



Alenia Aermacchi

A Finmeccanica Company

Model Based Systems Engineering


Approccio all'applicazione in Alenia Aermacchi

Torino, 03 Ottobre 2013

Claudio Pessa

claudio.pessa@alenia.it



- 
- **Overview Alenia Aermacchi**
 - **Esigenze per il MBSE**
 - **Definizione di model based**
 - **State of practice in Alenia Aermacchi**
 - **Difficoltà e Benefici del MBSE**
 - **Considerazioni Finali sul MBSE**

Alenia Aermacchi: una società, 100 anni di attività

Alenia Aermacchi, società del Gruppo Finmeccanica, è la maggiore industria aeronautica italiana ed uno dei principali player a livello mondiale nella progettazione, sviluppo, produzione, supporto e manutenzione di velivoli civili e militari, aerei da addestramento, sistemi a pilotaggio remoto. Grazie ad una consolidata esperienza nella lavorazione dei materiali avanzati, partecipa con un ruolo di primo piano ai principali programmi aeronautici internazionali attraverso la realizzazione di aerostrutture complesse.

Dal primo gennaio 2012 è diventata operativa la fusione fra Alenia Aeronautica ed Aermacchi che ha riunito in un'unica realtà industriale uno straordinario patrimonio di conoscenze, di tecnologie, di esperienze acquisite in cento anni di attività da aziende, quali Aeritalia, Fiat Aviazione, Macchi, Romeo e SIAI Marchetti, che hanno scritto la storia dell'industria aeronautica italiana.

Dal 1913 al 2013, sono usciti complessivamente dalle officine di queste aziende circa 30.000 velivoli



Le collaborazioni industriali



Programmi militari

BAE Systems

- Eurofighter
- Tornado

Dassault

- Neuron

Cassidian

- Eurofighter
- Tornado

Embraer

- AMX

L-3 Communications

- C-27J (JCA Program)

Lockheed Martin

- F-35 JSF

General Dynamics

- T-100

Programmi civili

Airbus

- A380
- A321

Boeing

- 787
- 767
- 777

Bombardier

- CSeries

Dassault

- Falcon 2000 EX
- Falcon 900 EX

EADS

- ATR42/72

Sukhoi

- SSJ100

Strata

- Composite materials



Le linee di business



- Overview Alenia Aermacchi
- **Esigenze per il MBSE**
- Definizione di model based
- State of practice in Alenia Aermacchi
- Difficoltà e Benefici del MBSE
- Considerazioni Finali sul MBSE

Esigenze per il MBSE

Alenia Aermacchi deve far fronte a fattori interni ed esterni per mantenere una posizione competitiva sul mercato



Esigenze per il MBSE

 *Exogenous factors*



**Customer
Budget
Reduction**

Gli aspetti congiunturali della crisi economica hanno enfatizzato sia in ambito civile sia in ambito militare l'attenzione ai budget di spesa. Vi è una accresciuta sensibilità dei clienti verso budget che lievitano in modo non controllato.

Il governo americano nel 2009 ha approvato il "Weapons Acquisition System Reform Through Enhancing Technical Knowledge and Oversight Act", secondo il quale, ogni fornitore del Department of Defence (DoD), è tenuto a dare evidenza di aver recepito e consolidato le pratiche del Systems Engineering in termini di organizzazione e processi applicati nel ciclo di vita del prodotto.

Una azienda che vuole mantenere il mercato in questi settori deve dotarsi di metodologie che garantiscano una robustezza e una solida consapevolezza dei preventivi fin dalle prime fasi del ciclo di vita del prodotto. Si deve cioè capire da subito come le scelte progettuali e tecnologiche (e le modifiche) impatteranno sui costi a vita intera del prodotto sviluppato.

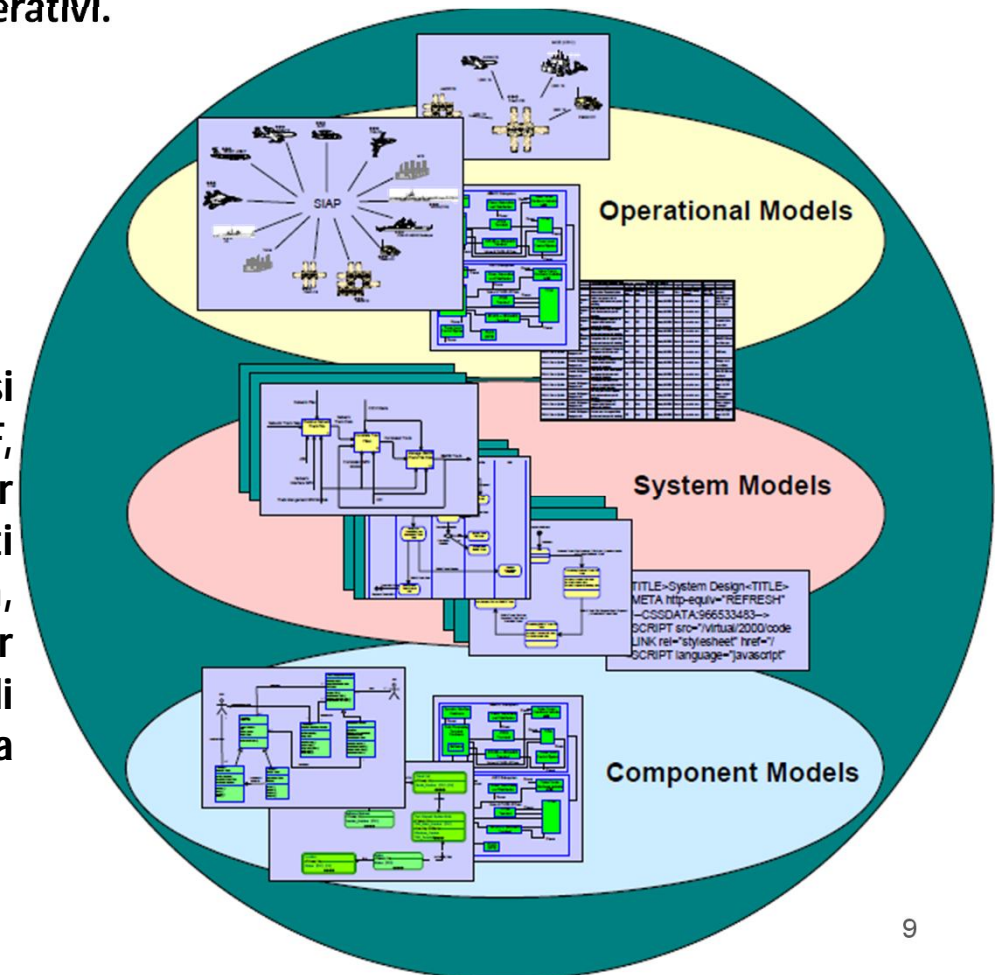
Esigenze per il MBSE

 *Exogenous factors*

**Growing
Operational
Complexity**

Il rapporto cliente fornitore si è evoluto: occorre sempre più considerare il prodotto come un set di funzionalità che devono essere assicurate in diversi contesti operativi.

Da questa esigenza sono nati diversi Architectural Framework (DoDAF, NAF, MoDAF, TOGAF, e ora l'italiano MDAF) per codificare con modelli le informazioni e i dati che ai vari livelli (operational, system, component,...) devono essere considerati per la progettazione del «prodotto» oggetto di fornitura verso i rispettivi Ministeri della difesa.



**Global
Coopetitive
Environment**

Nel settore dell'aerospazio e della difesa la complessità del «prodotto» è tale per cui occorre poter attingere a molteplici risorse sia tecnologiche sia finanziarie e poter condividere il rischio. Lo scenario tipico è quello della co-petizione (cioè collaborazione-competizione) tra aziende su diversi programmi e nella ricerca.

