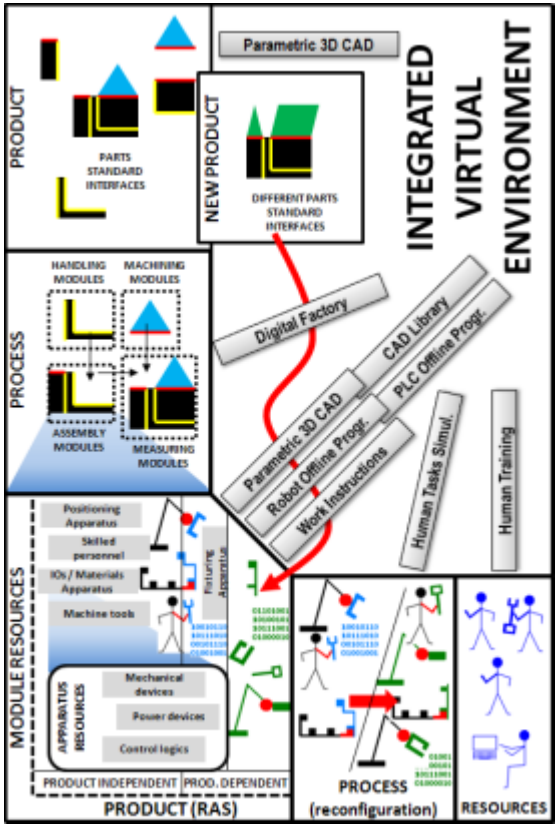
- **Integrated Design of Robotic System:**
  - *Compact and modular robotic solutions,* that can integrate mechanical, electronic and IT functions; suitable for specific manufacturing requirements;
  - *Innovative computer-vision based robot solutions, adaptive compensation of the tools and offline programming,* that can receive and transmit data and information over the network, capable of carrying out different strategies of control and audit quality in terms of specific processes.

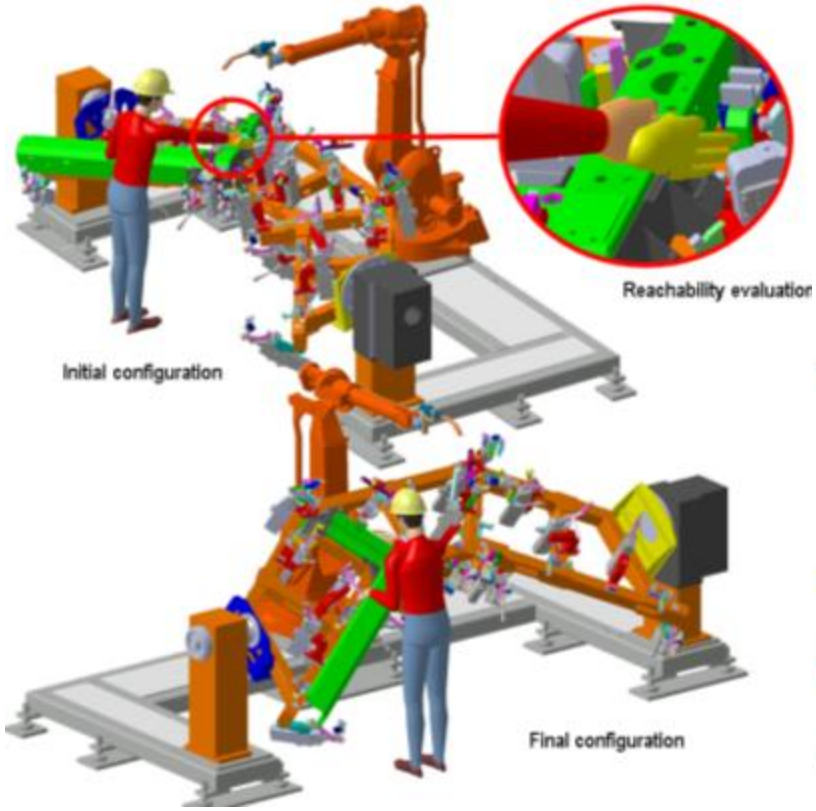


Partner: SITI Group – SIR SpA

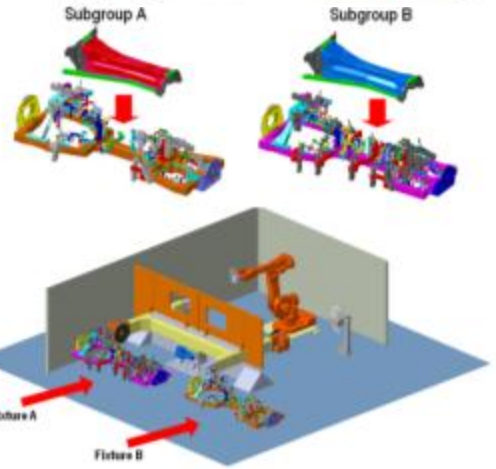
Green Design: Robotica e Automazione

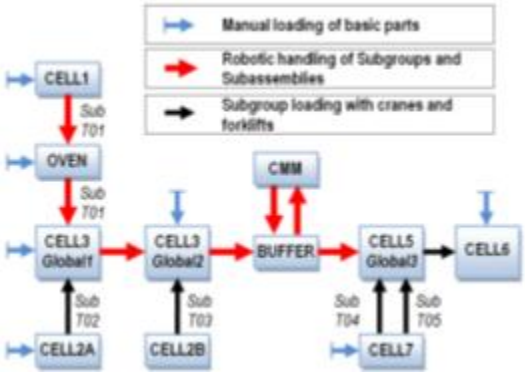
- **Green design and green automation:** energy saving, resource optimization, ergonomics







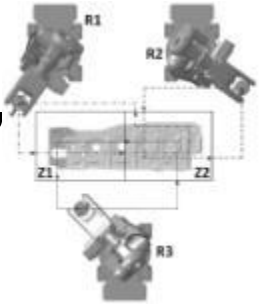




Partner: ALCOA – FERRARI SpA – SIR SpA

Green Design: Robotica e Automazione

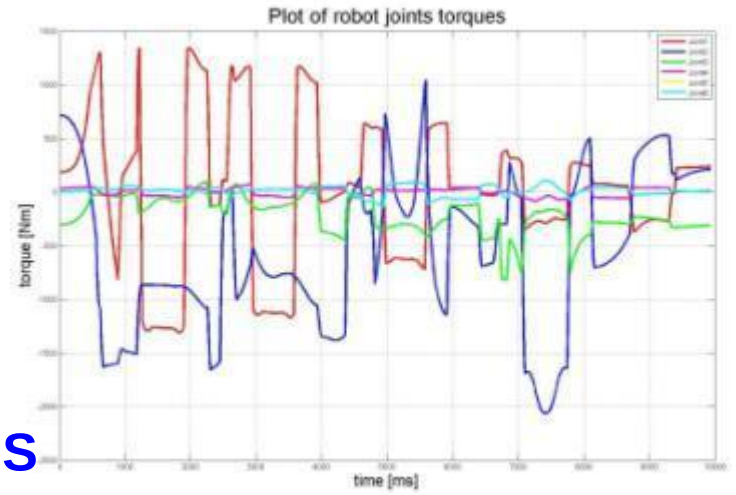
- **Green design and green automation:** energy saving, resource optimization, ergonomics
  - **Energy consumption reduction** (preliminary study -16%)
  - **Operation parameter optimization**: for free, that is even without cycle time modifications!
  - **Sequence optimization**: sequencing is done upon optimization contraints
  - **International patent (PCT US based)** with Chalmers University of Technology, SE, and Research and Development General Motors Technology, USA



