



Progettazione Meccanica CAD/CAE Integrata

A.A. 2024/2025

*Dall'idea al prodotto:
approcci top-down e bottom-up*

Ph.D. Eng. Domenico Marzullo



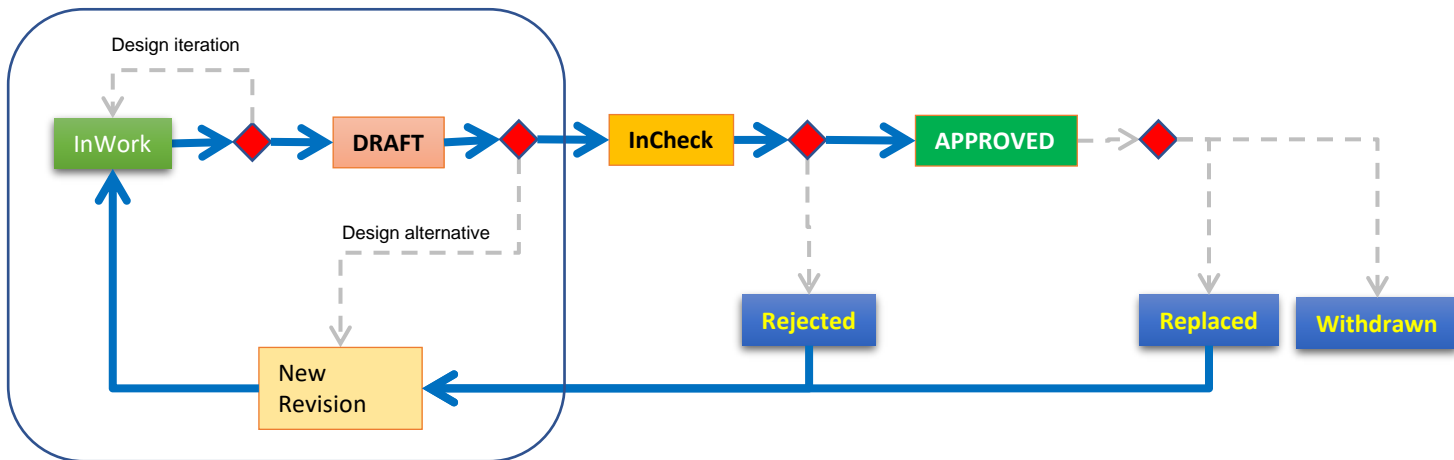
**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**

**Dipartimento di Ingegneria e Architettura
Università degli Studi di Trieste**



I documenti prodotti in ogni fase, anche **concettuale** (es. definizione dei requisiti, valutazioni di costo, disegno di massima, architettura generale, ecc.), saranno gestiti con l'ausilio di **sistemi di gestione documentale elettronica (EDMS)**.

Tutti i documenti saranno salvati e condivisi nel PDM aziendale e soggetti ad un preciso ciclo di vita.





Dall'idea al prodotto



La **gestione documentale elettronica**, attuata fin dalle prime fasi del progetto, consente di utilizzare il lavoro svolto nelle fasi concettuali per i momenti più avanzati del design. Ogni documento dovrà essere caratterizzato da uno **stato**

The screenshot displays the ITD Document Search interface. The left sidebar shows a tree view of the document structure, with 'Plant Breakdown Structure' highlighted. The main content area shows the properties of the document 'ITER_D_RTZ945 v1.0 - PBS15-VV Vacuum Vessel Design Plan'. The 'Workflow Status' section is highlighted with a red box, showing the current status as 'Approved'.

Properties		Hide	Workflow Status	Hide
Id	ITER_D_RTZ945		In Work	
Document Title	PBS15-VV Vacuum Vessel Design Plan (RTZ945 v1.0) (current)		Signed	
Current Version	v1.0		Disapproved	
Abstract or description of the document	This document describes the Design Plan (DP) for the Vacuum Vessel System (PBS-15.VV), it is prepared by the Vacuum Vessel project team (VVPT) to describe the current approach, methods, procedures, resources and organization to coordinate, control and integrate all technical activities necessary to specify, design, verify, operate and maintain the system in conformance with its requirements.		Revision Required	
Status	Approved		Approved	
Document Type	ID-Plan		Current Status	
Document Roles	Show		Approved	
Version Signatures	Hide		Versions	Hide
Author	[Redacted] ✓ has signed: 04 Nov 2015 11:30		v1.0 - current (Approved)	
Approver	[Redacted] ✓ has approved: 04 Nov 2015 12:22		04 Nov 2015 12:22	



Dall'idea al prodotto



Quale che sia il modello con il quale si descrive il ciclo di vita di un prodotto, un servizio o un'infrastruttura, ***all'origine c'è solo un bisogno o un desiderio***, senza nessuna strada concreta per la sua realizzazione.

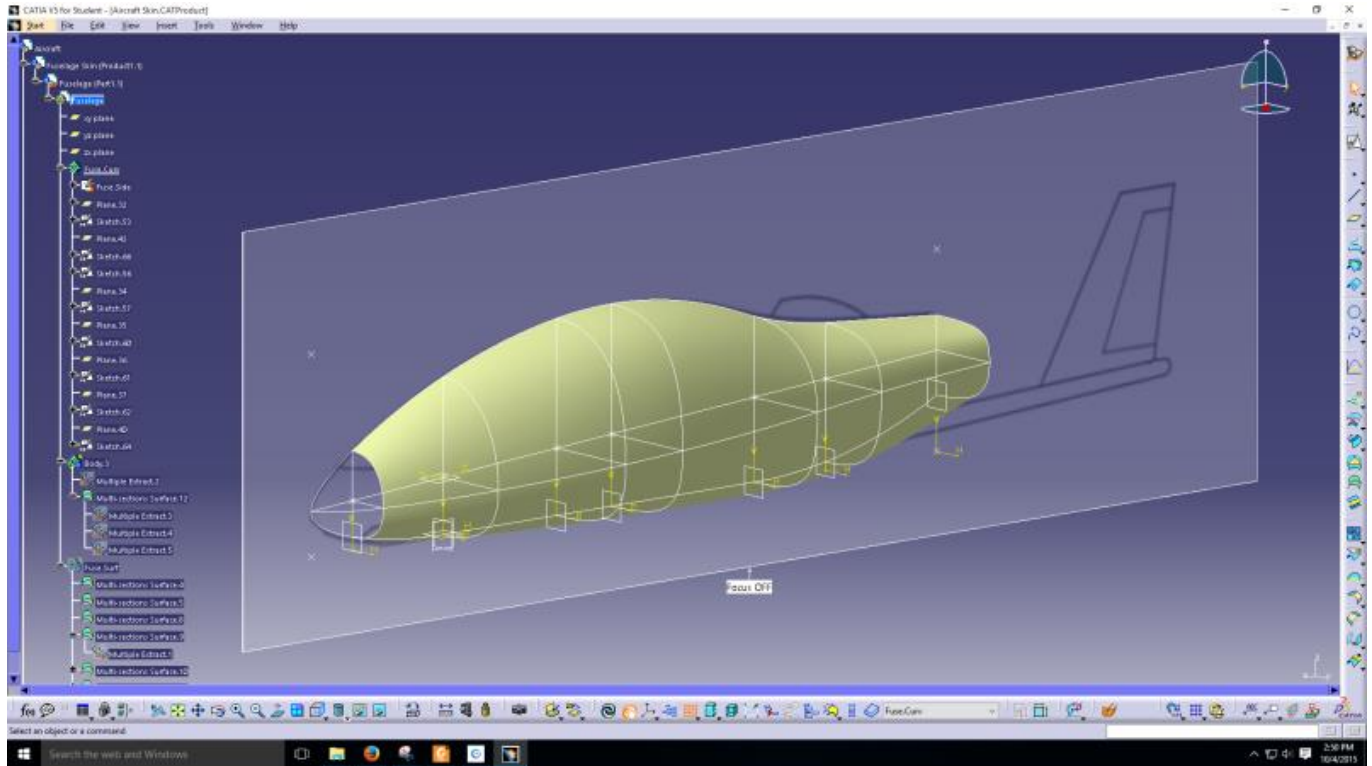
Si comincia quindi a tracciare un possibile cammino partendo da considerazioni di alto livello (es. desiderio delle persone, necessità sociali, ambientali e di territorio, ecc.) e si procede via via verso il basso (processo ***top-down***), definendo ***requisiti*** e aspettative realistiche rispetto ai ***vincoli*** esistenti, inquadrando meglio il progetto, le sue ***funzioni*** e la sua ***forma***.