Esigenze per il MBSE

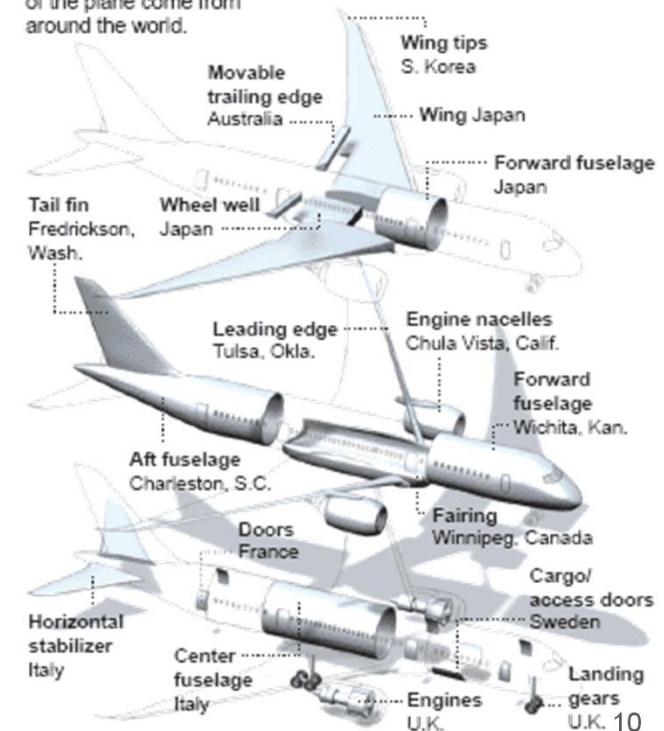
Exogenous factors

E' uno scenario in cui diventa necessario essere consapevoli di ciò che può essere condiviso, in termini di know-how e knowledge, e di ciò che invece deve essere protetto.

L'utilizzo di modelli e strumenti del MBSE aiutano a «strutturare» il Know-How e renderlo disponibile o a proteggerlo in modo più consapevole.

Building Boeing's 787 is a global affair

Airlines have ordered more than 600 of the 787 Dreamliners which Boeing promises will burn less fuel and cost less to maintain. Parts of the plane come from around the world.



SOURCE: Boeing

AP

Multiplicity of Roles & Programs

Esigenze per il MBSE

Endogenous Factors

Alenia Aermacchi è impegnata in molteplici programmi di diversa natura e con diverse tipologie contrattuali. La gestione e il riuso delle Best Practices sui nuovi programmi è essenziale per contenere i costi di sviluppo .

-  Prime
-  Partner
-  Supplier/
Risk Sharing

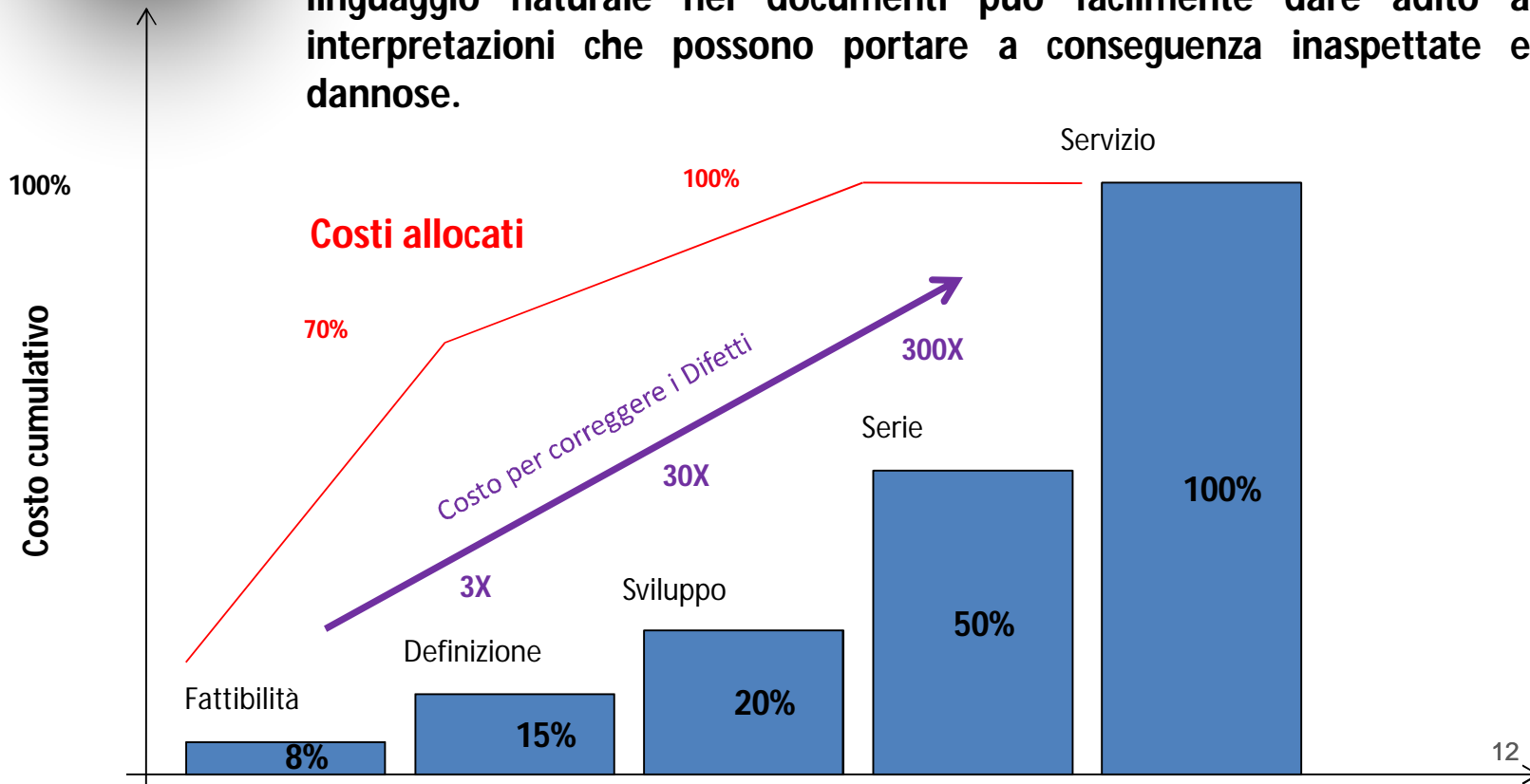


Esigenze per il MBSE

Endogenous Factors

Need to Increase Efficiency

Una delle risposte all'impoverimento dei budget dei clienti può essere l'efficientamento dei propri processi. Occorre giungere ad una soluzione matura con il minimo numero di loop progettuali ed evitare rilavorazioni e riprogettazioni molto costose. L'approccio tradizionale documentale è oggetto ad errore umano nonostante la cura e i controlli. L'utilizzo del linguaggio naturale nei documenti può facilmente dare adito a interpretazioni che possono portare a conseguenza inaspettate e dannose.



Esigenze per il MBSE



Know-how Capitalization

La capitalizzazione del proprio Know How può dare, attraverso l'utilizzo sistematico di software di Knowledge Management e di Product Lifecycle Management, un importante vantaggio in termini di tracciabilità delle scelte tecniche e di progetto.

La possibilità di rendere modulare il Know How attraverso la modellazione di classi di funzionalità tipiche per prodotti simili può rendere più agevole e strutturata la definizione di nuovi sistemi e incorporare negli stessi modelli le scelte che hanno portato a sviluppare un certa architettura. I problemi tipici che occorre affrontare in questo ambito sono:

- Scarsa compatibilità/ comunicazione tra differenti sistemi → Standard (e.g. OSLC)
- Impossibilità o difficoltà del ri-uso della conoscenza e del know how
- Introduzione di errori
- Difficoltà nella gestione della complessità
- Inconsistenze nell'Informazione

- Overview Alenia Aermacchi
- Esigenze per il MBSE
- **Definizione di model based**
- State of practice in Alenia Aermacchi
- Difficoltà e Benefici del MBSE
- Considerazioni Finali sul MBSE