Ing. Alberto Vergnano
Università di Modena e Reggio Emilia



Schedule	Cycle time	Energy con.	Total imp.
A	$40.8s$	$94.28kJ$	-
A'	$40.8s$	$87.18kJ$	-7.5%
B'	$51.0s$	$82.89kJ$	-12.1%
A_f	$50.0s$	$99.05kJ$	-
A'_f	$50.0s$	$84.30kJ$	-14.9%
B'_f	$50.0s$	$82.91kJ$	-16.3%

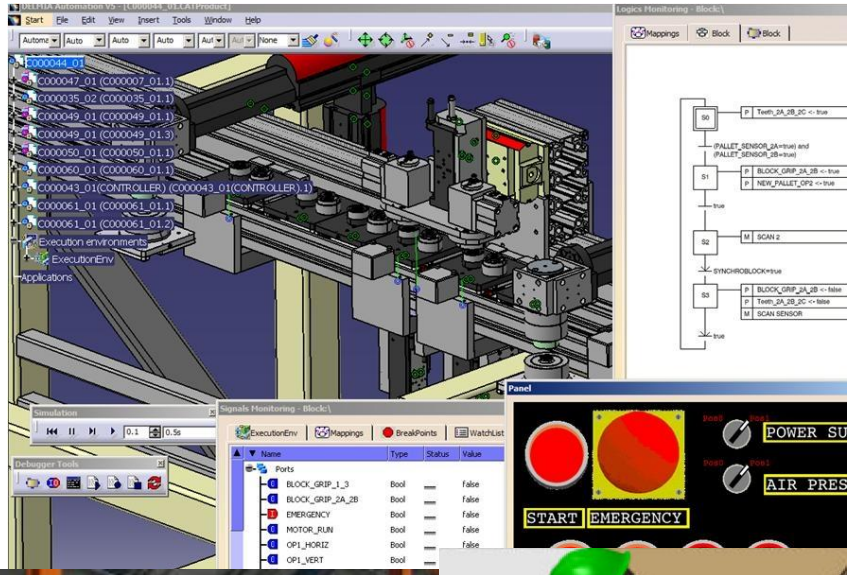




$$\xi_i = \sum_{j=1}^{6} b_{ij}(\boldsymbol{q})\ddot{q}_j + \sum_{j=1}^{6}\sum_{k=1}^{6} h_{ijk}(\boldsymbol{q})\dot{q}_k\dot{q}_j + \mu_i\dot{q}_i + g_i(\boldsymbol{q})$$

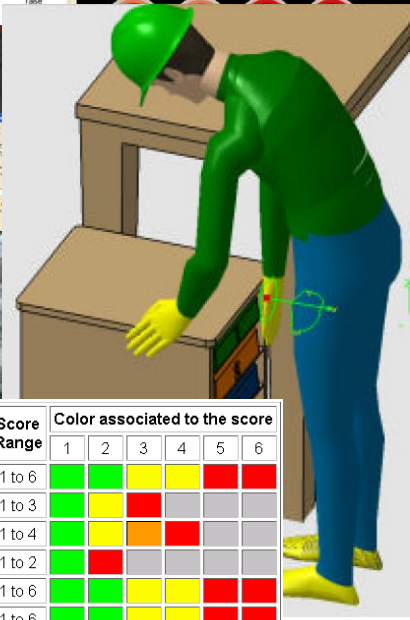
Fabbrica Digitale Digital Manufacturing

- **Simulazione realistica di tutti i processi di produzione**: manifattura, **assemblaggio**, controllo, flussi logistici, operazioni **manuali** ed **automatizzate**
- Integrare le **conoscenze di prodotto** con quelle dei **processi** sincronizzandone lo sviluppo e formalizzando **basi di conoscenza**
- Ottimizzazione delle **prestazioni** con riduzione di **tempi e costi**







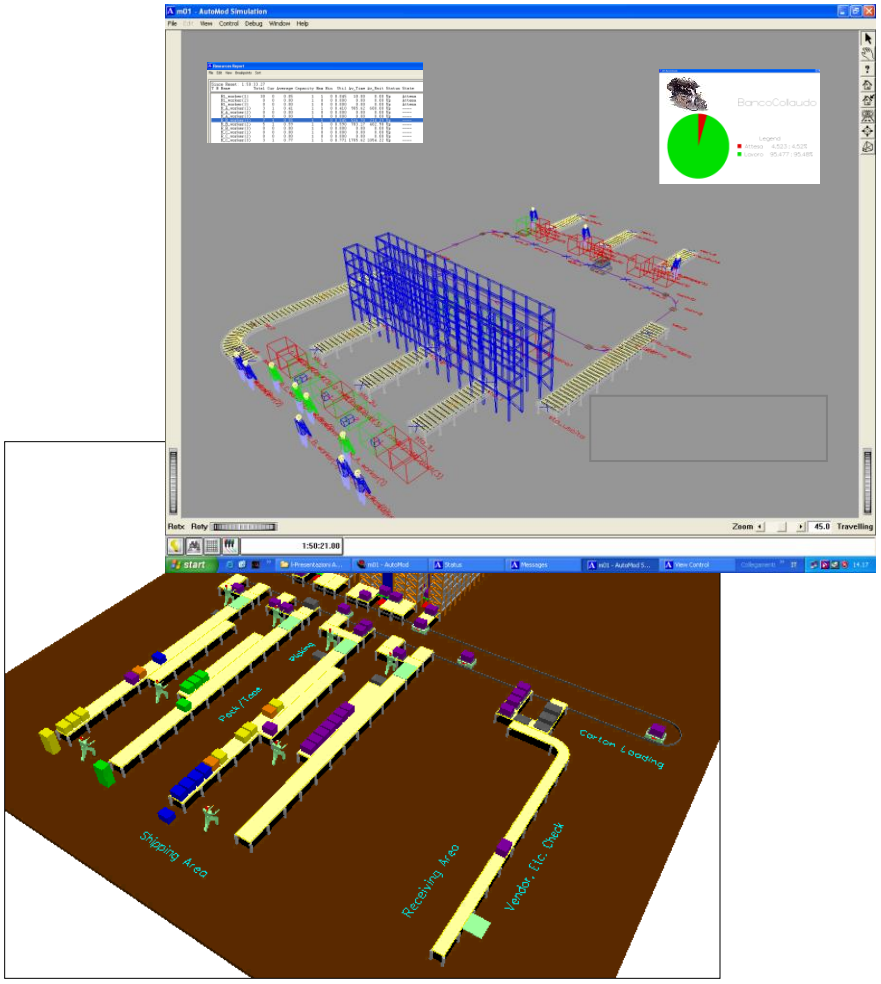


Segment	Score Range	Color associated to the score					
		1	2	3	4	5	6
Upper arm	1 to 6						
Forearm	1 to 3						
Wrist	1 to 4						
Wrist twist	1 to 2						
Neck	1 to 6						
Trunk	1 to 6						

Impianti Industriali e Logistica: Analisi ed ottimizzazione processi produttivi e logistici

Implementazione di metodologie, modelli simulativi e framework di analisi per il miglioramento di: sistemi produttivi, sistemi di stoccaggio ed handling

- Sviluppo di modelli simulativi per la progettazione, verifica, analisi, ed il miglioramento di sistemi produttivi, di stoccaggio e movimentazione;
- Messa a punto di metodologia per la validazione di sistemi virtuali simulativi, analisi dell'errore, analisi rapporto segnale/rumore sui valori dei parametri di prestazione in output;
- Applicazione alle logiche di gestione degli algoritmi specifici emersi dalla letteratura come migliori e loro verifica comparativa;
- Ottimizzazione della definizione dei Production Plan e della schedulazione delle risorse e loro verifica comparativa.