Ad un certo punto, si ottiene un quadro di riferimento abbastanza preciso entro il quale i particolari del progetto possono essere finalmente dettagliati e il progetto può essere sviluppato ripartendo dal basso (processo *bottom-up***)**

Questo tipo di approccio è applicabile a qualsiasi fattispecie progettuale:

- prima si utilizza il ***systems engineering*** per ridurre la complessità, dividere il sistema nei suoi elementi e pianificare il lavoro
- quindi la progettazione procede «*dal basso verso l'alto*» per realizzare effettivamente gli elementi di cui si ha bisogno

La **tecnica top-down** (nota anche come *modellazione nel contesto del prodotto*), è la tecnica normalmente utilizzata dai **progettisti** nella **fase concettuale di progettazione**





Top-down design (TDD)

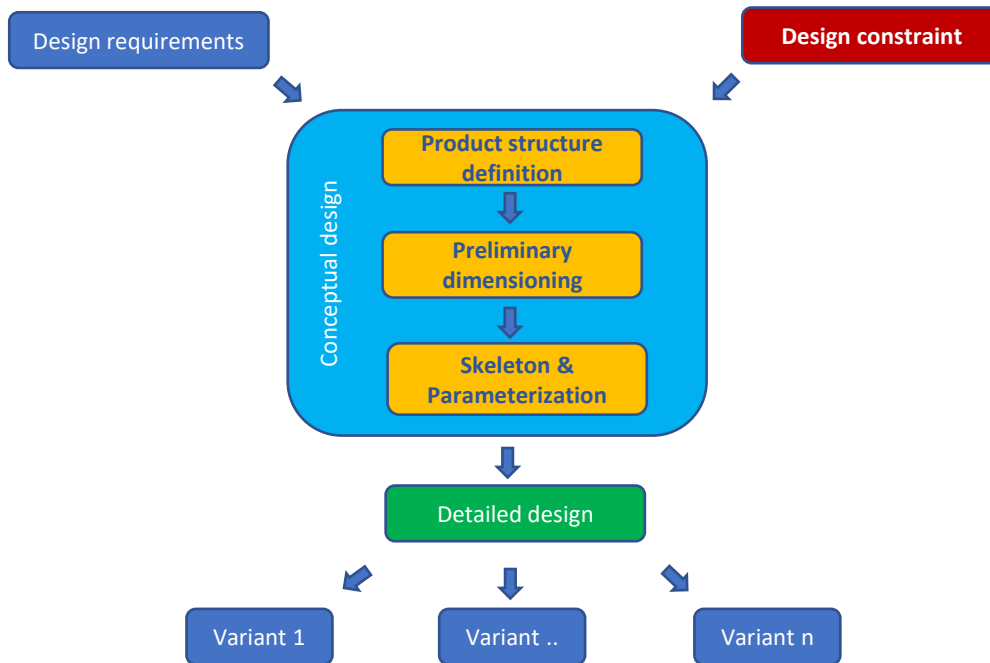


La **tecnica top-down** (nota anche come *modellazione nel contesto del prodotto*), è la tecnica normalmente utilizzata dai **progettisti** nella **fase concettuale di progettazione**.

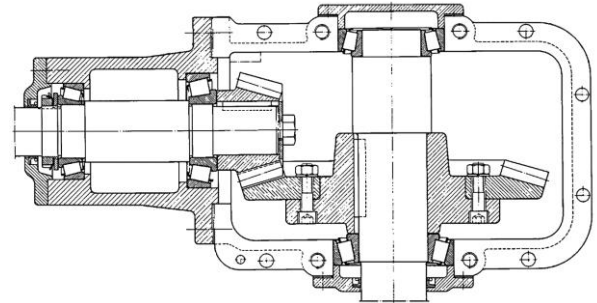
Il prodotto viene definito procedendo «*dall'alto verso il basso*»:

- Viene creata prima la **struttura di prodotto (PBS)**
- Si individuano le **dipendenze** ed i **parametri** che governano il design
- **Sono definite** «*entità guida*» detti **skeleton**, che controllano forma, caratteristiche, dimensioni e posizione relativa delle parti (**skeletal modeling**)
- Viene stabilita la politica per l'assegnazione dei **sistemi di riferimento delle singole parti**
- Ove necessario, sono definite opportune **interfacce** fra sottosistemi che compongono il prodotto
- Non si dettagliano le geometrie delle singole parti

La creazione di un assieme **correttamente strutturato** con approccio top-down richiede un lavoro preventivo di analisi e pianificazione. Tuttavia, sarà richiesto **meno tempo per attuare modifiche in fase di progettazione**, poiché tutte le parti e i componenti si aggiorneranno automaticamente man mano che nuovi parametri di input sono immessi negli skeleton.



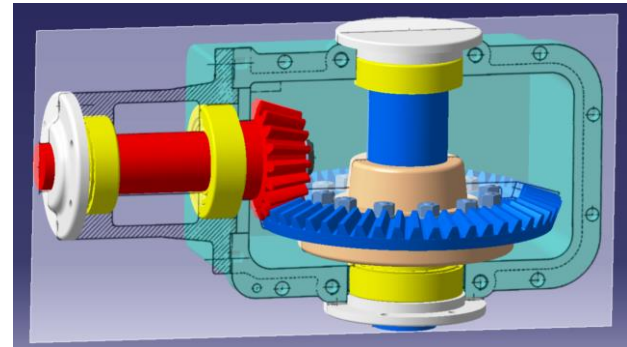
Viene consentito il *Design in Context*, ovvero la possibilità per il progettista di lavorare direttamente all'interno dell'assieme individuando in tempo reale eventuali giochi ed interferenze. Ciò aiuta a prevenire errori di dimensionamento e di posizionamento delle parti.



Sezione di un complessivo utilizzabile come configurazione per approccio *Top-Down*

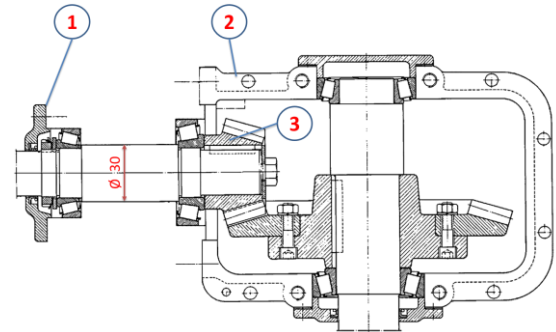
Le parti sono impostate e finalizzate all'interno del *file d'assieme*. Ovvero, per ogni parte viene realizzata una geometria di massima all'interno della configurazione definita preliminarmente. Successivamente viene dettagliata e completata.

Nell'esempio di figura gli elementi sono modellati a partire da uno schema di riferimento importato o definito in ambiente CAD.



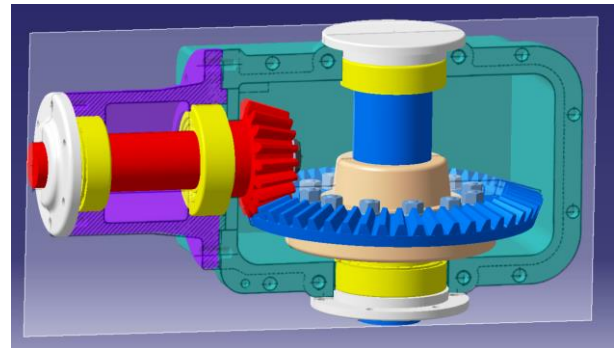
Esempio di modellazione secondo approccio *Top-Down*

Si voglia ideare e modellare un elemento che protegga l'albero su cui è montato il pignone **3** a partire dalle posizioni del coperchio **1** e del carter **2**.



Esempio di configurazione da usare per la progettazione/modellazione di un componente che protegga l'albero su cui è montato il pignone 3

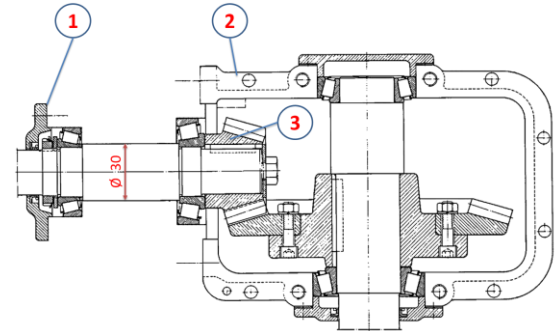
In particolare, in viola è mostrato l'elemento di protezione che si vuole realizzare.



