



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
FEDERICO II



# PROTOTIPAZIONE VIRTUALE

## ***MODELLAZIONE DI ASSIEMI***

**Giuseppe Di Gironimo**

*giuseppe.digironimo@unina.it*

Raggruppamento Scientifico disciplinare ING- IND/15

# Indice

1. Definizioni
2. Uso ed applicazioni
3. Approcci *Top-Down* e *Bottom-Up*
4. Esempi
5. Organizzazione di un assieme (Gerarchia ad albero)
6. Vincoli e *feature* d'insieme
7. Analisi di insieme



# Definizioni

Un assieme è un'entità CAD costituita da due o più componenti (o insiemi di essi detti sotto-assiemi) posizionati nello spazio 3D

Può essere:

## 1) COMPLETAMENTE VINCOLATO

*Tutti i componenti dell'insieme sono vincolati in modo da non consentire alcun movimento*

## 2) CON UNO O PIÙ MOTI RELATIVI TRA LE PARTI

*Sono consentiti alcuni movimenti per simulare il funzionamento del dispositivo modellato*



- 1) Visualizzazione, Rendering
- 2) Messa in tavola, Report, Manualistica  
disegno d'assieme
- 3) Simulazioni cinematiche ed analisi funzionali



# Usi ed applicazioni

## Rendering

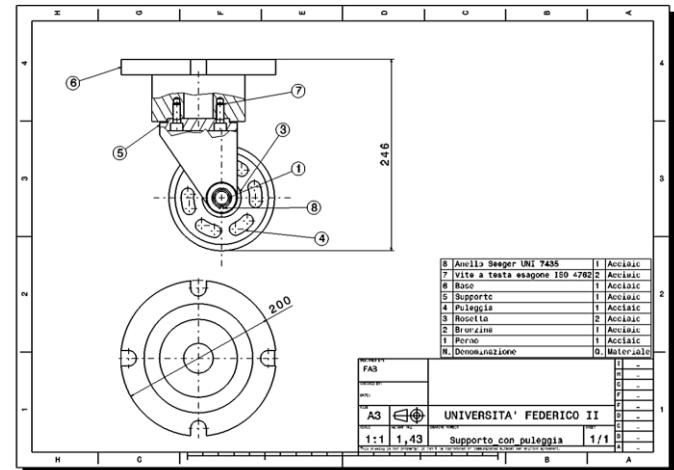
Mediante le tecniche di resa fotorealistica è possibile utilizzare immagini (*texture*), colori, luci ed ombre e quindi visualizzare il modello CAD all'interno di scenari del tutto verosimili.



Esempio di render di un assieme

## Messa in tavola

Tutti i software CAD Parametrico-Associativi consentono di realizzare dettagliati disegni per agevolare la creazione di report tecnici e quindi la fase di produzione del modello finale.



Esempio di messa in tavola di complessivo



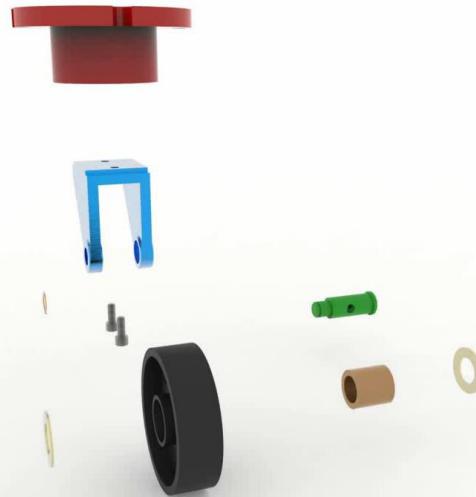
# Usi ed applicazioni

## Simulazione cinematica ed analisi funzionali

La definizione dei vincoli di posizionamento relativo di tutti i componenti dell'assieme permette di scegliere se lasciare eventuali gradi di libertà per simulare (realisticamente) il corretto funzionamento del dispositivo modellato. È possibile, quindi, verificare il modello e determinare eventuali giochi o interferenze o errori di progettazione/modellazione.