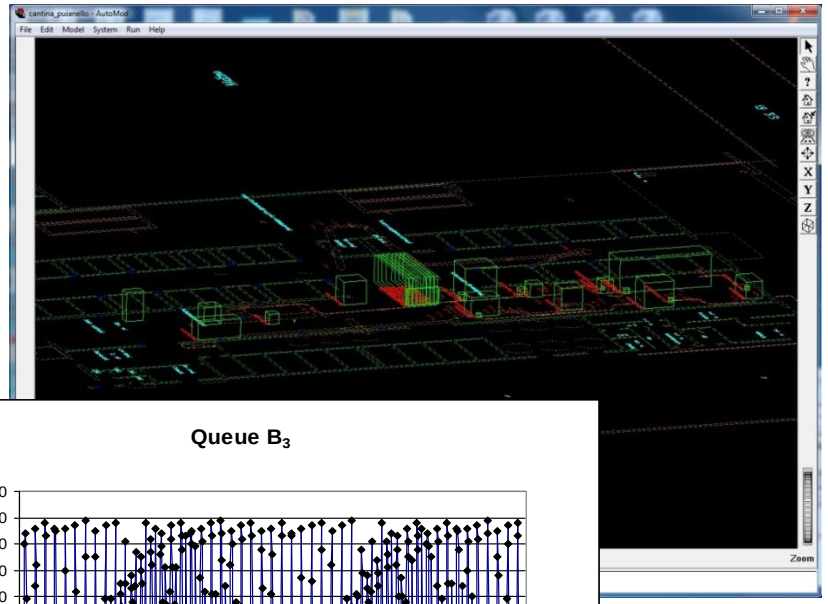
Impianti Industriali e Logistica: Analisi ed ottimizzazione processi produttivi e logistici

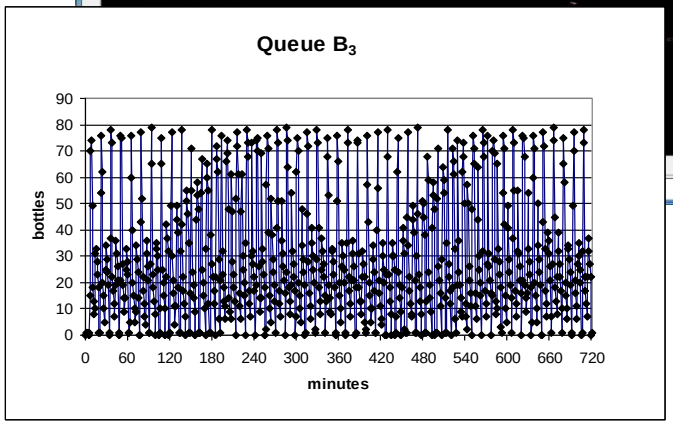
Implementazione di metodologia, modelli simulativi e framework di analisi ed ottimizzazione per attività di imbottigliamento.

I modelli simulativi sviluppati sono orientati alla **analisi delle prestazioni complessive** dei sistemi produttivo-logistici.

In particolare sono utilizzati al fine di:

- esplicitare gli **effetti** del dimensionamento e del posizionamento **dei buffer di accumulo** e delle **microfermate**;
- supportare la **definizione** delle soluzioni migliori di **re-design delle linee** e l'implementazione delle **strategie migliori di conduzione dell'impianto e gestione delle failures**.

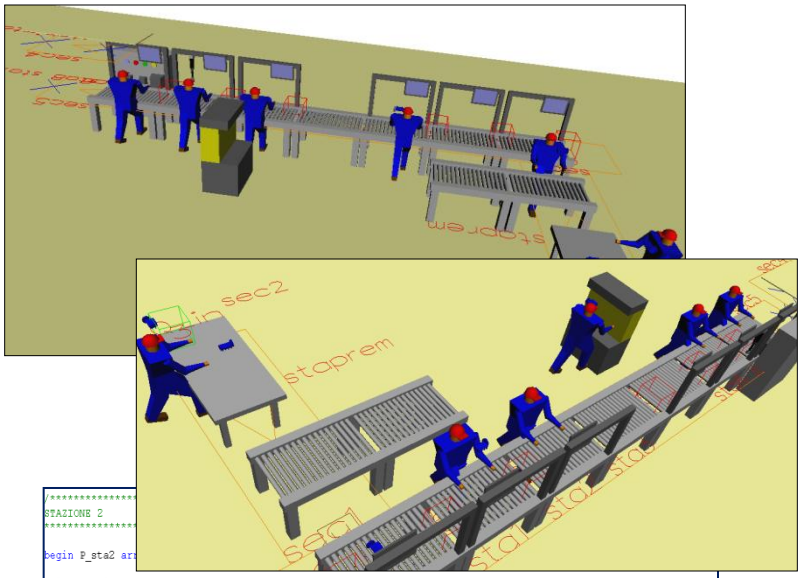




Impianti Industriali e Logistica: Analisi ed ottimizzazione processi produttivi e logistici

Implementazione di metodologia, modelli simulativi e framework di analisi ed ottimizzazione per linee di assemblaggio manuale.

- **Metodologia per** la definizione di uno schema di inquadramento della tipologia di configurazione di riferimento e degli obiettivi: **allocazione risorse, bilanciamento linea, MTM (Analisi Tempi e Metodi)**, **schedulazione piano di attività e alimentazione linea, individuazione colli di bottiglia,** ecc.
- **Standardizzazione dello sviluppo di un modello simulativo** e processo di verifica delle fasi da seguire nella realizzazione di simulazioni e loro validazione.
- **Analisi dei risultati ed implementazione virtuale di configurazioni migliorative** del sistema.




```
/***************
STAZIONE 2
***************

begin P_sta2 arr

 if A_op_in_sta(2) = 2 then send to P_2_2
 if A_op_in_sta(2) = 1 then send to P_2_1

end

begin P_2_2 arriving

    if V_hide_op(2) = 1 then create 1 load of type L_dummy_hide to P_recallop2

    wait until V_ctrl_op(2) = 0

    set V_op_in_sta(2) to 2

    set V_ctrl_R_call(2) to 1

    set V_ctrl_op(2) to 1

    create 1 load of type L_dummy_call to P_call2_2

    wait until V_ctrl_R_call(2) = 0

    move into kin.sta1(2)

    use R(2) for t A_premalbusc*0.6*0.925, A_premalbusc*0.6, A_premalbusc*0.6*1.15
    use R(2) for t A_anelloOR*0.6*0.925, A_anelloOR*0.6, A_anelloOR*0.6*1.15

    travel to kin.sta2(2)
```

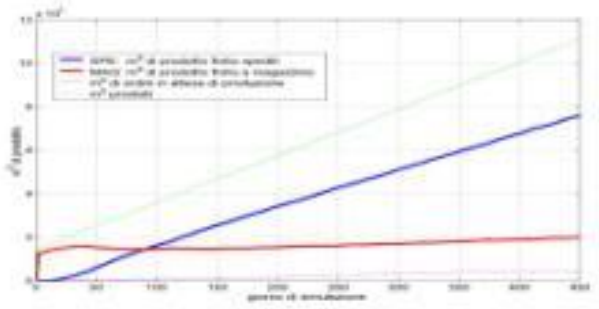
Impianti Industriali e Logistica: Analisi ed ottimizzazione processi produttivi e logistici

Sviluppo di una piattaforma (VirES) in codice opensource di un applicativo per l'analisi multiparametro con generazione di superfici di risposta per la valutazione dell'effetto sull'inventario di vincoli di produzione logiche di pianificazione ed organizzazione della produzione.