Esempio di modellazione del componente in viola secondo approccio *Top-Down*

Si voglia ideare e modellare un elemento che protegga l'albero su cui è montato il pignone **3** a partire dalle posizioni del coperchio **1** e del carter **2**.

In figura si possono notare i piani di riferimento da usare per la modellazione *Top-Down* del supporto dell'albero.



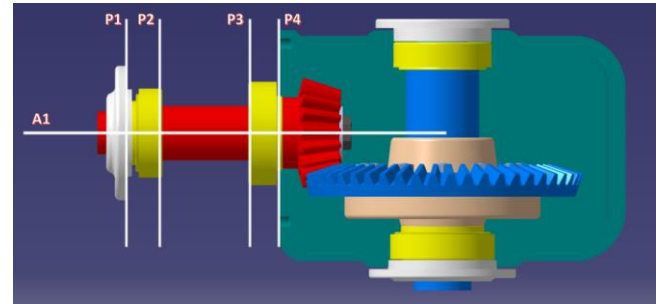
Esempio di configurazione da usare per la progettazione/modellazione di un componente che protegga l'albero su cui è montato il pignone 3

P1: Piano limite dell'elemento che definisce il contatto con il *coperchio 1*

P2: Piano che definisce la superficie di battuta per il *primo cuscinetto*

P3: Piano che definisce la superficie di battuta per il *secondo cuscinetto*

P4: Piano limite dell'elemento da modellare che definisce il contatto con il *carter 2*

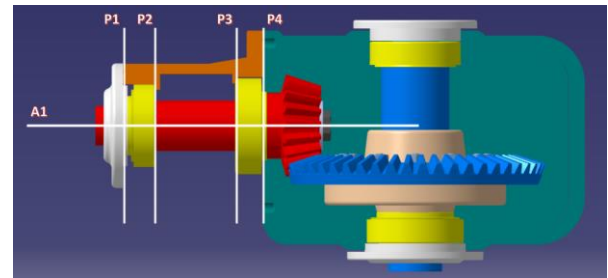


Configurazione con approccio Top-Down per la costruzione del supporto dell'albero

A partire dai piani **P1**, **P2**, **P3** e **P4** viene disegnato il profilo del supporto (in figura in arancione), considerando il diametro del coperchio come limite per la sua dimensione esterna.

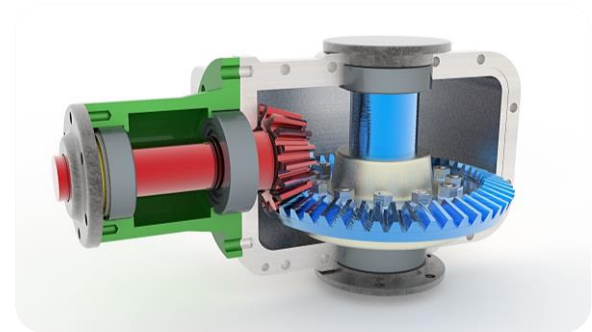
Successivamente, con un'operazione di rivoluzione intorno all'asse **A1** si ottiene il componente richiesto realizzato esattamente nella posizione desiderata.

In seguito all'operazione di rivoluzione del profilo del supporto è possibile aggiungere caratteristiche tecnologiche come fori, smussi e raccordi.



Profilo (in arancione) creato a partire dai limiti imposti dai piani di riferimento definiti con approccio Top-Down

In figura è rappresentato, mediante tecniche di resa fotorealistica, il modello CAD del supporto (in verde) e di tutto il riduttore ottenuti seguendo l'approccio Top-Down.



Resa fotorealistica del risultato della modellazione Top-Down



Bottom-up design (BUD)

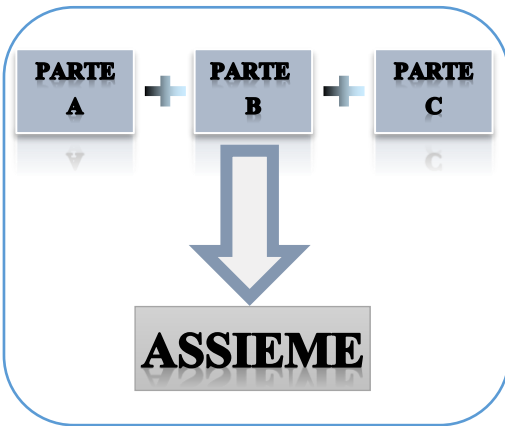


Bottom-up (nota anche come *modellazione al di fuori del contesto del prodotto*), è il metodo tradizionale di modellazione utilizzato dagli **operatori CAD nella fase di progetto di dettaglio**.

- Le parti sono modellate singolarmente e vengono successivamente integrate in un assieme. Questi assiami vengono inseriti in assiami di livello superiore e così via fino al completamento del prodotto di livello principale (*Product root class*, PRC).
- **Questa tecnica può essere adottata ove si debba lavorare su parti di cui si abbia già un disegno di massima** (es. un progetto digitale concettuale, una versione precedente della parte, un disegno cartaceo, ecc.)
- Bottom-up è anche la tecnica d'elezione per gli operatori CAD che integrano i componenti commerciali (minuterie, componenti d'acquisto, ecc.) in un assieme CAD **preliminare** al fine di finalizzare il prodotto ed emettere una distinta base tecnica completa.
- L'approccio bottom-up è applicabile anche per la progettazione di **assiemi poco complessi** (pochi livelli gerarchici), il cui design è già ben collaudato. **Non è efficace quando parti e sotto-assiami presentano interdipendenze tra loro.**

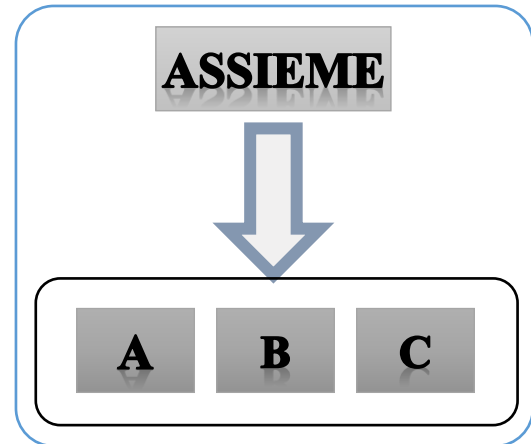
BOTTOM - UP

Sono realizzate prima
le parti,
poi assemblate



TOP - DOWN

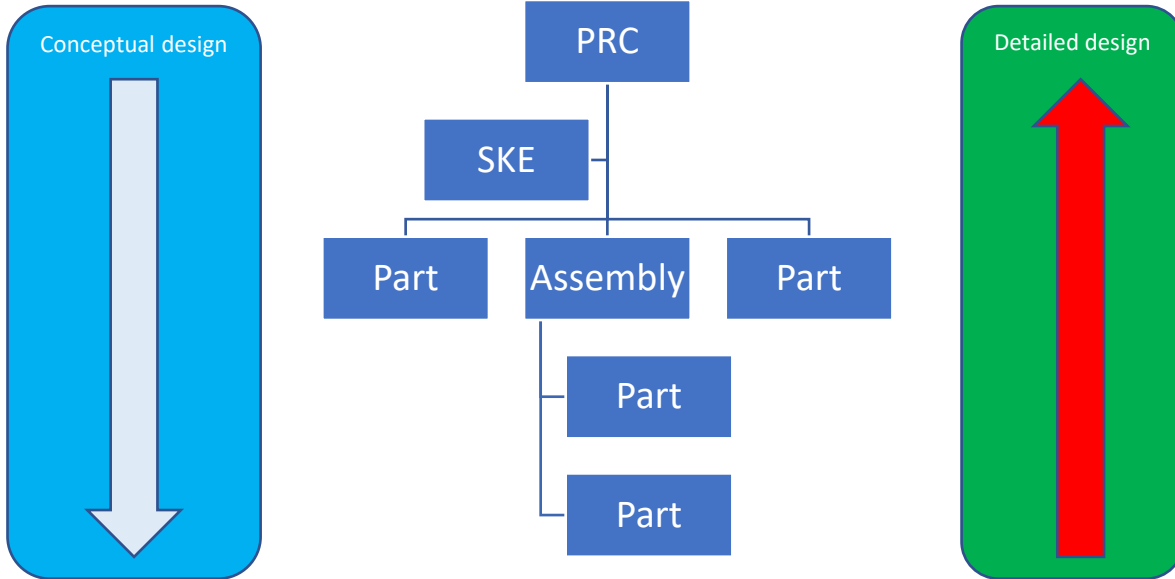
Noti gli ingombri e le
caratteristiche dell'assieme le
singole parti sono modellate al
suo interno



Nella pratica, non esiste alcuna dicotomia nella scelta della logica di modellazione.