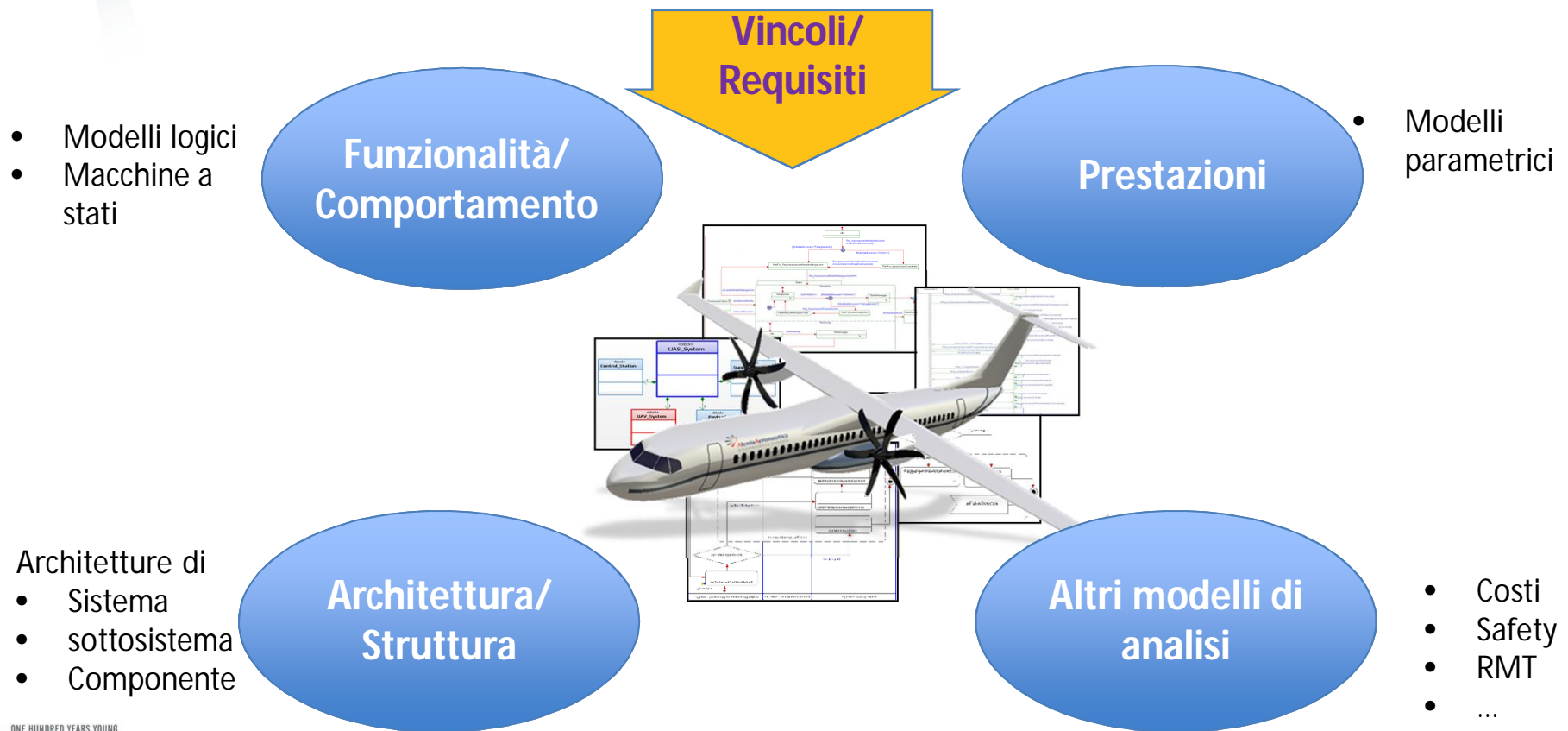
Definizione del MBSE

Il Model-Based Systems Engineering (MBSE) è l'applicazione formalizzata della modellazione al fine di supportare le attività di definizione del requisito, di progettazione, di analisi, verifica e validazione fin dalla fase di concezione attraverso tutte le fasi del ciclo di vita di prodotto.

(INCOSE-TP-2004-004-02, Version 2.03, September 2007)

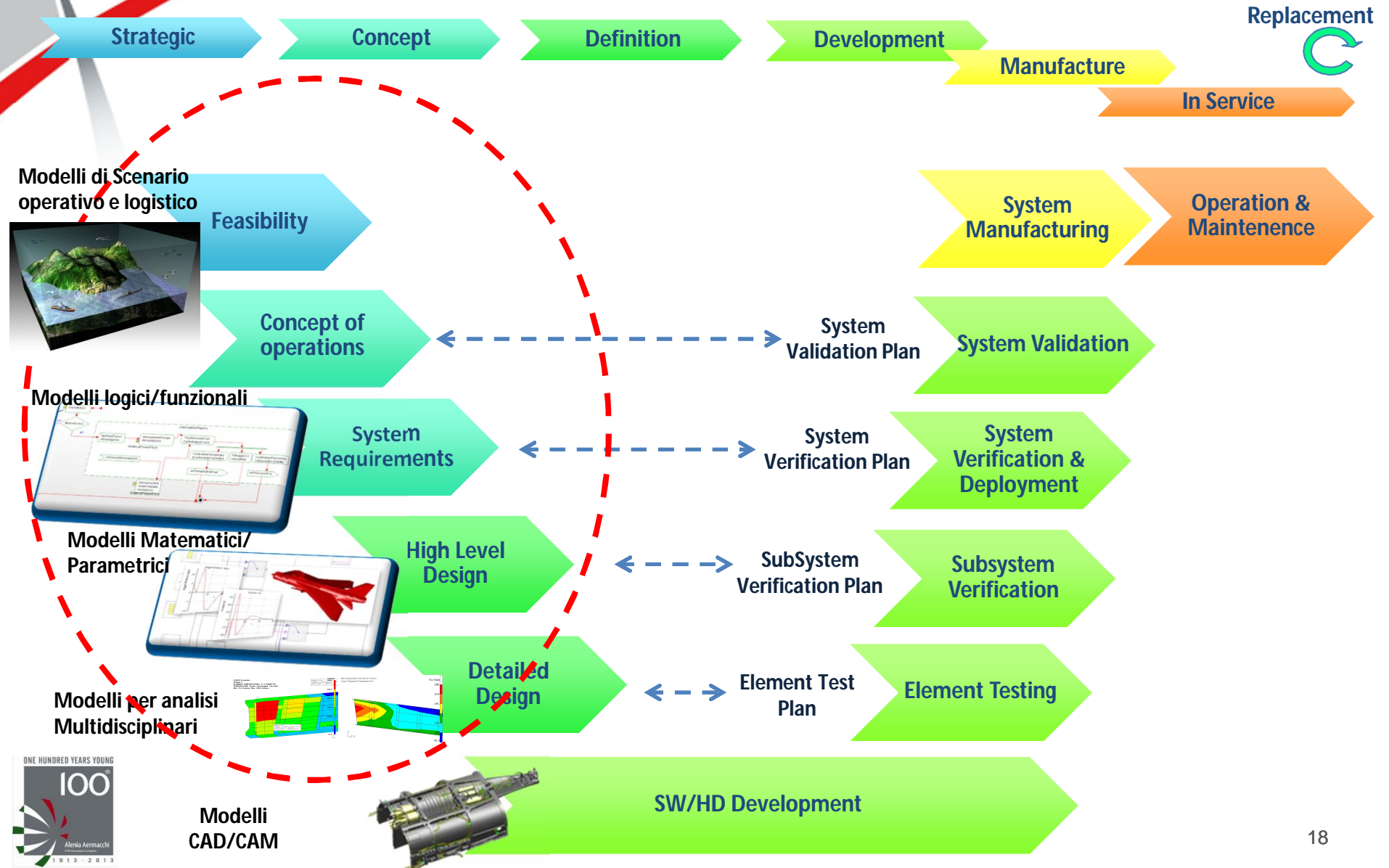
Definizione del MBSE

L'obiettivo del MBSE è quello di creare un modello di sistema coerente ed integrato, al fine di valutare i diversi aspetti del **SISTEMA** attraverso viste multiple in maniera coesa, invece di realizzare una raccolta anche strutturata ma statica di documenti tipica della progettazione tradizionale (Document Based).