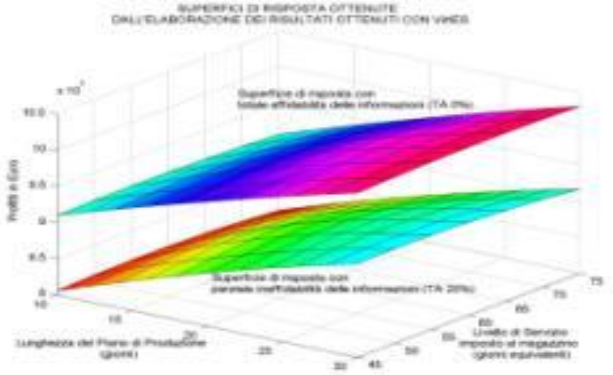
1. **Analisi e modellazione di processi produttivi e logistici in ambito manifatturiero** per la determinazione delle **performance aziendali** e per effettuare **analisi di sensibilità multiparamentro** :
   - Applicazione al settore **automotive**;
   - Applicazione al settore **ceramico**;

2. **Analisi e modellazione di processi logistici** nell'ambito dei servizi con applicazione al settore della **grande distribuzione;**

3. **Analisi e miglioramento dei processi di manutenzione** con applicazioni a realtà produttive differenti per dimensioni e per settore di attività.



ANDAMENTO DEI KPI IN UNA SIMULAZIONE CON VirtES



ANALISI DI SENSIBILITA' MULTIPARAMETRO BASATA SUI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Il Design dell'esperienza

- **Industrial Design (ID):** fondamentale per il **successo** di un prodotto.
  - Va implementato anche in settori caratterizzati principalmente da aspetti tecnologici come la **Meccanica Avanzata**.
- **UOR2**: Integrare il ***Design Creativo*** e la ***Modellazione di Stile*** con l'**Ingegneria Meccanica** per abilitare **nuove forme di innovazione** e sviluppo prodotto.
- ***Soluzione ideale: Stile*** e ***Design*** sviluppato – integrato – sincronizzato al processo di ingegnerizzazione (produttivo e tecnologico).
- ***Realtà: Strumenti e processi diversi spesso incompatibili e non sincronizzati*.**
- **Design-Brand-Experience:** evoluzione del Design Industriale dalle mere forme e geometrie di stile al **Design dell'Esperienza**: "*l'esperenzializzazione* del sistema dei prodotti verso modi d'uso e di impatto emozionale" (P.Ranzo, 2006).

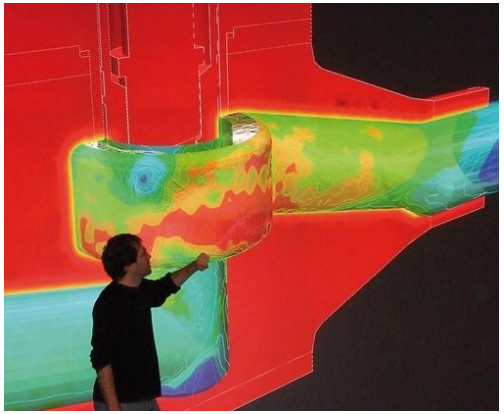
"*ing the thing!*"

"We are not designing a chair but a sitting experience" - Mike Press

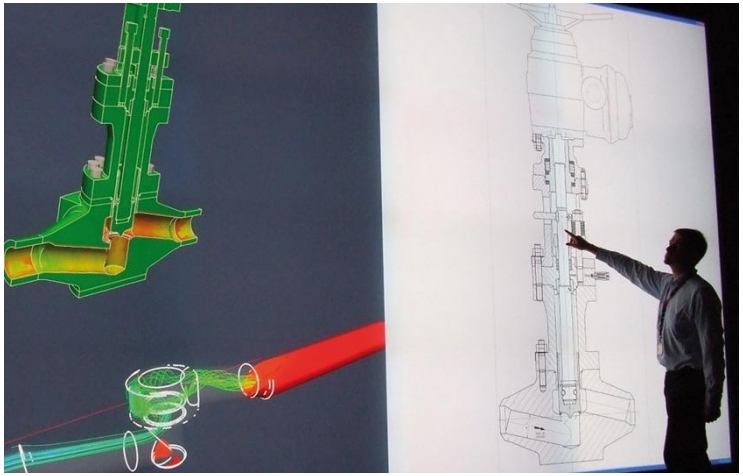
- Ideare vere **esperienze dinamiche**, con approcci emozionali ed interattivi.
- Creare **ambienti immersivi** in cui coinvolgere l'utente in **esperienze emozionali e di impiego *user centered.***

Ambienti immersivi per il Design Industriale e la Meccanica Avanzata

La **Realtà Virtuale (VR)** abilita sia il **Design dell'Esperienza** che la **Progettazione integrata e collaborativa**



- **Integrare ed estendere** ulteriormente funzionalità e scopi della **prototipazione virtuale.**
- Prototipi virtuali che interagiscono in **tempo reale** con sistemi fisici e, soprattutto, con **l'uomo.**





(F. Caputo, G. Di Gironimo, 2006)

Struttura di un sistema di VR: definizioni generali

Sviluppo di una sala di Realtà Virtuale come risorsa tecnologica abilitante l'innovazione industriale nella regione



REAL-TIME
Models
+
VISIONE 3D
(i.e. output 3D)
+
INPUT 3D
=

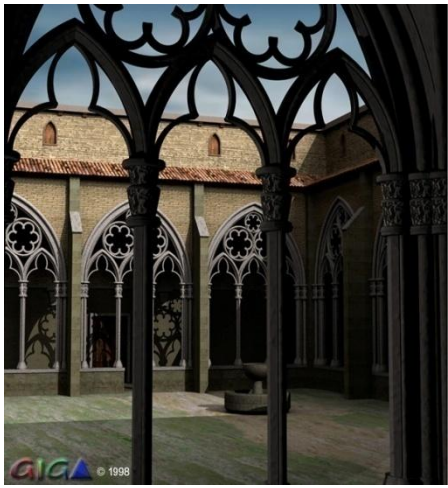
INTERATTIVITA'
(IMMERSIVITA')
(A. LIVERANI, 2003)

(A. LIVERANI, 2003)

Un laboratorio di VR rappresenta prima ancora di un **luogo di ricerca**, una **risorsa comune** a molteplici aree scientifiche e tecnologiche