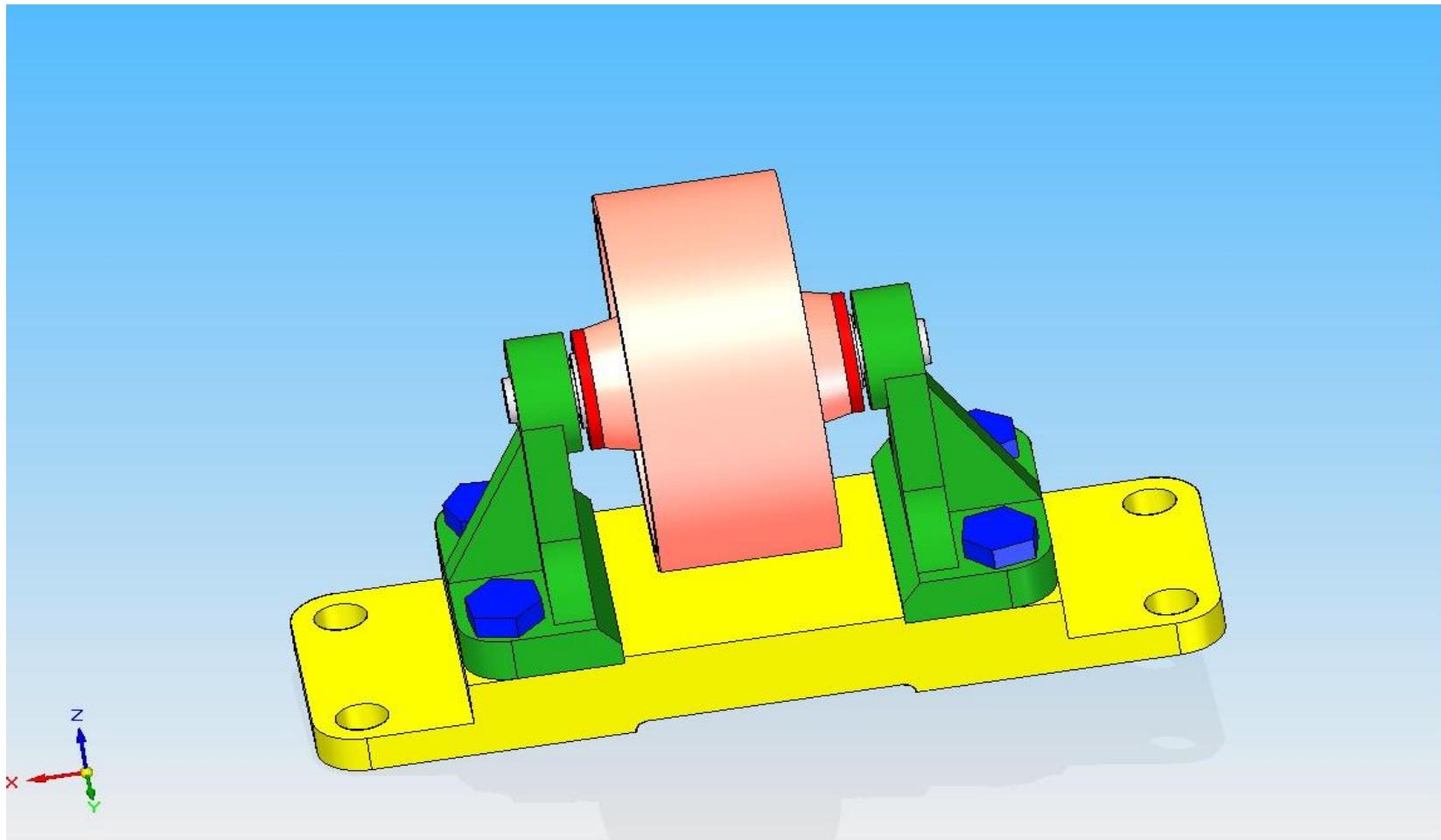
Esempio di simulazione cinematica



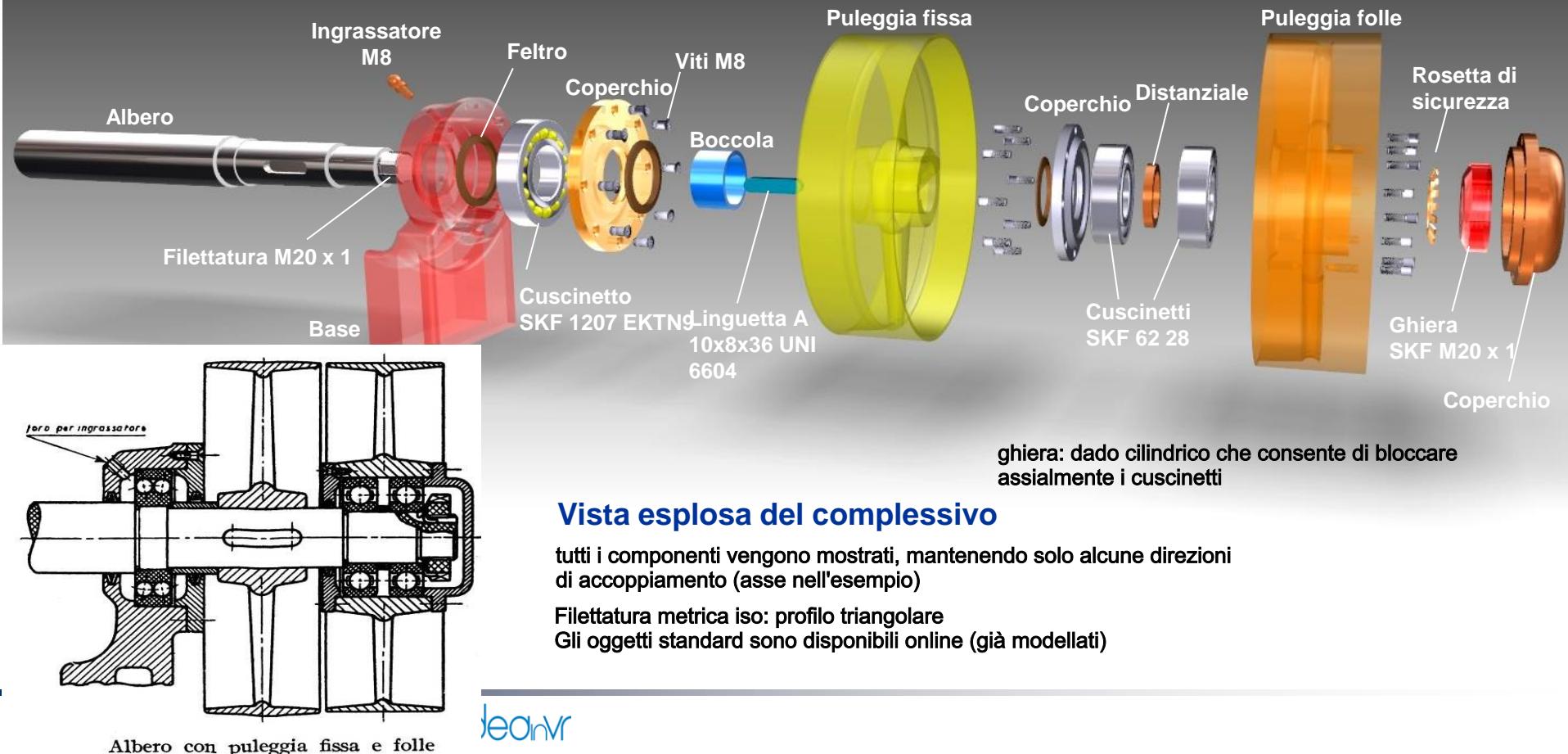