- Overview Alenia Aermacchi
- Esigenze per il MBSE
- Definizione di model based
- **State of practice in Alenia Aermacchi**
- Difficoltà e Benefici del MBSE
- Considerazioni Finali sul MBSE

II Model Based Systems Engineering Cosa attualmente si modella in Alenia Aermacchi



II Model Based Systems Engineering Cosa attualmente si modella in Alenia Aermacchi

Modelli di Scenario operativo, marketing e ConOps

Feasibility

Concept of operations

Nelle fasi di esplorazione delle esigenze del cliente (marketing e scenari) la modellazione dà supporto all'analisi dei ConOps (Concept of Operation). La modellazione degli scenari contribuisce a:

- Analizzare le esigenze
- Valutare i competitor
- Supportare la dimostrazione tecnologica
- Simulare lo scenario considerando i punti di vista di stakeholder diversi (Utente/Operatore)
- Far partecipare il cliente all'impostazione del problema (capabilities richieste)
- Valutare e validare, in forma preliminare, le funzionalità attese con il cliente
- Definire i requisiti di alto livello per i successivi sviluppi



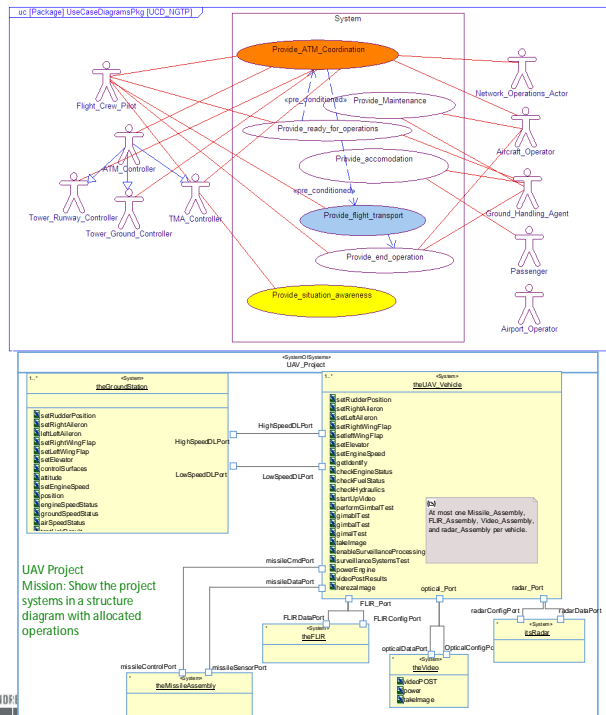
II Model Based Systems Engineering Cosa attualmente si modella in Alenia Aermacchi

System Requirements

High Level Design

Modelli logici/funzionali

Storicamente si sono utilizzati modelli logici per l'analisi preliminare del funzionamento dei sistemi in modo diffuso fin dagli anni '90 (State Machine in ambito avionico – programma EFA).

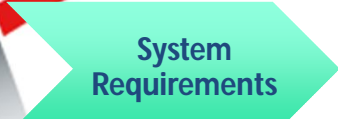


Le funzionalità richieste dal sistema velivolo devono soddisfare le «capabilities» che il cliente esprime attraverso i requisiti. La modellazione con linguaggi pseudo-formali come l'UML/SysML permette innanzitutto di descrivere l'architettura del sistema e di rappresentarne il comportamento abilitandone, mediante l'esecuzione del modello, una validazione preliminare.

La modellazione delle funzionalità costringe l'ingegnere a «pensare» in modo astratto a ciò che serve piuttosto che concentrarsi immediatamente sulla soluzione tecnica.

Il Model Based Systems Engineering su base IBM Harmony

Il MBSE si attua in fasi che possono applicarsi ad ogni livello di granularità del sistema: alla fine della fase di sintesi si avranno le informazioni per definire i requisiti degli elementi che compongono il sistema e proseguire, se necessario, l'indagine.



System
Requirements




High Level
Design



Analisi
dei
requisiti

Nella fase di analisi dei requisiti le necessità degli stakeholder sono tradotte in requisiti di sistema che definiscono ciò che deve fare il sistema e con quali prestazioni/qualità. I requisiti maturi vengono raggruppati in use case



Analisi
funzionale
del sistema

Nella fase di analisi funzionale occorre tradurre i requisiti funzionali in operazioni che il sistema deve essere in grado di eseguire. Ogni use case è tradotto in un modello verificato e validato attraverso l'esecuzione del modello.



Sintesi del
Design

Nella fase di sintesi le funzionalità del modello devono essere allocate su una architettura di sistema che sia in grado di soddisfare le necessità richieste con le performance definite nei requisiti prestazionali.

Gestione Requisiti (IBM Doors)

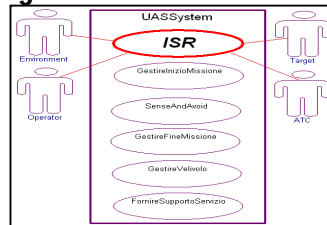
Requisiti Iniziali (funzionali e non funzionali)

Requisiti sviluppati e nuovi requisiti per i sottosistemi

Loop a livello di Sottosistema

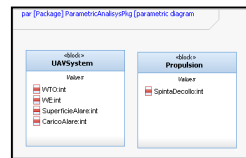
Analisi e Sviluppo Requisiti (IBM Rhapsody)

Allocazione dei requisiti funzionali sugli Use Case Diagram



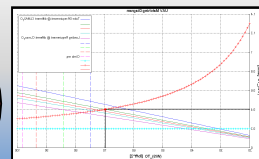
Requisiti non funzionali

Sintesi dell'architettura



Parametric Diagram

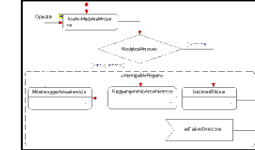
es. MatLab



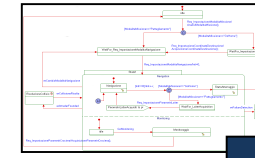
Trade Off

Analisi Funzionale

Activity Diagram



Sequence Diagram

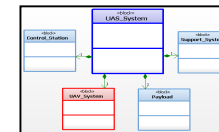


State Chart Diagram

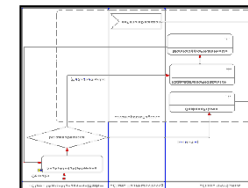


Design Architeturale

Block definition Diagram



Internal Block Diagram



II Model Based Systems Engineering Come si modellerà in Alenia Aermacchi



- Generate Lift
- Control Aircraft
- Generate Power
- Generate Thrust
- Get Communication
- Manage Flight
- Carry Payload
- Control A/C Environment
- ...

I requisiti cliente o definiti a partire dalle analisi di scenario sono tracciati sulle funzionalità tipiche di un sistema velivolo.

Le funzionalità sono generiche e invariante per macro - classi di velivolo (Unmanned, Transport, Defence,...)

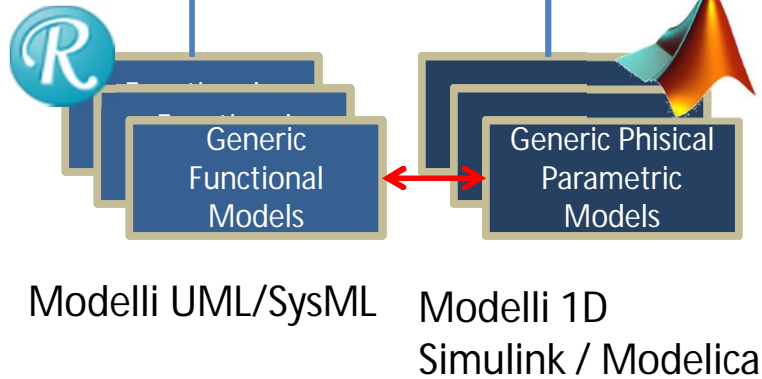


- ATA 21 AIR CONDITIONING AND PRESSURIZATION
- ATA 22 AUTOFLIGHT
- ATA 23 COMMUNICATIONS
- ATA 24 ELECTRICAL POWER
- ATA 25 EQUIPMENT/FURNISHINGS
- ATA 26 FIRE PROTECTION
- ATA 27 FLIGHT CONTROLS
- ATA 28 FUEL
- ATA 29 HYDRAULIC POWER
- ATA 30 ICE AND RAIN PROTECTION
- ATA 31 INDICATING / RECORDING SYSTEM
- ATA 32 LANDING GEAR
-
- ATA N N System...

A loro volta le funzionalità sono tracciate sui sottosistemi (e.g. ATA100) in modo strutturato. Questa tracciabilità genera un link tra gli HLR e i sottosistemi.