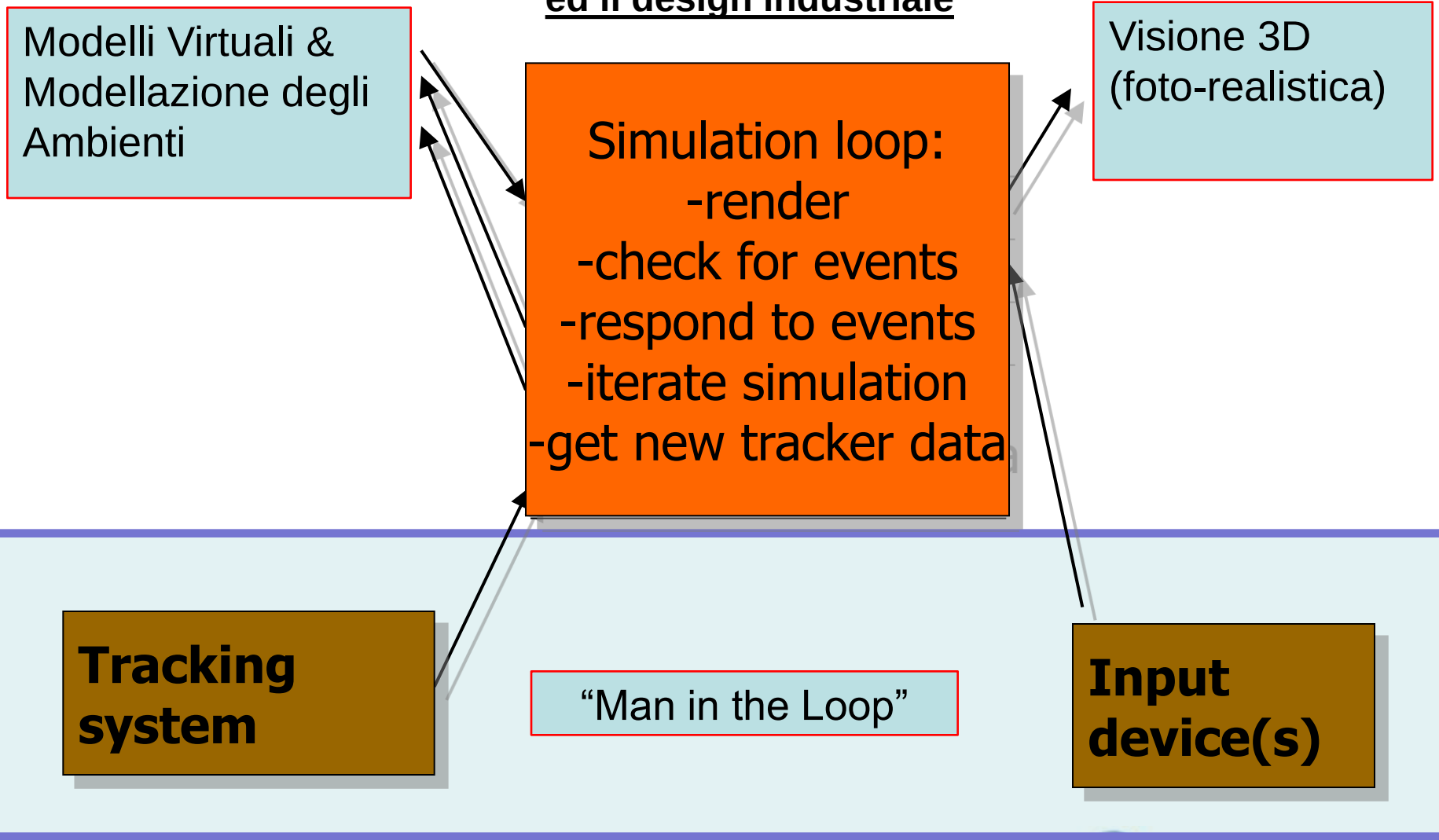






Struttura di un sistema di VR: definizioni generali

- **LA REALTA' VIRTUALE per la <u>progettazione integrata/collaborativa</u> <u>ed il design industriale</u>**



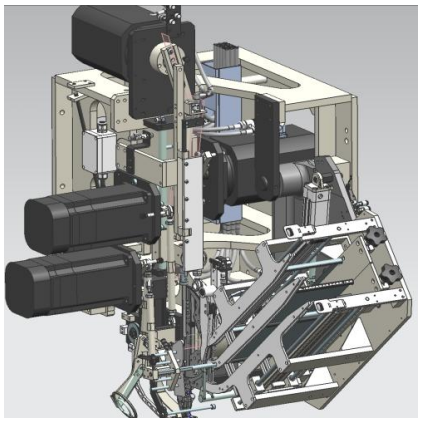
Requisiti di un VR Lab per l'ID e la Meccanica avanzata

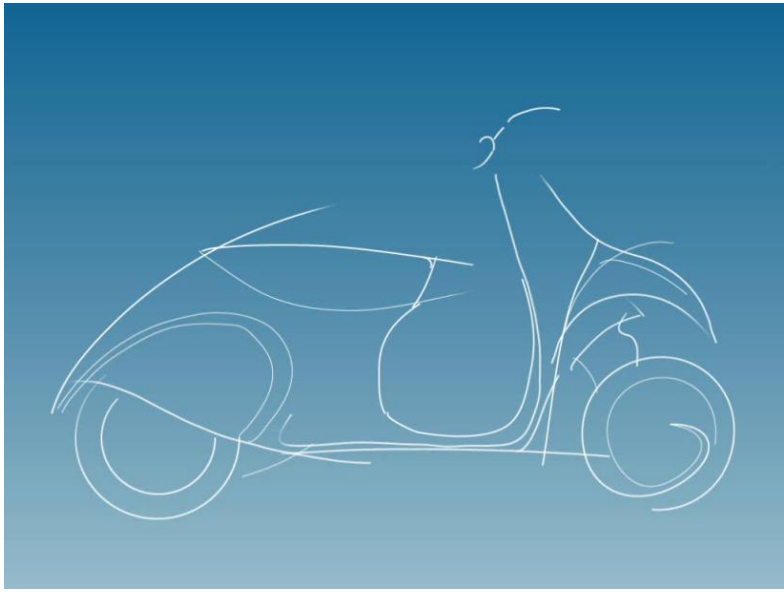
Modelli Virtuali & Modellazione degli Ambienti

- SW di modellazione e simulazione
- SW realtime rendering
- HW grafico (NVIDIA Quadroplex)

INDUSTRIAL DESIGN:

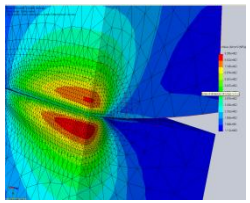
- Modellazione di superfici
- Rendering fotorealistico
- Texture
- Estetica e grafica
- Esperienza ed emozionalità





MECCANICA AVANZATA:

- CAD CAE, prototipi virtuali
- Accuratezza delle geometrie
- Contenuti ingegneristici



(3DS Catia, www.3ds.com)

Soluzione ideale: ambiente integrato CAD CAS commerciale ampiamente impiegato dalle industrie locali (3DS Catia?) + Realtime Rendering (RTT?)