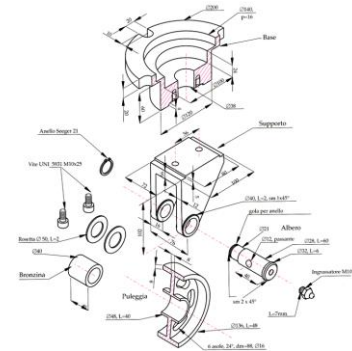
Per la progettazione di qualsiasi prodotto si **dovranno necessariamente utilizzare entrambe le tecniche con finalità diverse** (approccio *middle-out*).

Ad esempio, ***tutti i componenti d'acquisto saranno sempre inseriti nel prodotto con un approccio di tipo bottom-up***, mentre almeno nella fase di definizione concettuale del progetto sarà necessario adottare una logica di tipo top-down.



È il metodo che viene preferito se le parti sono state già modellate perché facilmente riutilizzabili.

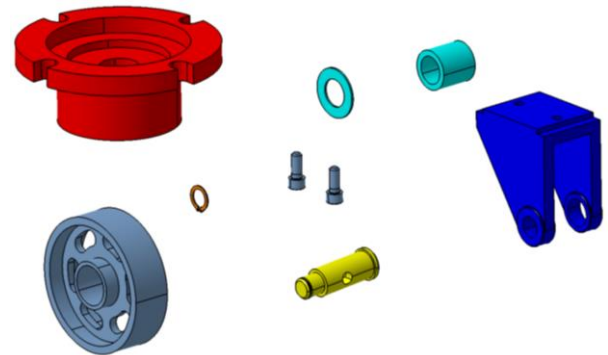
In genere, ogni componente è modellato a partire da disegni già esistenti e con quote assegnate.



Componenti di un assieme da modellare

Il progettista focalizza l'attenzione sulla creazione di ogni singolo componente.

Non ha possibilità di sapere *a priori* se ci sono giochi o interferenze e, quindi, errori di progettazione/modellazione.



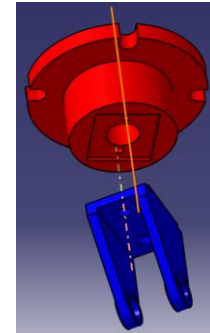
Componenti modellati al CAD

L'assemblaggio di due parti è realizzato mediante la definizione del posizionamento e dell'orientamento reciproco

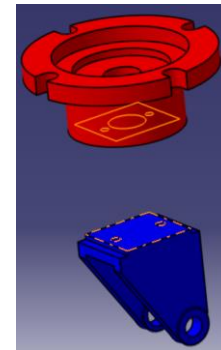
I vincoli permettono la riduzione dei gradi di libertà di una parte mediante l'uso di relazioni di assieme tra i vari componenti

Ciò è ottenuto mediante l'uso di vincoli tra gli elementi geometrici come ad esempio:

- COINCIDENZA
- CONTATTO
- ALLINEAMENTO
- COASSIALITÀ
- DISTANZA
- DISTANZA ANGOLARE
- ETC.



Esempio di vincolo di «coassialità»

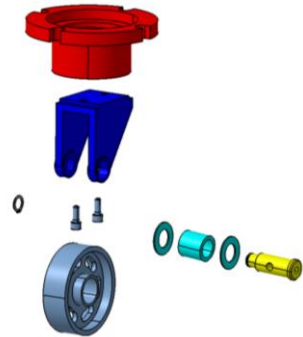


Esempio di vincolo di «contatto»



Esempio di assieme in modalità Bottom-Up

Per definire la posizione relativa dei componenti sono utilizzati quindi vincoli geometrici come *coincidenza*, *contatto*, *distanza*, *etc.*



Componenti da assemblare con logica *Bottom-Up*

Il risultato sarà un assieme completamente vincolato o con qualche grado di libertà per consentire eventuali simulazioni cinematiche e/o analisi funzionali.



Risultato dell'operazione di assemblaggio mediante vincoli di posizionamento



TDD e varianti di prodotto



- La modellazione top-down rende possibile la creazione di **assiemi parametrici e sistemi Knowledge-based** che tengono conto delle possibili variazioni nella configurazione del prodotto
- La corretta definizione **dell'architettura di prodotto** nella fase concettuale richiede visione del progetto nella sua interezza, intelligenza e giudizio ingegneristico
- I parametri che governano il design possono essere raccolti in **tabelle di progettazione**. Ogni riga della tabella rappresenta una particolare **variante o configurazione di prodotto**

Part Number	Descrizione	Foro attivo?	Lunghezza	Larghezza
GCVP01	Tavolo base	False	1200	1200
GCVP01-A	Tavolo con foro centrale	True	1200	1200
GCVP02	Tavolo lungo	False	2000	1200

Le tabelle di progettazione possono essere raccolte in *cataloghi* di componenti standard che consentono il loro *riutilizzo* in prodotti diversi

Catalog Browser: C:\Program Files\Dassault Systemes\B28\win_b64\startup\components\MechanicalStandardParts\ISO_Standards\ISO.catalog

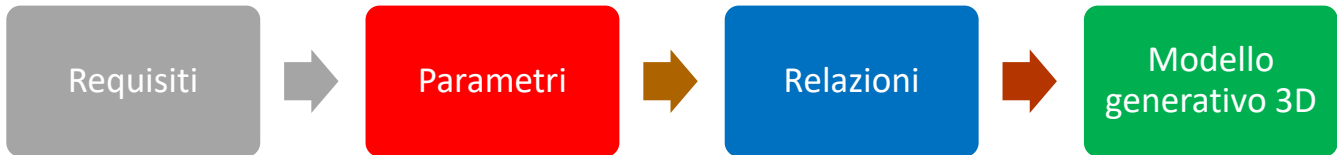
Current: ISO_4014_GRADES_A_B_HEXAGON_HEAD_BOLT

Filter:

PartNumber	PartName	Designation	d_dia	P_pitch	threading	L
1	ISO 4014 BOLT M1.6x12 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M1.6x12_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M1.6	1.6mm	0.35mm	9mm 1
2	ISO 4014 BOLT M1.6x16 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M1.6x16_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M1.6	1.6mm	0.35mm	9mm 1
3	ISO 4014 BOLT M2x16 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M2x16_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M2	2mm	0.4mm	10mm 1
4	ISO 4014 BOLT M2x20 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M2x20_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M2	2mm	0.4mm	10mm 2
5	ISO 4014 BOLT M2.5x16 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M2.5x16_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M2.5	2.5mm	0.45mm	11mm 1
6	ISO 4014 BOLT M2.5x20 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M2.5x20_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M2.5	2.5mm	0.45mm	11mm 2
7	ISO 4014 BOLT M2.5x25 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M2.5x25_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M2.5	2.5mm	0.45mm	11mm 2
8	ISO 4014 BOLT M3x20 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M3x20_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M3	3mm	0.5mm	12mm 2
9	ISO 4014 BOLT M3x25 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M3x25_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M3	3mm	0.5mm	12mm 2
10	ISO 4014 BOLT M3x30 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M3x30_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M3	3mm	0.5mm	12mm 3
11	ISO 4014 BOLT M4x25 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M4x25_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M4	4mm	0.7mm	14mm 2
12	ISO 4014 BOLT M4x30 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M4x30_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M4	4mm	0.7mm	14mm 3
13	ISO 4014 BOLT M4x35 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M4x35_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M4	4mm	0.7mm	14mm 3
14	ISO 4014 BOLT M4x40 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M4x40_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M4	4mm	0.7mm	14mm 4
15	ISO 4014 BOLT M5x25 STEEL GRADE A HEXAGON HEAD	ISO_4014_M5x25_STEEL_GRADE_A_HEXAGON_HEAD_BOLT	M5	5mm	0.8mm	16mm 2