Esempio di assemblaggio di un assieme



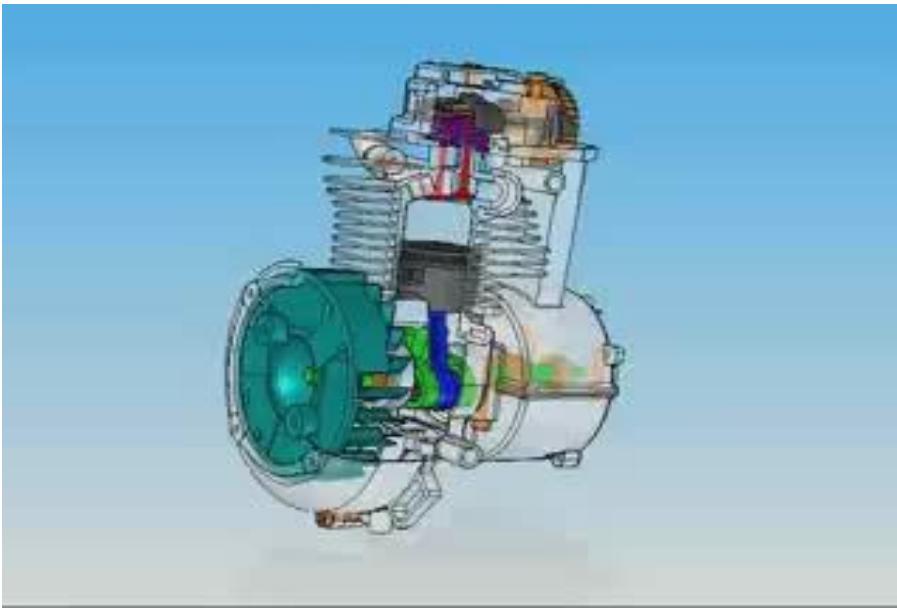