II Model Based Systems Engineering Come si modellerà in Alenia Aermacchi

ATA 21 AIR CONDITIONING AND PRESSURIZATION
ATA 22 AUTOFLIGHT
ATA 23 COMMUNICATIONS
ATA 24 ELECTRICAL POWER
ATA 25 EQUIPMENT/FURNISHINGS
ATA 26 FIRE PROTECTION
ATA 27 FLIGHT CONTROLS
ATA 28 FUEL
ATA 29 HYDRAULIC POWER
ATA 30 ICE AND RAIN PROTECTION
ATA 31 INDICATING / RECORDING SYSTEM
ATA 32 LANDING GEAR
....
ATA N N System...



I sottosistemi possono essere rappresentati in prima istanza con modelli funzionali e modelli fisici generici.

La tracciabilità dei pattern dei collegamenti tra requisiti, funzionalità e modelli creati man mano che vengono definiti e sviluppati nuovi prodotti, ne garantisce il riuso ogni qualvolta si presentino necessità simili.

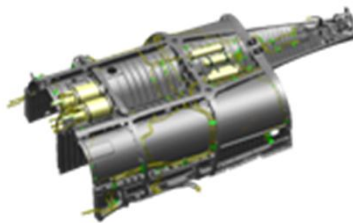
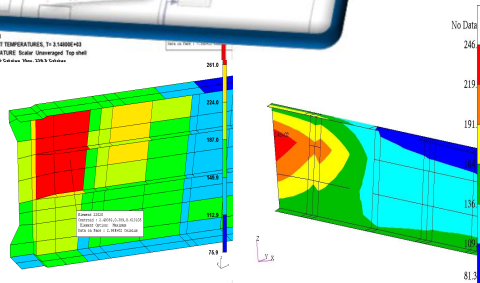
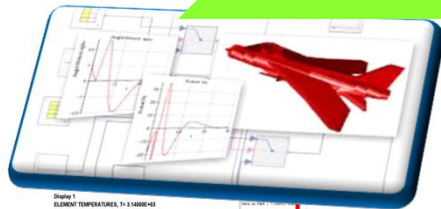
Questa tracciabilità consente, durante le fasi preliminari di un nuovo progetto, di partire da un framework di funzionalità e modelli che, collegata ai requisiti, può supportare uno sviluppo più ordinato e consapevole. Consente inoltre di risalire ai perché delle scelte progettuali dei progetti precedenti.

II Model Based Systems Engineering Cosa attualmente si modella in Alenia Aermacchi

High Level Design

Detailed Design

SW/HD Development



Modelli Parametrici - Modelli Multidisciplinari - CAD

Sono i modelli che tradizionalmente vengono sviluppati nelle singole discipline e che descrivono il comportamento dei sistemi in termini prestazionali/numerici.

L'attuale sfida in questo campo è quella di avere modelli multi-disciplinari che integrino i vari aspetti fisici del problema ingegneristico in modo da permettano di ridurre i tempi per l'ottimizzazione del sistema ed avere soluzioni più rappresentative della realtà fisica.

La modellazione CAD è sicuramente la più consolidata a livello aziendale perché orientata al manufacturing e supportata da una gestione della configurazione matura.

Il Model Based Systems Engineering Cosa attualmente si modella in Alenia Aermacchi

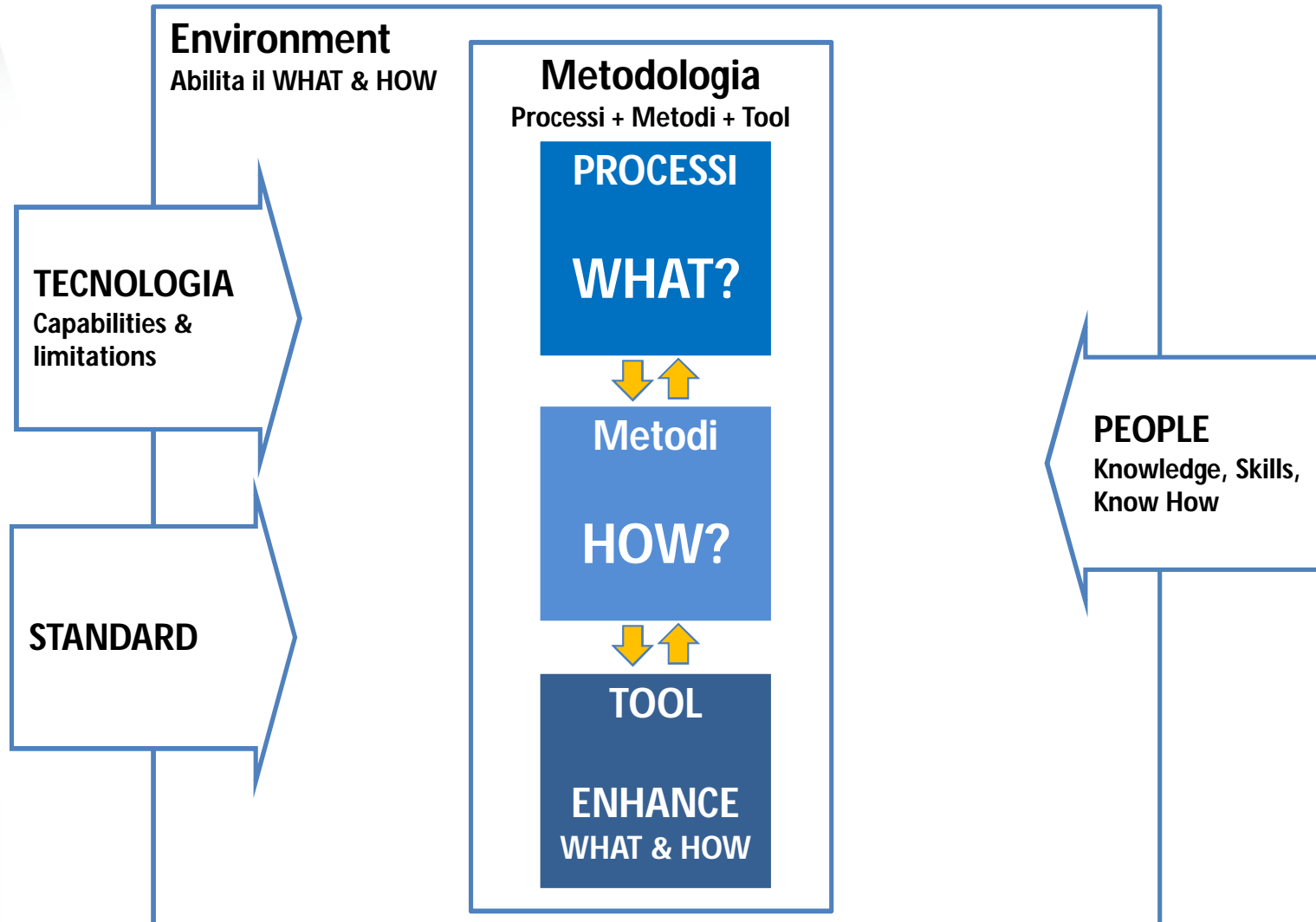
Si può parlare quindi di Model Based Systems Engineering?

Premessa: il vantaggio di un approccio Model Based è che ogni elemento del Modello è interdipendente dagli altri elementi. In questo modo si può rilevare e tracciare come si propagano gli effetti di una modifica di una parte sull'intero sistema.