Close

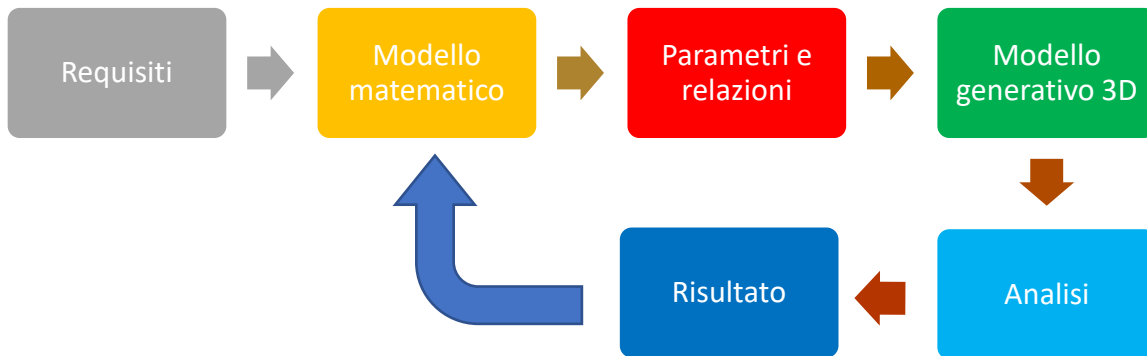
Le tabelle di progettazione possono essere guidate da relazioni analitiche di "**configurazione del prodotto**" che accettano input operativi (caratteristiche come capacità, potenza, dimensioni, ecc.), eseguono calcoli e infine **generano** gli opportuni valori per i parametri del modello CAD (***design generativo relazionale***).



Le relazioni fra i parametri possono essere implementate nel software stesso oppure nelle tabelle di progetto, se è realizzata con un foglio di calcolo

L'utilizzo di parametri per il controllo della forma consente di creare modelli il cui **design è governato da algoritmi matematici** più o meno complessi (es. algoritmi genetici) che generano soluzioni in maniera iterativa (***generative design iterativo o Computer Automated Design***)

- Il computer cerca soluzioni automaticamente in base ai requisiti
- Le forme iniziali possono essere ottimizzate in base ad una funzione di costo



Storicamente il limite principale del generative design è stata la **realizzabilità** delle forme generate automaticamente dal software, che non prende in considerazione le tecnologie di produzione.

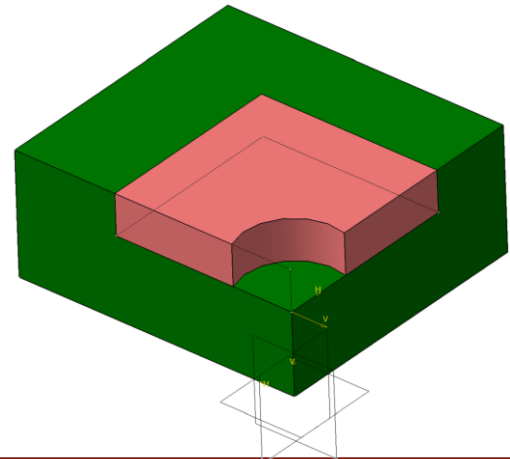
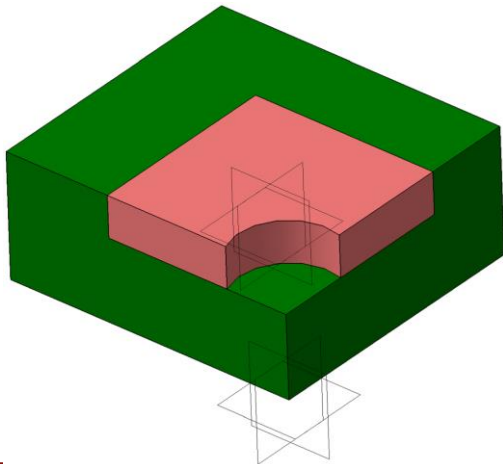
I recenti progressi nel campo **dell'additive manufacturing** hanno reso il generative design un filone di ricerca molto attuale.



<https://www.autodesk.com/customer-stories/general-motors-generative-design>

Le parti possono essere localizzate (**integrate**) in un assieme secondo due logiche distinte:

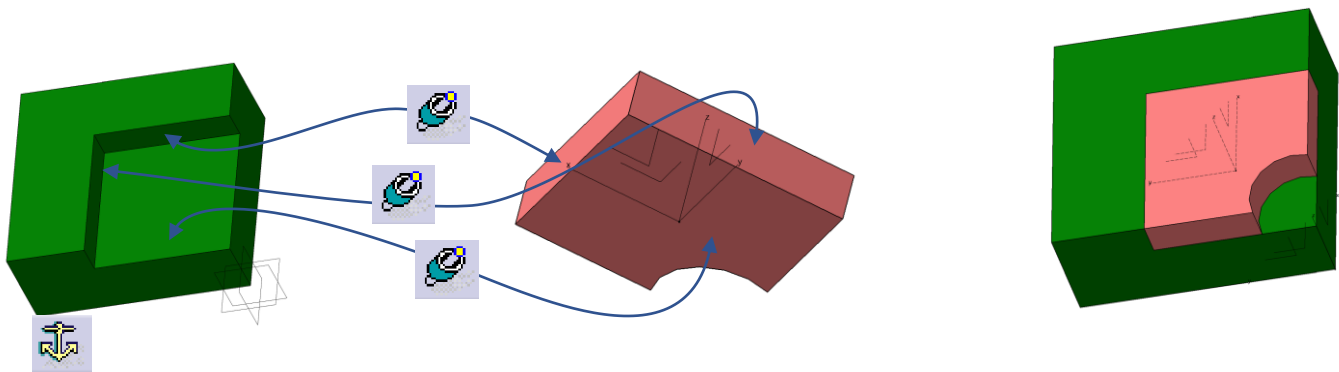
- Integrazione basata su vincoli (*constrained-based positioning*)
 - Si usano relazioni matematiche per definire la posizione relativa delle parti in un sotto-assieme
 - Le parti dell'assieme **non** condividono necessariamente un riferimento
- Integrazione basata su scheletro (*skeletal modeling*)
 - Approccio top-down alla modellazione del prodotto: uno scheletro governa anche la posizione relativa fra le parti principali del prodotto
 - Le parti dell'assieme condividono il medesimo riferimento



Secondo questo approccio, la posizione di una delle parti del sottoassieme viene assunta fissa (*parent part*), mentre tutte le altre (*mating parts*) sono integrate attraverso opportuni vincoli fra i riferimenti. Questi sottoassiemi sono vincolati in assiemi di livello superiore e così via fino al completamento del prodotto di livello principale (*Product root class*, PRC).

I vincoli sono assegnati seguendo le reali condizioni di montaggio: questo consente di evidenziare anche eventuali problemi nell'ordine di assemblaggio del prodotto

In condizioni di montaggio, i **sistemi di riferimento delle singole parti non coincideranno necessariamente**





Constrained-based modeling



VANTAGGI:

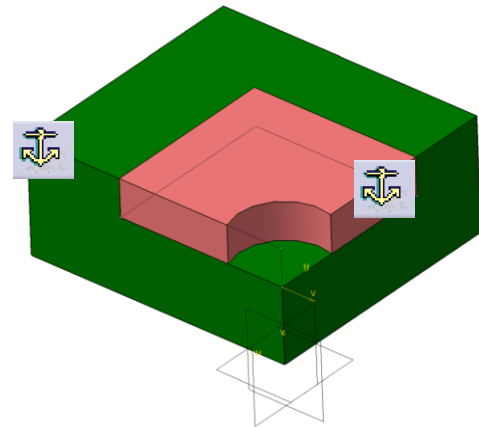
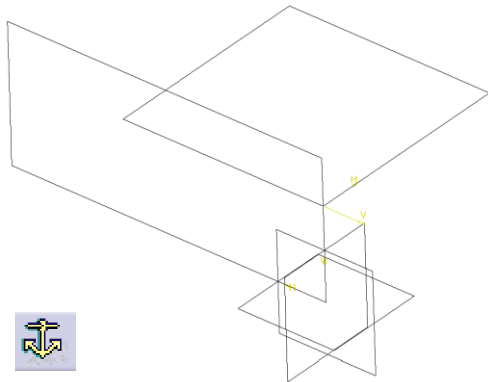
- Semplicità implementativa: il prodotto può essere costruito con logica bottom-up
- Utile per verificare la correttezza dell'ordine di montaggio delle parti
- Permette di realizzare semplici cinematismi
- Utile per l'integrazione di componenti ricorrenti (es. minuteria, ferramenta varia, ecc.)