## Visualizzazione



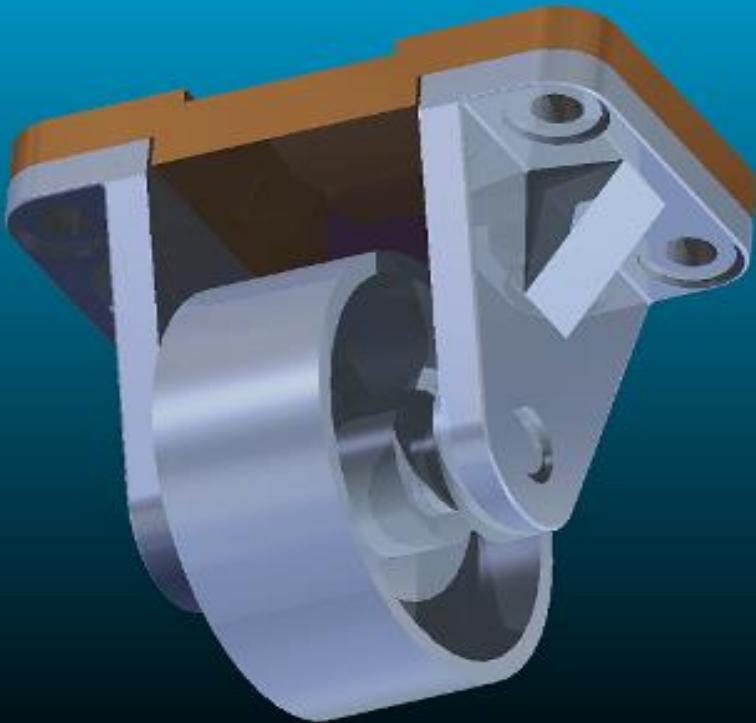
## Visualizzazione



## Analisi (dimensionale, funzionale, etc.)

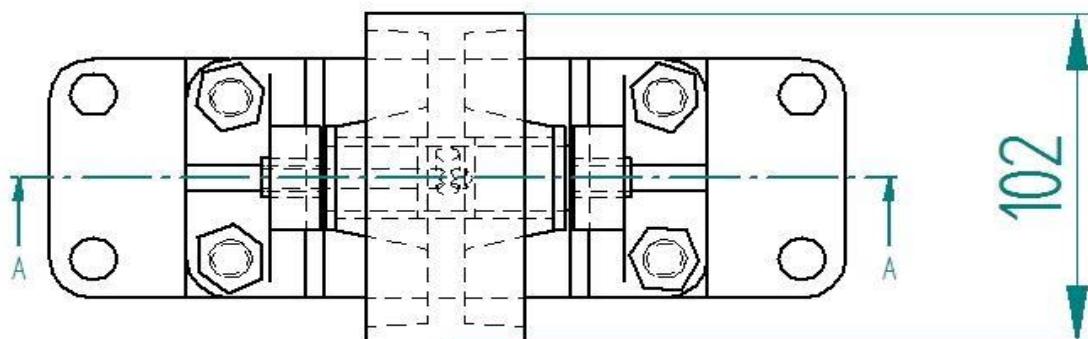
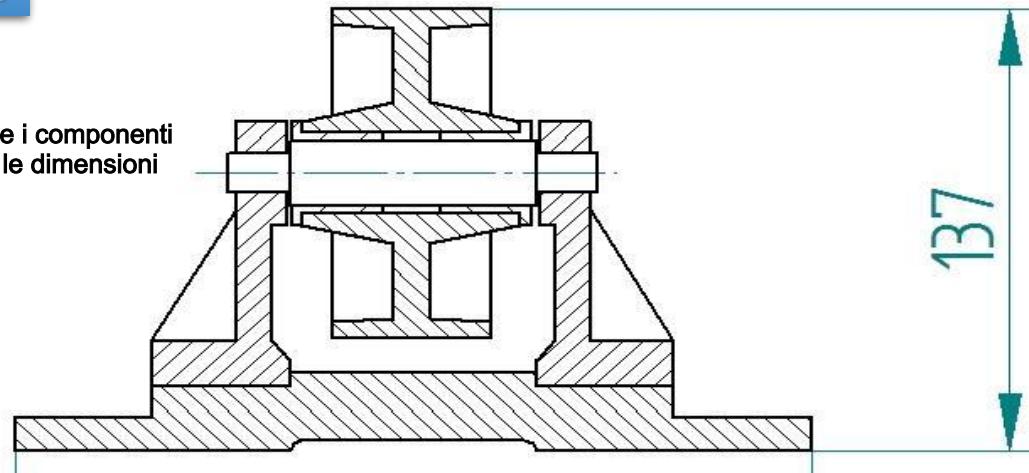