Requisiti di un VR Lab per l'ID e la Meccanica avanzata

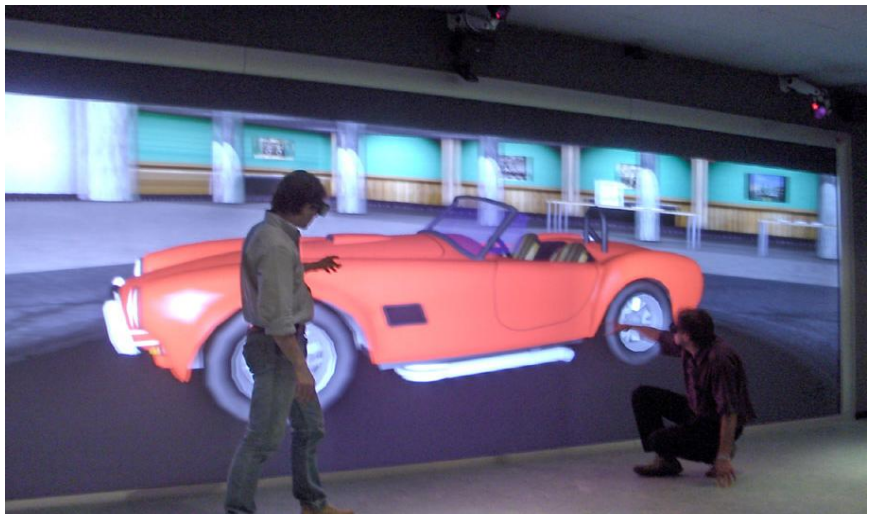
Visione 3D (foto-realistica)

•Proiettori e schermi

- Proiettori ad elevata risoluzione e luminosità
- Massima ampiezza (ideale >5m)
- BARCO: standard de facto

Soluzione ideale: CadWall 6mx2m Barco

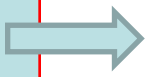




(F. Caputo, G. Di Gironimo, 2006)

Requisiti di un VR Lab per l'ID e la Meccanica avanzata

Immersive environment:
"Man in the Loop"



- Acquisizione input dall'utente
- Haptic Rendering
- **Immersività**

- **TIPOLOGIE DI IMMERISIVITA'** (A. LIVERANI, 2003)

- **Immersione Visuale** - ricrea a video la percezione della profondità

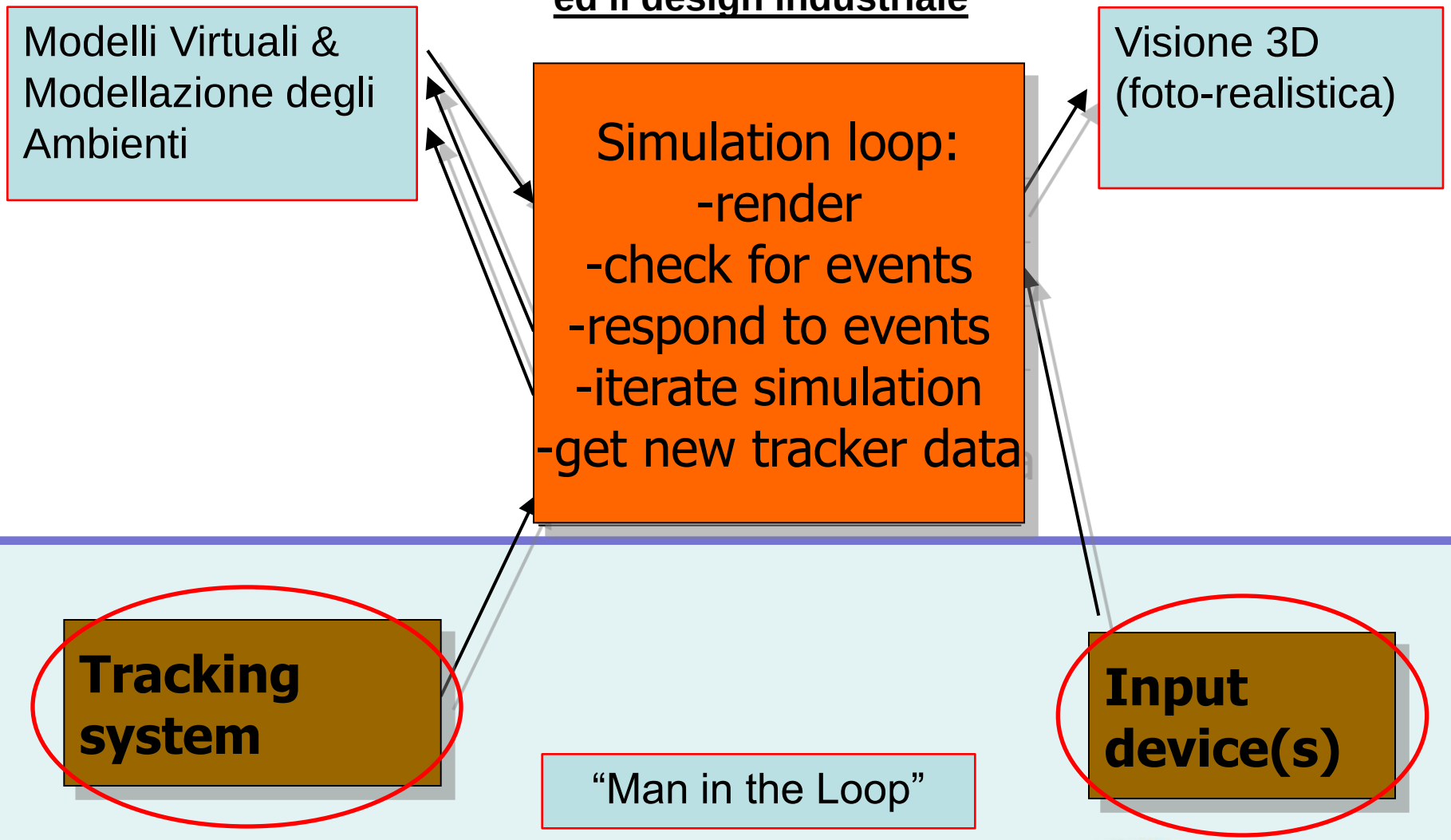
- **Immersione Spaziale** - ricrea la posizione del corpo dell'operatore attraverso i **sistemi di tracciamento**

- **Immersione Sonora** - il suono aggiunge realismo

- **Immersione di reazione (Haptic)** - ricostruisce il senso di fisicità del corpo applicando sulle **mani** dell'operatore una forza di reazione all'azione dell'operatore stesso

Struttura di un sistema di VR: definizioni generali

- **LA REALTA' VIRTUALE per la <u>progettazione integrata/collaborativa</u> <u>ed il design industriale</u>**



Sistemi di tracking 3D

- **Posizione (3 g.d.l.) o posa (6 g.d.l.)**



- Elettromagnetici (EM), Acustici, Ottici, Inerziale, Esoscheletrici
  - **Invasivi**
- **PROBLEMA**: si necessita facilità di controllo di users virtuali (studi di ergonomia, manutenzione, facilità di assemblaggio)
- Minimizzare il numero di sensori -> non-invasiva
  - Aumenta il confort dell'utilizzatore
  - Reduce la complessità HW e i costi
- Si vuole ricostruire:
  - Almeno **un moto credibile**
  - Al meglio **il moto originale**
- Vincoli "progettuali"
  - MOCAP **real-time**