SVANTAGGI:

- Utilizzabile solo per assiemi semplici: la gestione dei vincoli può richiedere risorse computazionali rilevanti, soprattutto in fase di aggiornamento
- Approccio non robusto rispetto a cambiamenti nel design delle parti interessate dalle relazioni
- Non adatto al design collaborativo: le parti devono essere tutte completate per poter procedere alla loro integrazione nell'assieme di riferimento

Secondo questo approccio, di tipo **top-down**, uno o più skeleton posizionali sono **fissati** nel prodotto e utilizzati per definire le posizioni delle singole parti nell'assieme. Uno skeleton posizionale è un disegno 3D che definisce le principali relazioni d'assieme utilizzando piani di riferimento, linee, punti, ecc.

Le parti sono strutturate in modo da collegarsi allo scheletro dell'assieme con link associativi e **condividono lo stesso sistema di riferimento dello skeleton**. Pertanto **non necessitano di vincoli con altre parti per essere integrati nel prodotto**.





Skeletal modeling



VANTAGGI:

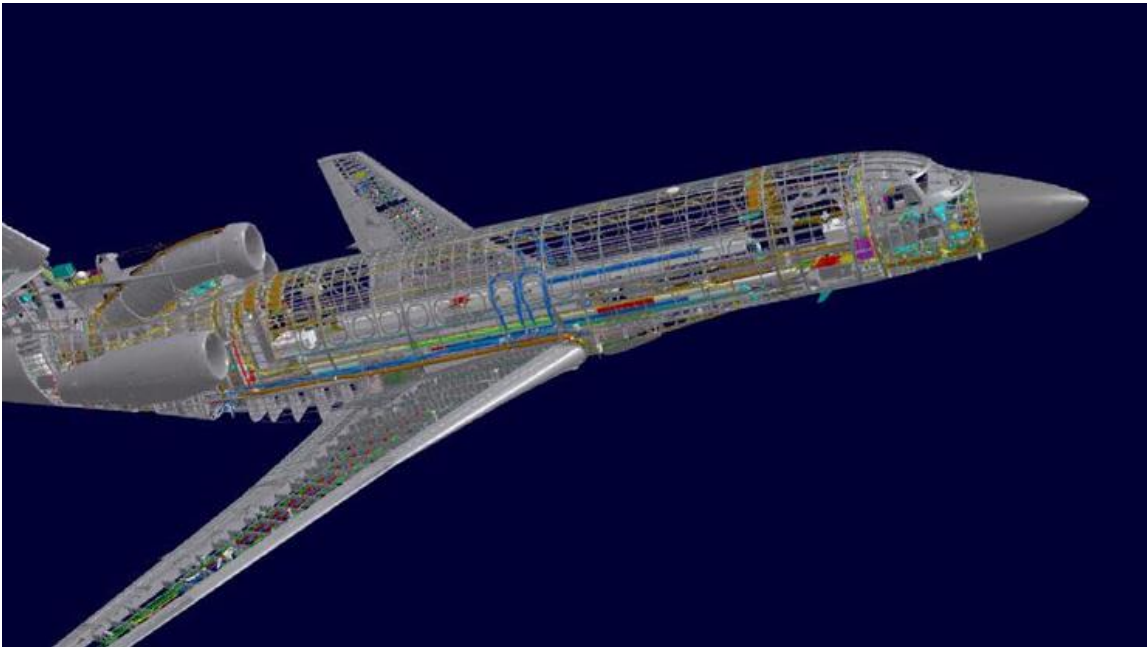
- Leggero dal punto di vista computazionale: non sono necessari vincoli fra le parti
- Non è necessario completare tutte le parti per integrare il prodotto
- Adatto alla **progettazione collaborativa**: ogni progettista può inserire le parti create dagli altri man mano che sono sviluppate, già in condizioni di montaggio, senza dover condividere un prodotto contenitore
- Le modifiche allo skeleton si propagano automaticamente alle parti

SVANTAGGI:

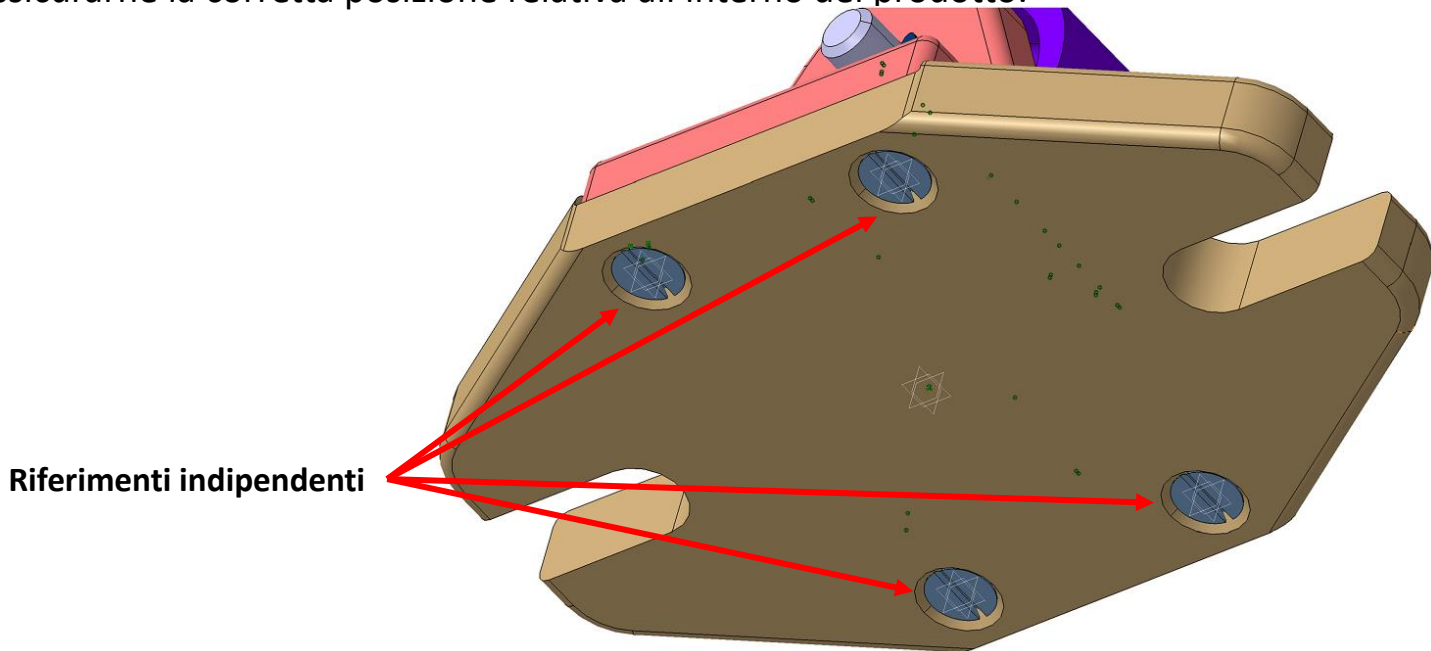
- Complessità di implementazione iniziale
- Non adatto ad integrare parti con ricorrenza superiore all'unità

Constrained-based o skeletal?

Quando il componente è specifico di un solo prodotto e sarà istanziato **una sola volta**, ha senso modellarlo in modo che esso **condivida il proprio sistema di riferimento spaziale con quello globale**. In tal caso, il componente sarà integrato con skeleton posizionale e **NON sarà necessario definire vincoli con altre parti** per garantirne il corretto posizionamento spaziale. Questo approccio è tipico nella gestione di grandi assiemi (navi, aerei, strutture, impianti, ecc.).



Quando un componente ha ricorrenza superiore all'unità (cioè sarà istanziato più volte nel prodotto), esso dovrà **necessariamente** avere **un proprio sistema di riferimento spaziale indipendente** da quello di altre parti. **E' chiaro che i componenti ricorrenti saranno integrati sempre con logica bottom-up** e dovranno essere opportunamente vincolati per assicurarne la corretta posizione relativa all'interno del prodotto.