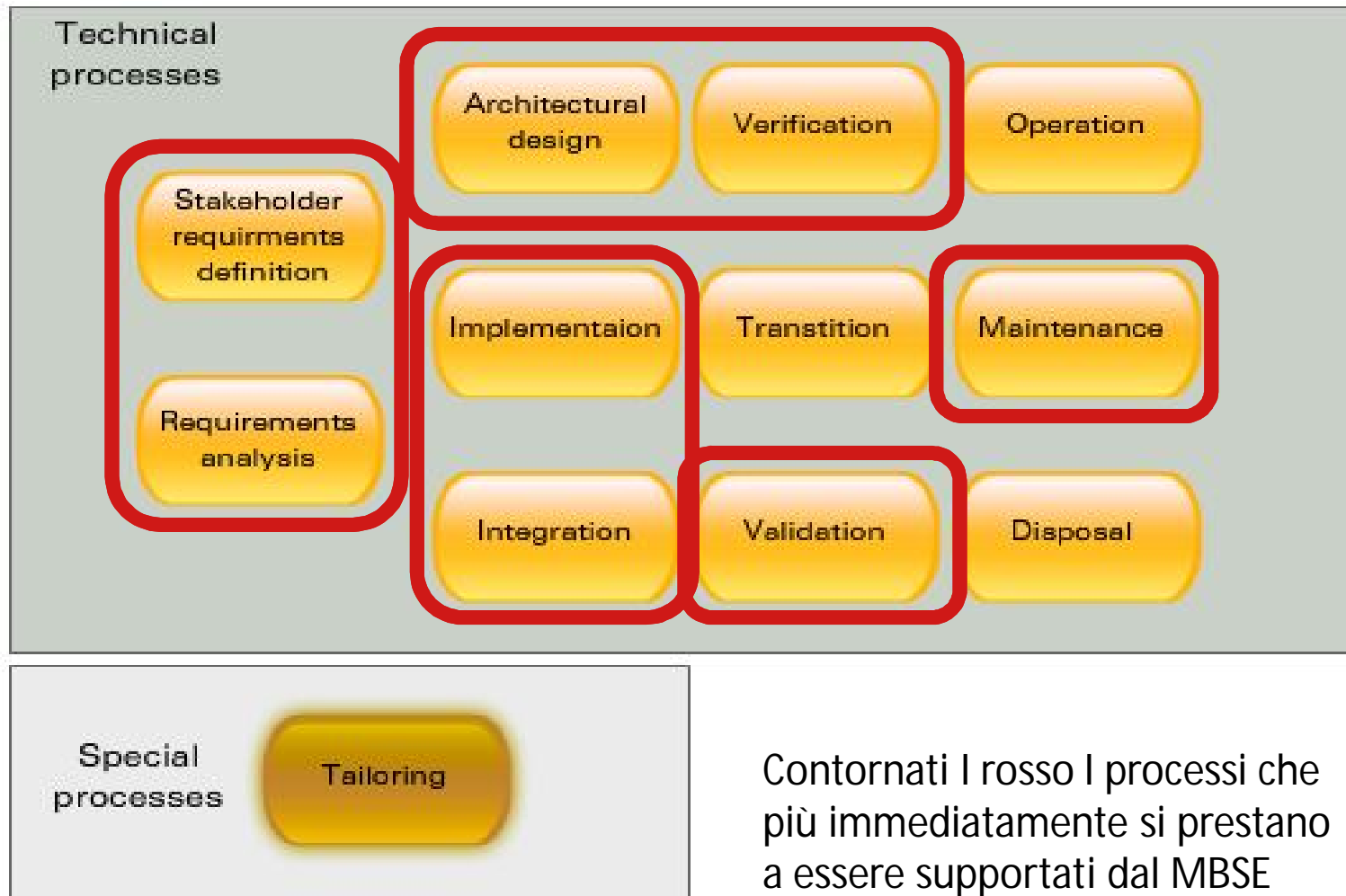
La sfida di Alenia Aermacchi sul MBSE è proprio quella di abilitare (attraverso metodi, processi, tool e linguaggi) questi link tra i modelli che tradizionalmente vengono già sviluppati per la progettazione del sistema e quelli che si stanno sviluppando per supportarne la vista logico/funzionale (supportati dai linguaggi UML, SysML).

Non è una sfida di breve termine ed è stato intrapreso un percorso di consolidamento dei link tra Requisiti, Modelli Funzionali e Modelli parametrici disciplinari.

L'ambiente di SE in Alenia Aermacchi

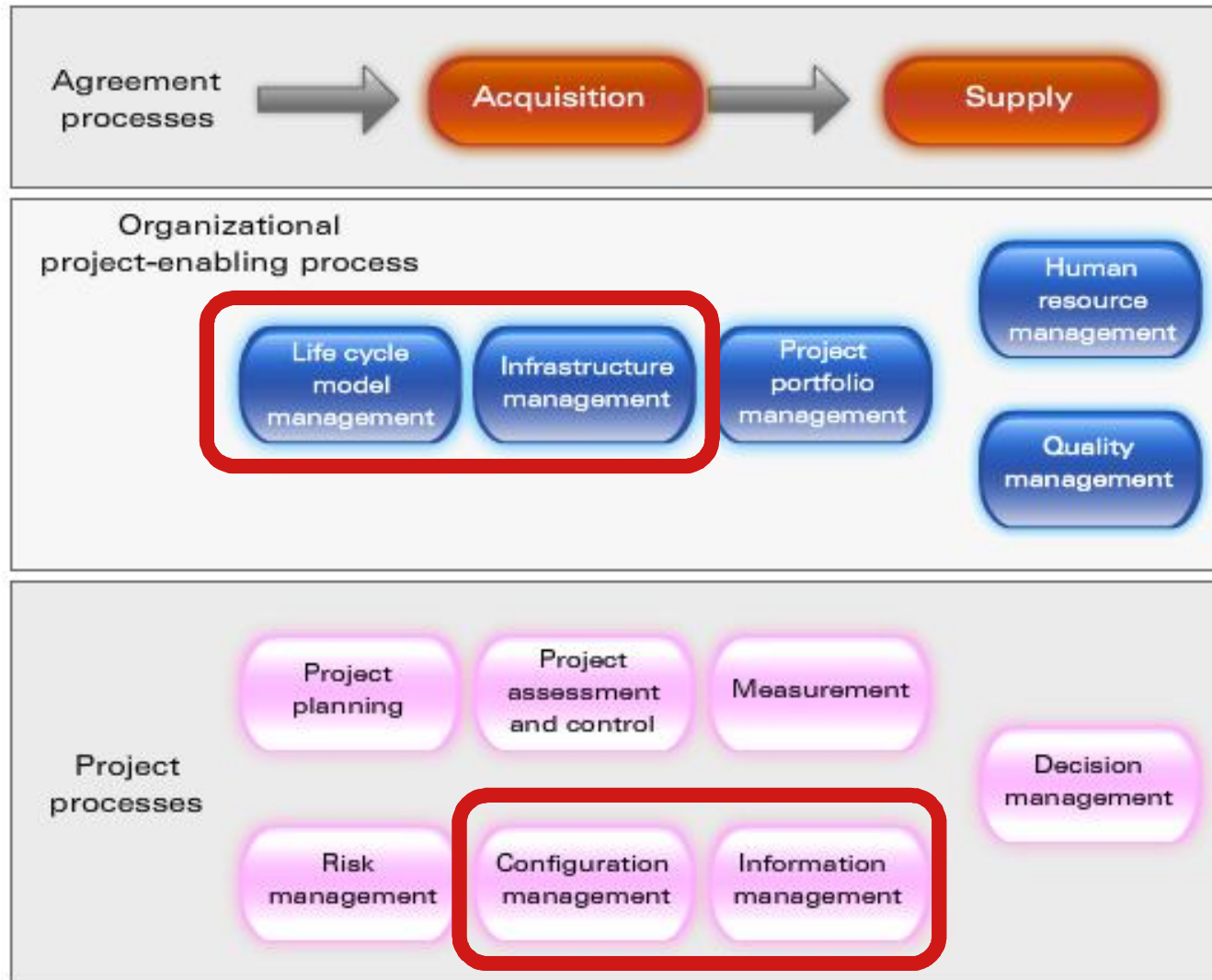


Technical Processes



Contornati I rosso I processi che più immediatamente si prestano a essere supportati dal MBSE

Agreement, Organizational & Project Processes



Vista Operativa

Come il sistema viene utilizzato
(scenari di prodotto)

Attività e Tempistiche

Vista Funzionale

Cosa fa il sistema
(avamprogetto, progettazione
preliminare)

Parametri e Algoritmi

Vista Fisica

Cos'è il sistema
(sviluppo ingegneristico)

Componenti e Codice

Sviluppo del
Progetto

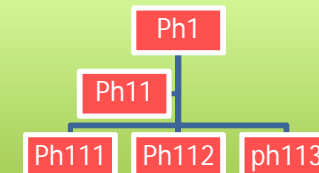
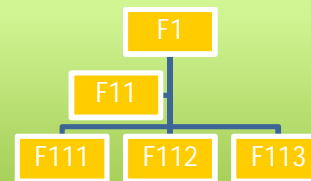
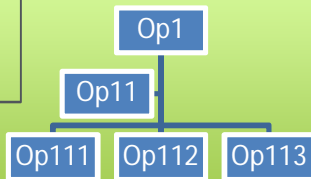
- Conops
- System Specification
- ICD