## Rendering

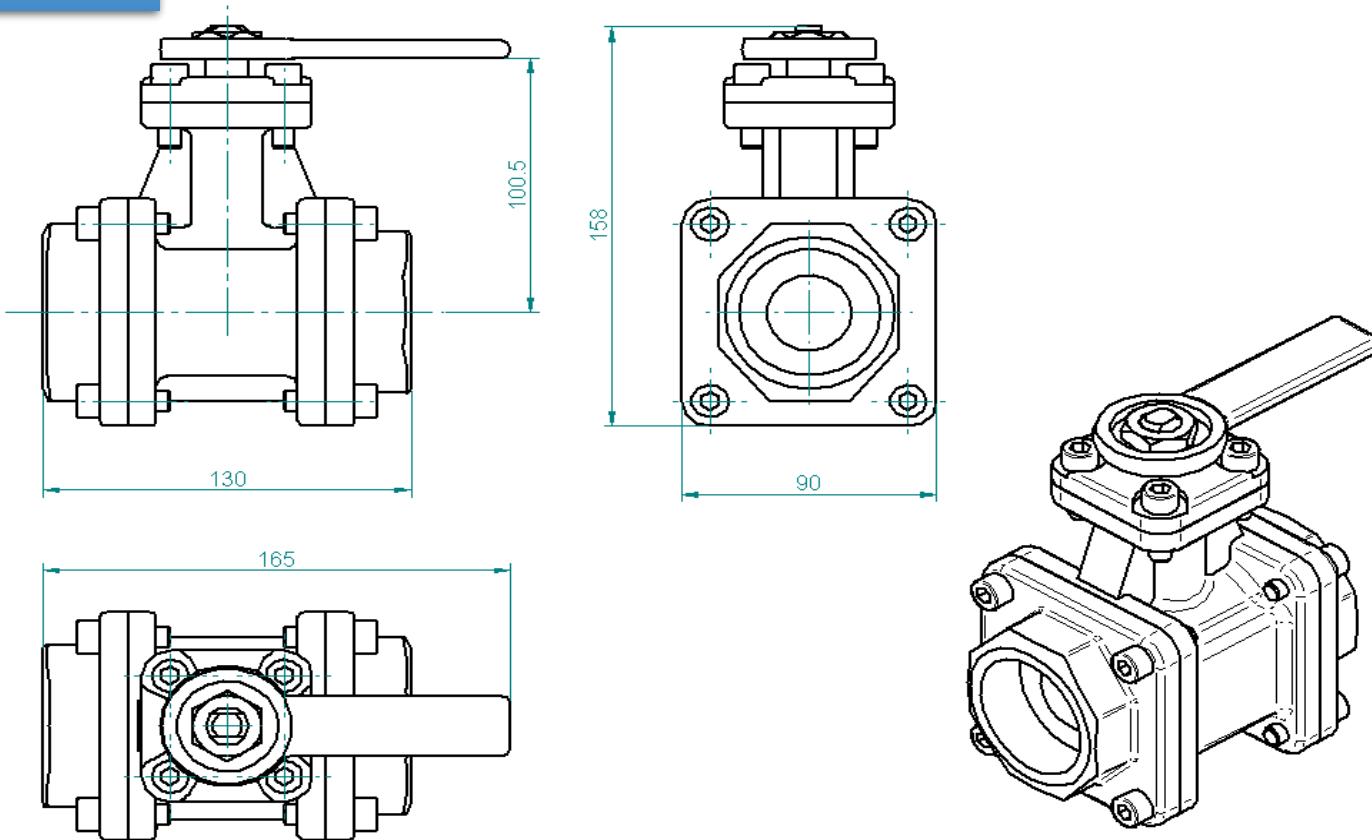


## Messa in tavola

Serve per comprendere come i componenti sono assemblati tra di loro e le dimensioni d'ingombro