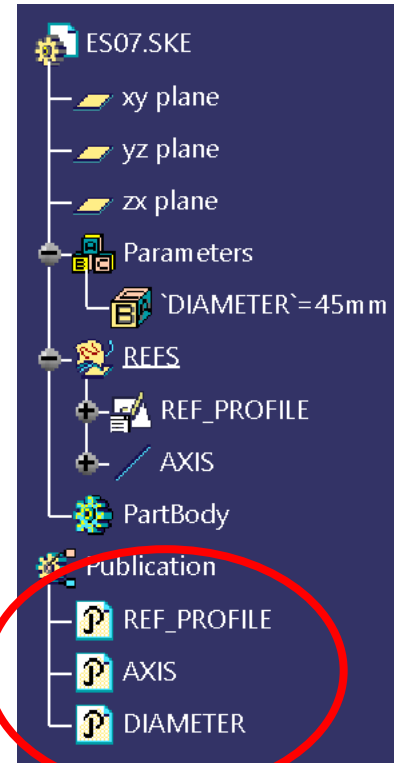
Skeletal modeling con CATIA

Lo skeleton è un **file di parte** che contiene **geometrie** e **parametri pubblicati** che sono usati per governare il design di altre parti.

Gli Skeleton possono essere di diversi tipi:

- **Component Skeleton (CSKE)** contengono elementi (*parametri, body, geometrie wireframe, superfici, schizzi*) usati come riferimento per **disegnare** altri componenti
- **Positioning Skeleton (PSKE)** contengono riferimenti (es. piani, assi) usati per **posizionare** una serie istanze di parte (ricorrenze) di un **assieme**
- **Interface Skeleton (ISKE)** contengono riferimenti (*geometrie wireframe e schizzi*) che definiscono la posizione ed il layout dell'**interfaccia** fra due sottosistemi

Essendo parti «esterne», **per chiarezza, è fondamentale** che gli elementi pubblicati da uno skeleton abbiano **nomi «parlanti»**



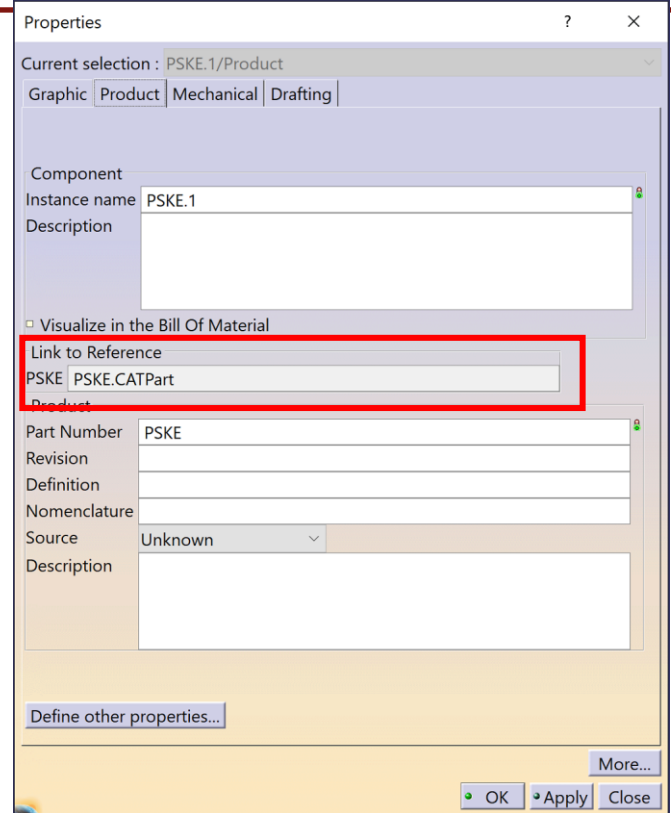


Che cos'è uno skeleton



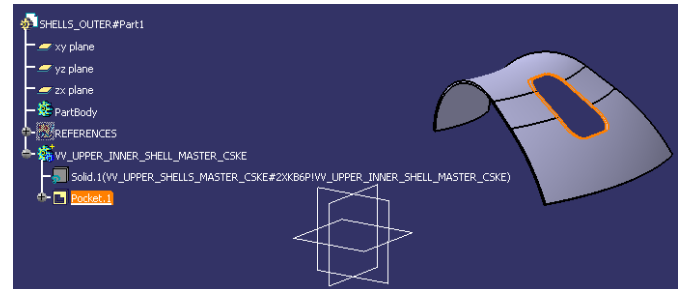
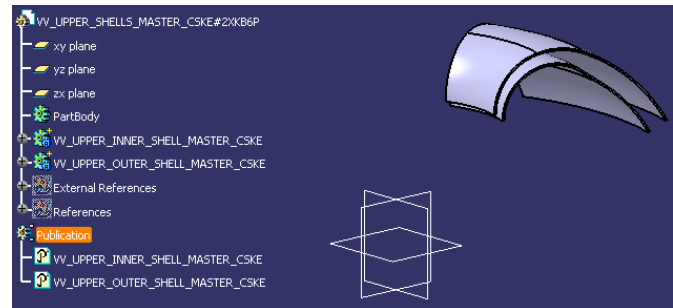
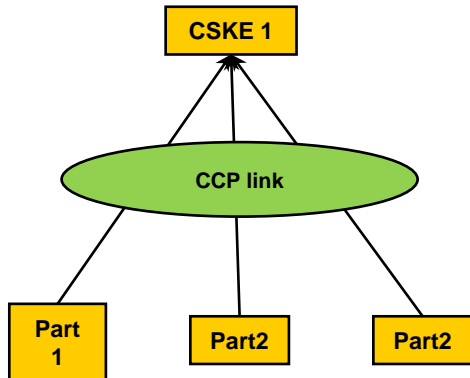
Gli skeleton sono **componenti fittizi**

Se presenti all'interno del prodotto conviene, **disattivare la sua visualizzazione in distinta base**, agendo sull'apposito flag in Properties/Product



Un **component skeleton (CSKE)** viene utilizzato come «*single point of truth*» per la gestione di **più componenti** che ereditano caratteristiche comuni da esso.

- Se gestiti correttamente, i CSKE migliorano la manutenibilità dei modelli e la **propagazione delle modifiche**

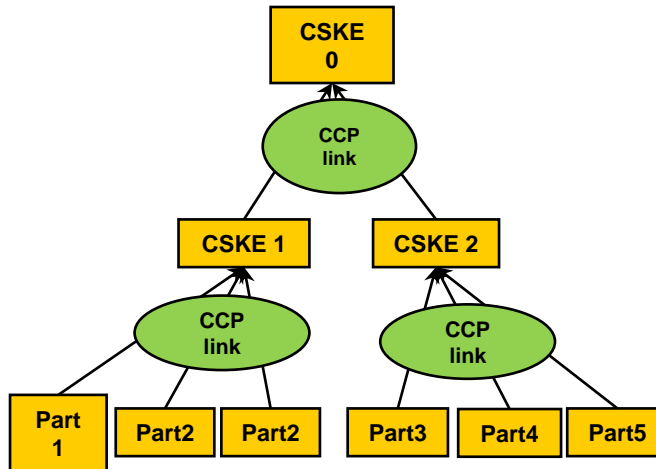




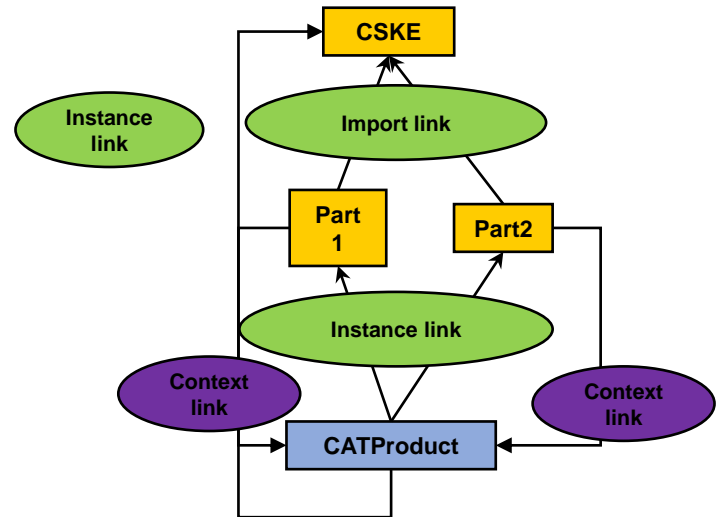
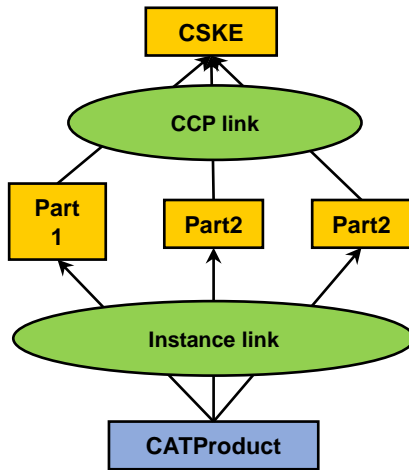
Component skeleton (CSKE)