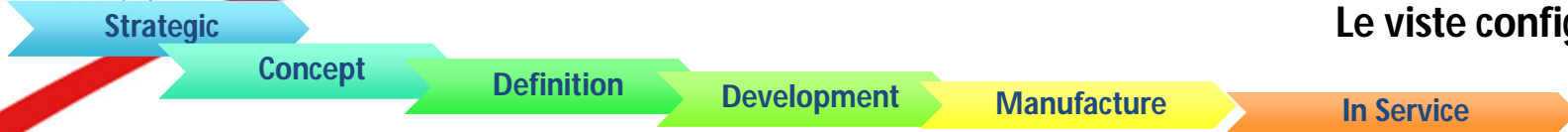
Architettura
Operativa

Architettura
Funzionale

Architettura
Fisica

I requisiti
specificano le
architetture ai
diversi livelli





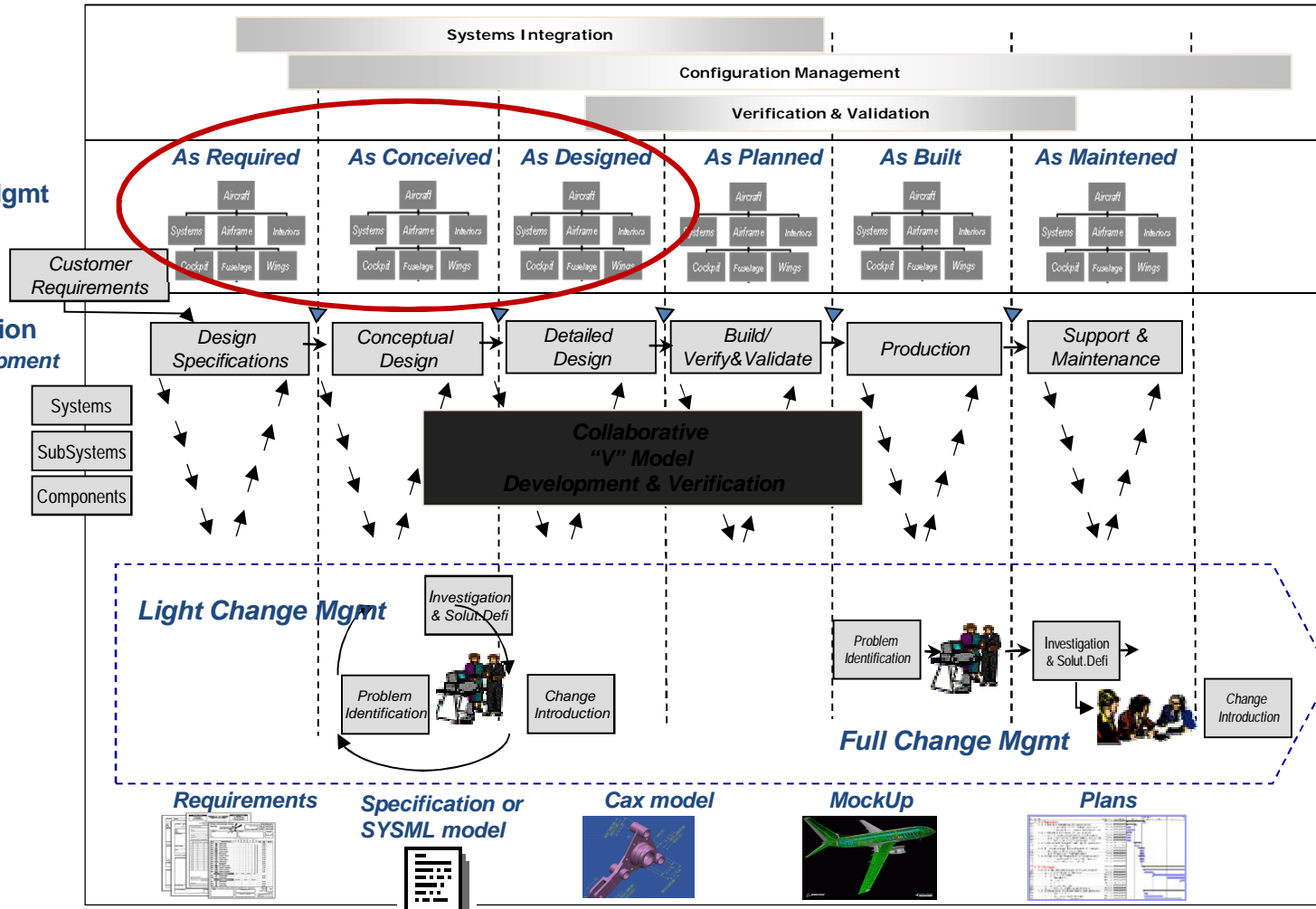
SubProcesses

Configuration Mgmt

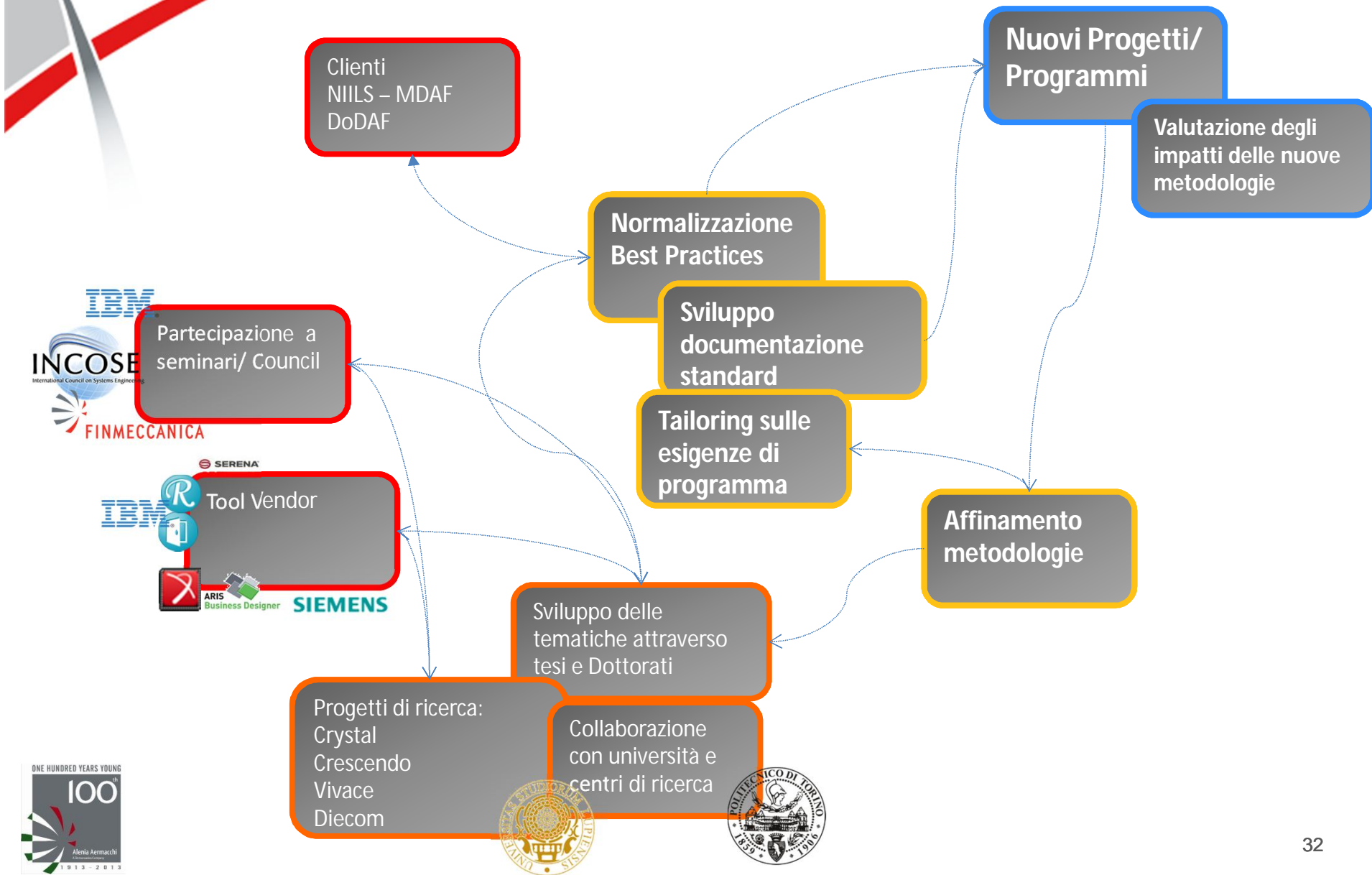
System Integration
Product Development
Verification & Validation

Change Control Management

Product Data Management



La rete di Sviluppo del MBSE



- Overview Alenia Aermacchi
- Esigenze per il MBSE
- Definizione di model based
- State of practice in Alenia Aermacchi
- **Difficoltà e Benefici del MBSE**
- Considerazioni Finali sul MBSE

Il Model Based Systems Engineering

Quali sono le difficoltà di applicazione...