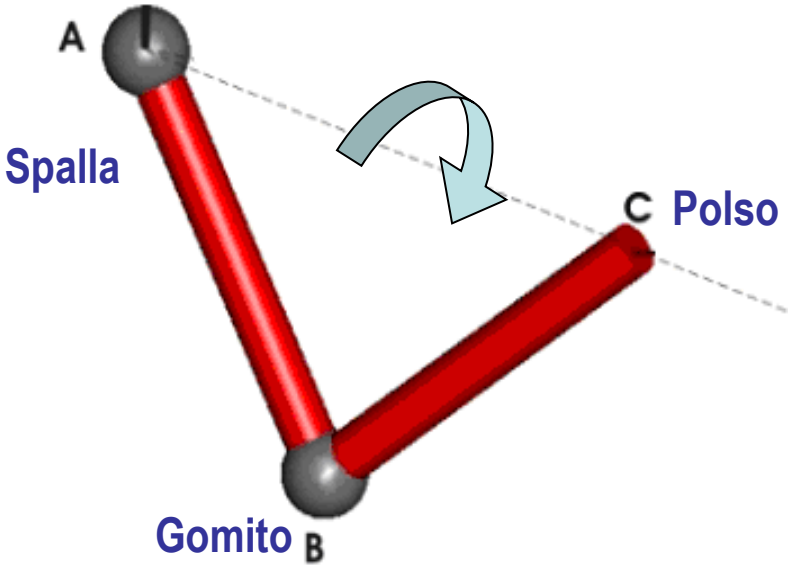


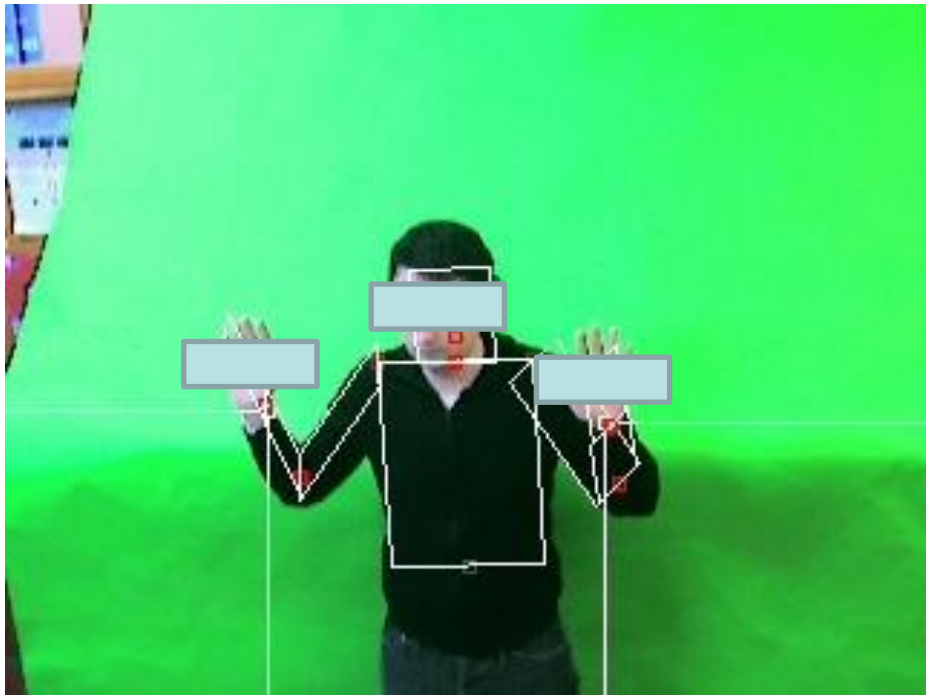


Sistemi di tracking 3D

- Ricostruzione del movimento di un avatar virtuale dalla conoscenza del moto di “pochi” punti”, e.g. mani e/o piedi (Berselli et al. 2006)
- **MARKERLESS MOCAP**: elimina i “markers” (i.e. i sensori di movimento indossati dall’utilizzatore).
- Compatibile con RealTime Simulation

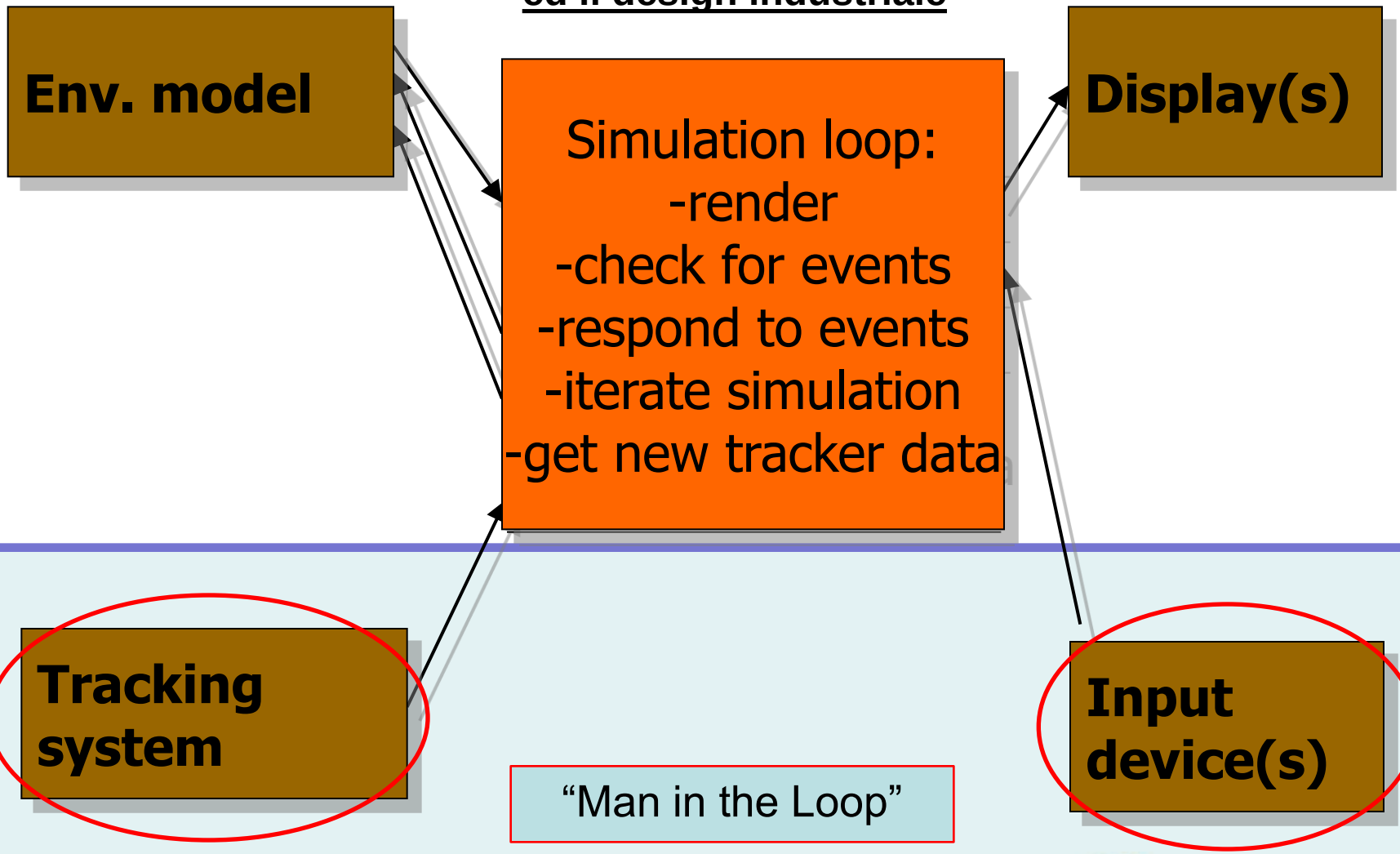
(Unzueta, Berselli, 2006)





Struttura di un sistema di VR: definizioni generali

- **LA REALTA' VIRTUALE per la progettazione integrata/collaborativa ed il design industriale**