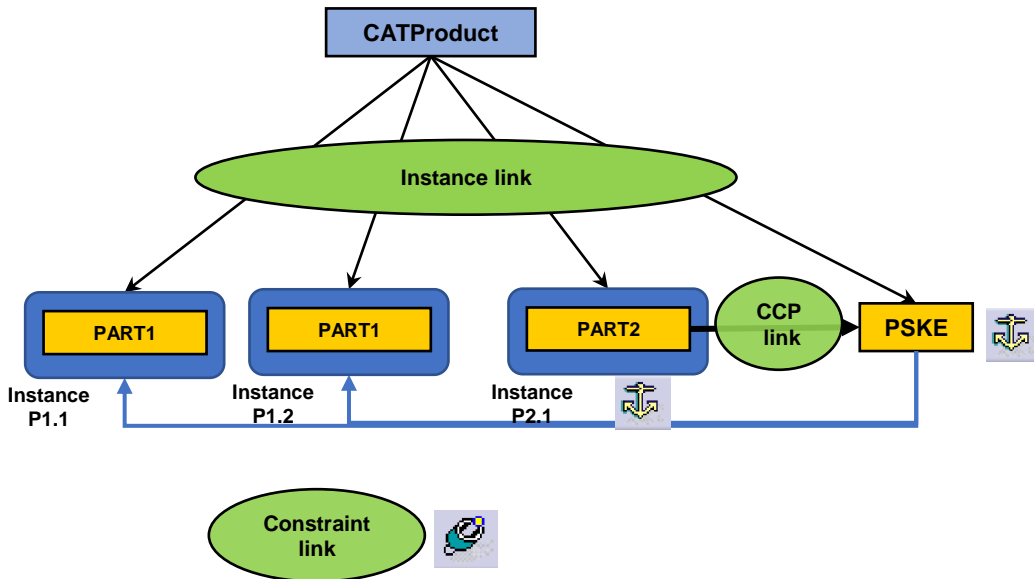
Un **CSKE** a sua volta può ereditare le proprie caratteristiche da uno skeleton di livello più alto e così via, secondo una precisa *gerarchia*.



- Dal momento che i CSKE possono essere usati per guidare il design di **parti in prodotti differenti**, è bene che il link fra componente e CSKE sia di tipo **CCP**
- Qualora il CSKE sia usato per **governare il design di un singolo assieme**, è possibile, se conveniente, utilizzare link di tipo import



- **Positioning Skeleton (PSKE)** contengono riferimenti (es. piani, assi) usati per **posizionare** una serie di parti di un **assieme**. I PSKE devono necessariamente fare parte del CATProduct che contiene la parte da vincolare
- Possono essere usati per integrare componenti a ricorrenza unitaria nel sistema di riferimento globale, collegando la parte ai riferimenti direttamente con link di tipo CCP
- Possono essere usati anche per integrare parti ricorrenti (es. ferramenta) utilizzando opportuni vincoli





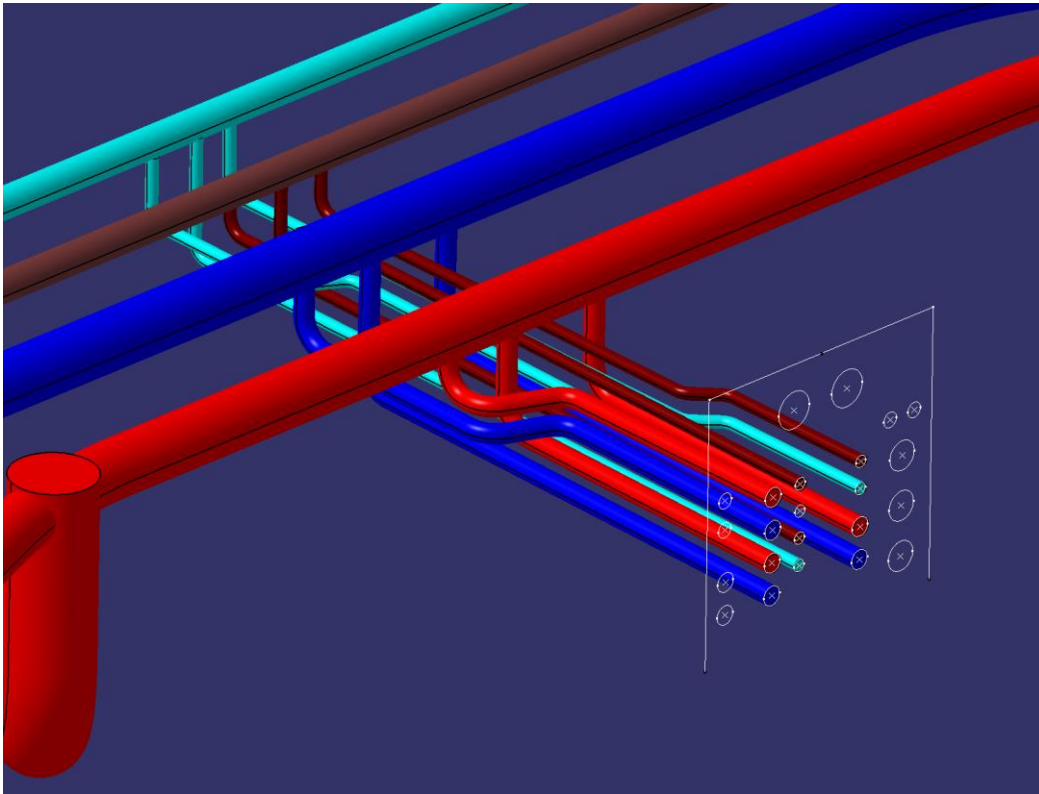
Positioning skeleton



Un **positioning skeleton (PSKE)** viene utilizzato per la localizzazione di **più componenti** di uno o più assiemi.

- i PSKE **semplificano la gestione dei vincoli** di assieme per le parti ricorrenti e li rendono più robusti rispetto a cambiamenti nel design (coincidenze **fra piani e assi pubblicati** anziché fra feature solide)
- Nei grandi assiemi (es. aerei, navi, impianti, edifici, ecc.) **consentono di segmentare il progetto e dividere il lavoro fra più progettisti**, garantendo la correttezza delle posizioni relative fra le parti, senza a necessità di condividere grandi assiemi contenitore.
- Per componenti a ricorrenza unitaria, consentono di lavorare senza imporre vincoli d'assieme fra le parti

- **Interface Skeleton (ISKE)** contengono riferimenti (*geometrie wireframe e schizzi*) che definiscono la posizione ed il layout dell'interfaccia fra due sottosistemi





Interface skeleton



Un **interface skeleton (ISKE)** viene utilizzato per gestire le interfacce fra elementi appartenenti a sottoassiemi diversi. Sono principalmente utilizzati per la segmentazione di grandi impianti (sistemi di condotte, tubature, impianti elettrici e di condizionamento, ecc.) e garantire la coincidenza fra ingressi e uscite fra due o più sottosistemi.

- **Gli ISKE consentono a progettisti e disegnatori di lavorare separatamente su sezioni di un impianto diverse o in discipline differenti, garantendo la connessione fra i vari sottosistemi**
- Facilita la definizione, la gestione e la modifica delle interfacce poiché la geometria dell'interfaccia è in un CATPart dedicato
- L'interfaccia ha un suo ciclo di vita con cronologia delle modifiche e indice di versione
- Consente la **separazione delle responsabilità** fra chi definisce le interfacce e chi modella i sottosistemi
- Abilita collegamenti geometrici tra le parti in diversi PBS

- L' **Interface Skeleton** viene importato nel prodotto di riferimento come **componente fittizio**.
- Le parti che utilizzano un ISKE devono necessariamente essere modellate condividendo un riferimento comune