- **Difficoltà nel dare evidenza dei vantaggi:** Soggettività e riservatezza su dati sensibili come i costi e i tempi del progetto. Le fasi iniziali del ciclo di vita di un prodotto sono tipicamente «povere» ed è difficile consolidare metodologie non completamente consolidate tramite progetti di ricerca e test pilot. I vantaggi sono riscontrati comunque a lungo termine nella maggior coerenza e robustezza del progetto a vita intera;
- **Percezione di complessità del metodo:** anche conoscendo bene le tematiche del SE l'approccio Model Based viene percepito come difficile sia nella metodologia sia nella pratica con i Tool di supporto;
- **Cambio culturale:** l'analisi funzionale richiede uno sforzo di astrazione che risulta difficile agli specialisti disciplinari che tendono a pensare alla soluzione tecnica (conosciuta) prima di valutare effettivamente le capability richieste.

Il Model Based Systems Engineering

Benefici qualitativi previsti

- **Migliora la comunicazione** tra gli stakeholders (es. customer, program management, systems engineer, sviluppatori, tester, specialisti di disciplina);
- **Migliora la capacità di gestire la complessità del sistema** attraverso lo sviluppo di un unico modello che può essere visto da prospettive molteplici e analizzare l'impatto delle modifiche;
- **Migliora la qualità del prodotto** fornendo un modello non ambiguo e preciso del modello che può essere valutato in termini di consistenza, correttezza e completezza;
- **Migliora la cattura della competenza** e il riutilizzo delle informazioni in modo più standardizzato che può portare a tempi di sviluppo inferiori e costi minori nella modifica del design;

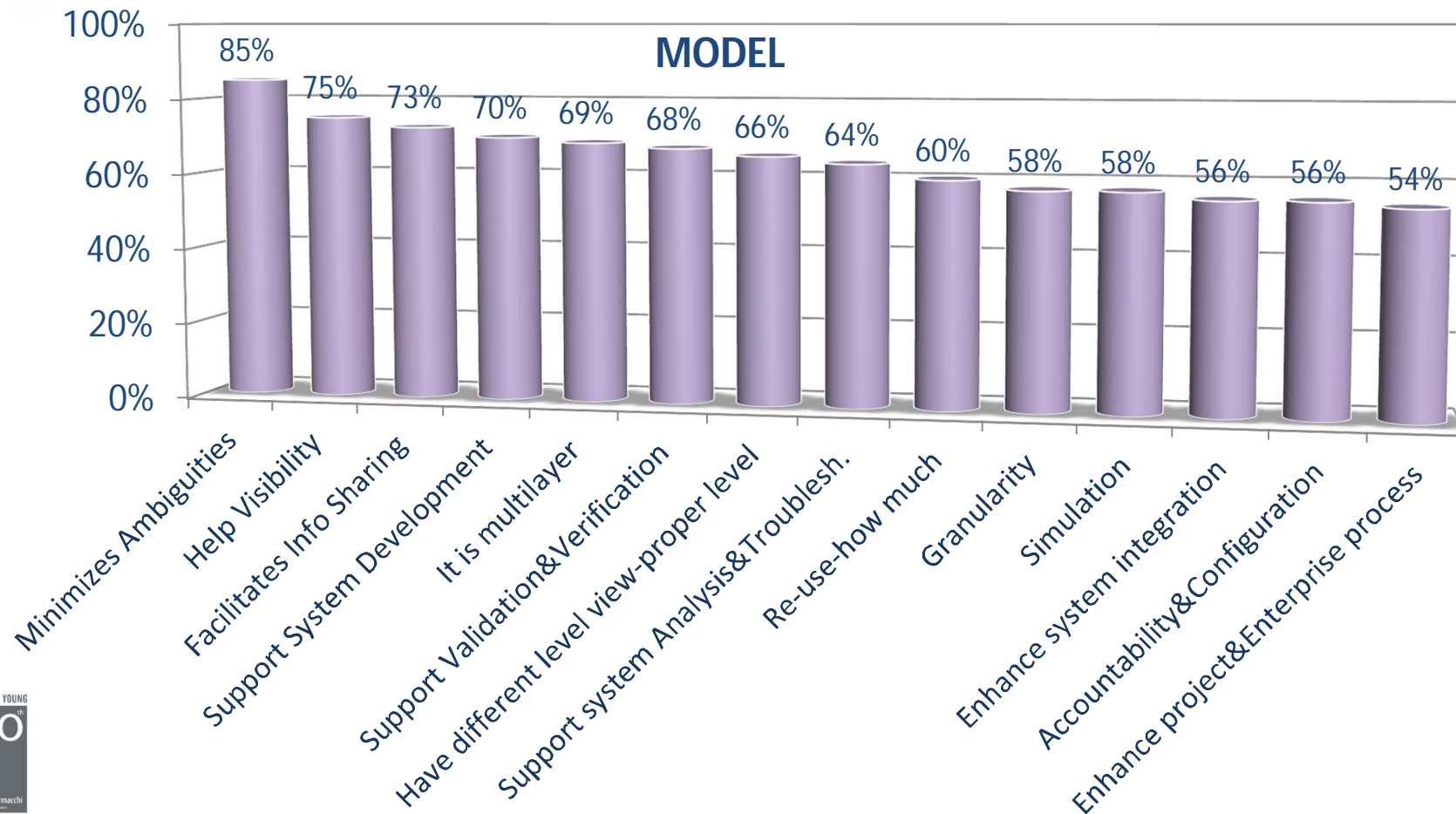
Il Model Based Systems Engineering

Benefici qualitativi previsti - continua

- **Migliora la capacità di insegnare e imparare I fondamentali** del SE: la metodologia ha incorporate le tematiche fondamentali del SE e il modello da una chiara e non ambigua rappresentazione dei concetti;
- **Migliora la capacità di valutare gli impatti trasversali (Lateral Complexity)** tra i sistemi, sottosistemi e componenti;
- **Migliora la capacità di sviluppare i sistemi di Controllo:** attraverso lo sviluppo di un modello formalizzato con un linguaggio ad oggetti si facilita il compito a chi deve progettare il controllo del sistema;
- **SW intensive Systems:** permette la generazione automatica di software almeno nella sua struttura principale.

II Model Based Systems Engineering

Benefici riconosciuti da survey 2012



- Overview Alenia Aermacchi
- Esigenze per il MBSE
- Definizione di model based
- State of practice in Alenia Aermacchi
- Difficoltà e Benefici del MBSE
- **Considerazioni Finali sul MBSE**

I clienti sono sempre più orientati a richiedere capacità operative piuttosto che un «semplice» prodotto

La capacità dell'industria di recepire le reali necessità del cliente e non di proporgli semplicemente un prodotto a «catalogo» può essere amplificata dallo sforzo di astrazione degli sviluppatori che utilizzano il MBSE e ragionano in termini di funzionalità.

Il MBSE permette una validazione molto preliminare del sistema attraverso l'«esecuzione» del modello. Gli stakeholder possono testare i propri requisiti sul modello e valutare se l'industria li ha recepiti correttamente.

In generale la possibilità di sviluppare un prodotto/servizio basato su un condiviso e validato set di requisiti permette una più consistente definizione del problema da risolvere. La possibilità di riuso e la definizione di framework di funzionalità consentono una più veloce convergenza verso una soluzione matura.

Fine Presentazione