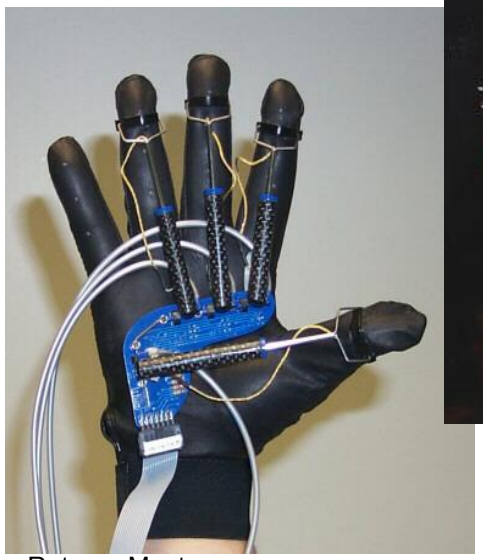


Sistemi di feedback

- Sistema per restituire all'operatore una **sensazione di forza nel tatto di un oggetto virtuale.**
- Componente benefico (se non **essenziale)** dell'interazione uomo-computer (HCI).
  - **Soddisfazione** degli utilizzatori.
  - Riduzione dell'errore umano.
- Attualmente i sistemi disponibili risultano **parziali** (in termini di realismo restituito), **costosi**, **ingombranti.**



Phantom device



Rutgers Masters



From Percro Lab.

Design Industriale per il Settore della Meccanica Avanzata

Caratteristiche desiderabili:

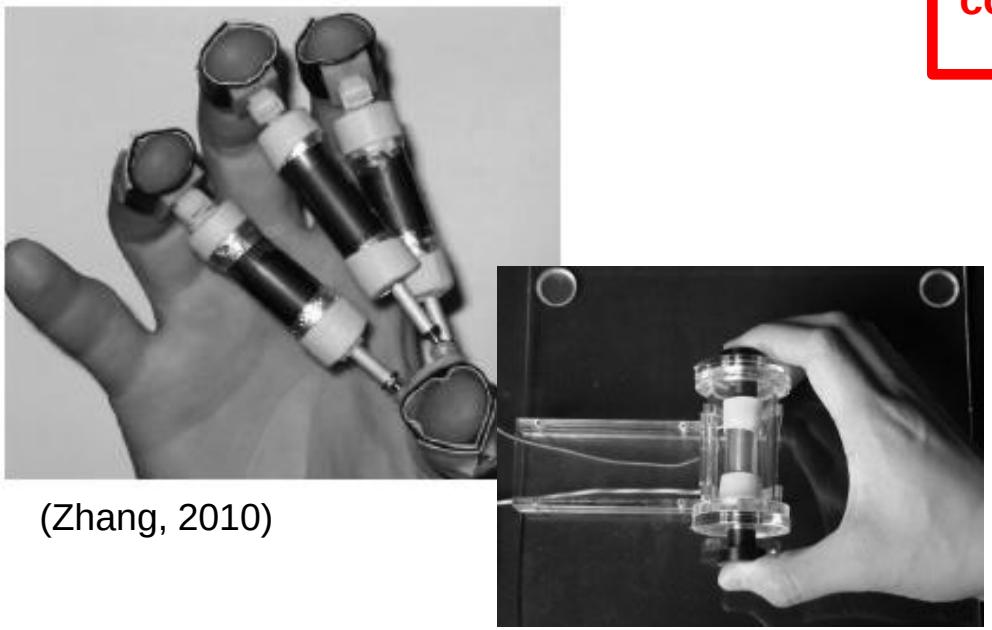
- Performance Human-matched
  (spazio di lavoro e range di forza)
- Robustezza - Stabilità
- Sicurezza
- Isotropia
- Transparenza

(ratio unitaria tra impedenza desiderata e trasmessa all'utilizzatore)

Queste specifiche richiedono:

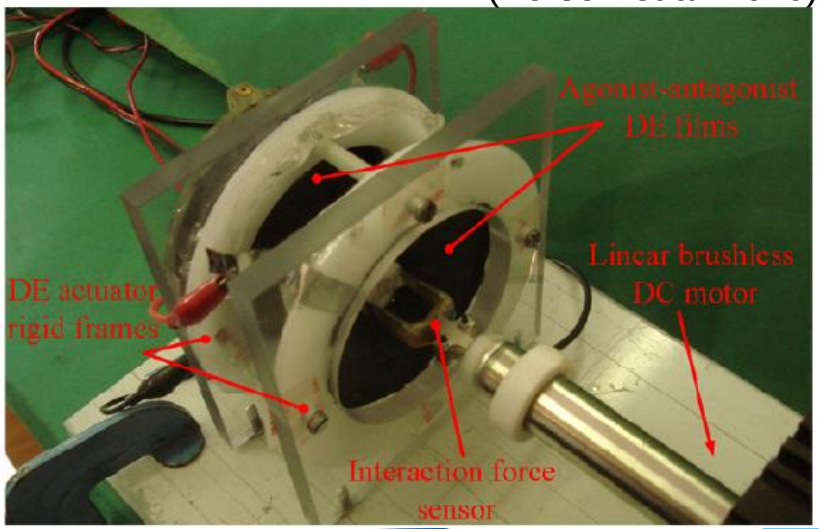
1. Piccole masse in movimento;
2. Piccole inerzie effettive, assenza di giochi ed attriti;
3. Assenza di giochi (backlash);
4. Trasmissioni meccaniche rigide.

Progettazione integrata di interfacce aptiche basate su sistemi di attuazione non convenzionali (attuatori compliant)!



(Zhang, 2010)

(Berselli et al. 2010)



Design Industriale per il Settore della Meccanica Avanzata

- Creazione di un laboratorio di VR orientato al **Design Industriale (ID)** per la **Meccanica Avanzata.**
- **Enabling technology** per il trasferimento di conoscenza tra Università ed Impresa
- Punto di contatto tra il mondo dell'**ID** e dell' **Ingegneria Meccanica.**
  - Utilizzo di sistemi CAD/CAE che uniscano le esigenze del design (estetica, ergonomia) e della progettazione meccanica (feature-base CAD, multi-body, FEM, CFD,…)
  - Sistemi di visualizzazione che garantiscano una resa fotorealistica e un'alta qualità dell'immagine
  - A queste esigenze risponde uno stato dell'arte altamente specializzato ed altamente industrializzato, a volte monomarca!

- Possibilità di **distinguersi: iterazione con l'uomo e Design dell'Esperienza**
  - **SISTEMI DI TRACKING 3D INNOVATIVI -> SISTEMI MARKERLESS**
  - **SISTEMI DI FEEDBACK HAPTICO EVOLUTI (POSSIBILMENTE TATTILI)**

Centro Interdipartimentale
per la Ricerca Applicata e i Servizi
nel Settore della Meccanica Avanzata e della Motoristica

InterMech Mo.Re.



The Hitchhiker's Guide to the Galaxy, © Buena Vista Home Entertainment, Inc.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Struttura di un sistema di VR

Modelli Virtuali & Modellazione degli Ambienti

- SW di modellazione e simulazione
- SW realtime rendering
- HW grafico

Visione 3D (foto-realistica)

- Proiettori e schermi

Ambiente Immersivo:
“Man in the Loop”

- Immersività.
- Acquisizione input dall’utente
- Haptic Rendering