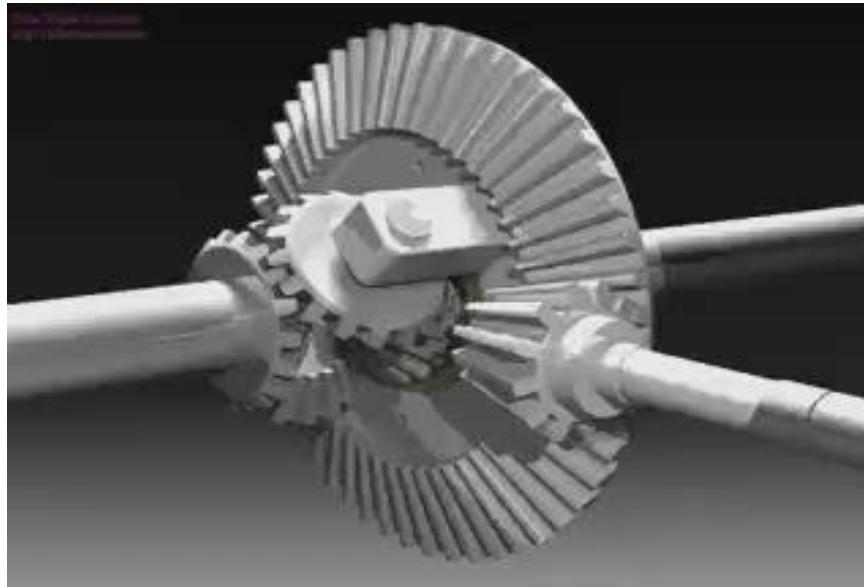
## Messa in tavola



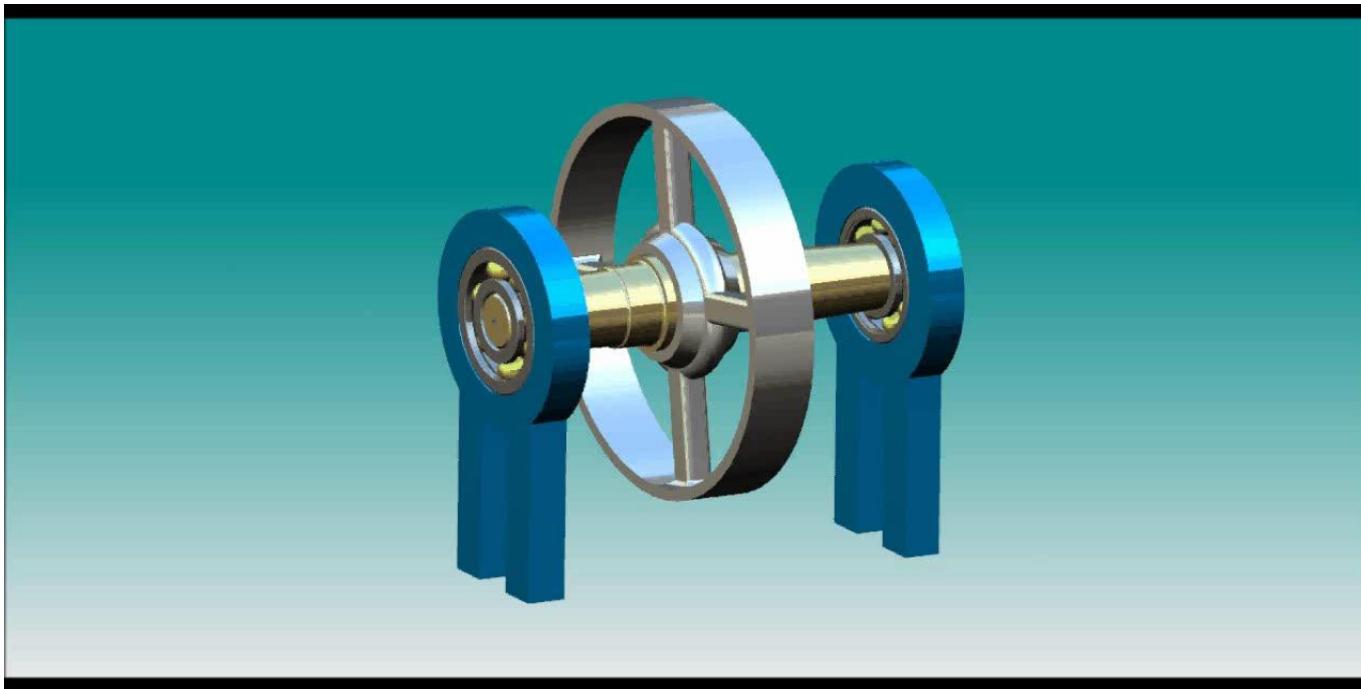
Num. ref.	Quantità	Titolo/Norme, designaz., mater., dimens., ecc.	Articolo Num./Riferim.
Disegnato da: Salvatore Gerbino		Norme filo: ssocciuffi	Raccordi non quotati: R Tratt. TRATTAMENTO Smussi non quotati: x45°
Università di Napoli Federico II Dipartimento di Progettazione e Gestione Industriale Corso di Ingegneria Analisi del Calcolatore cad 2003-2004		Norme_Tavola	
Data: 09/01/2003	Scalo: __	Eser: N.E.S.	Tavola: TAV



## Animazione



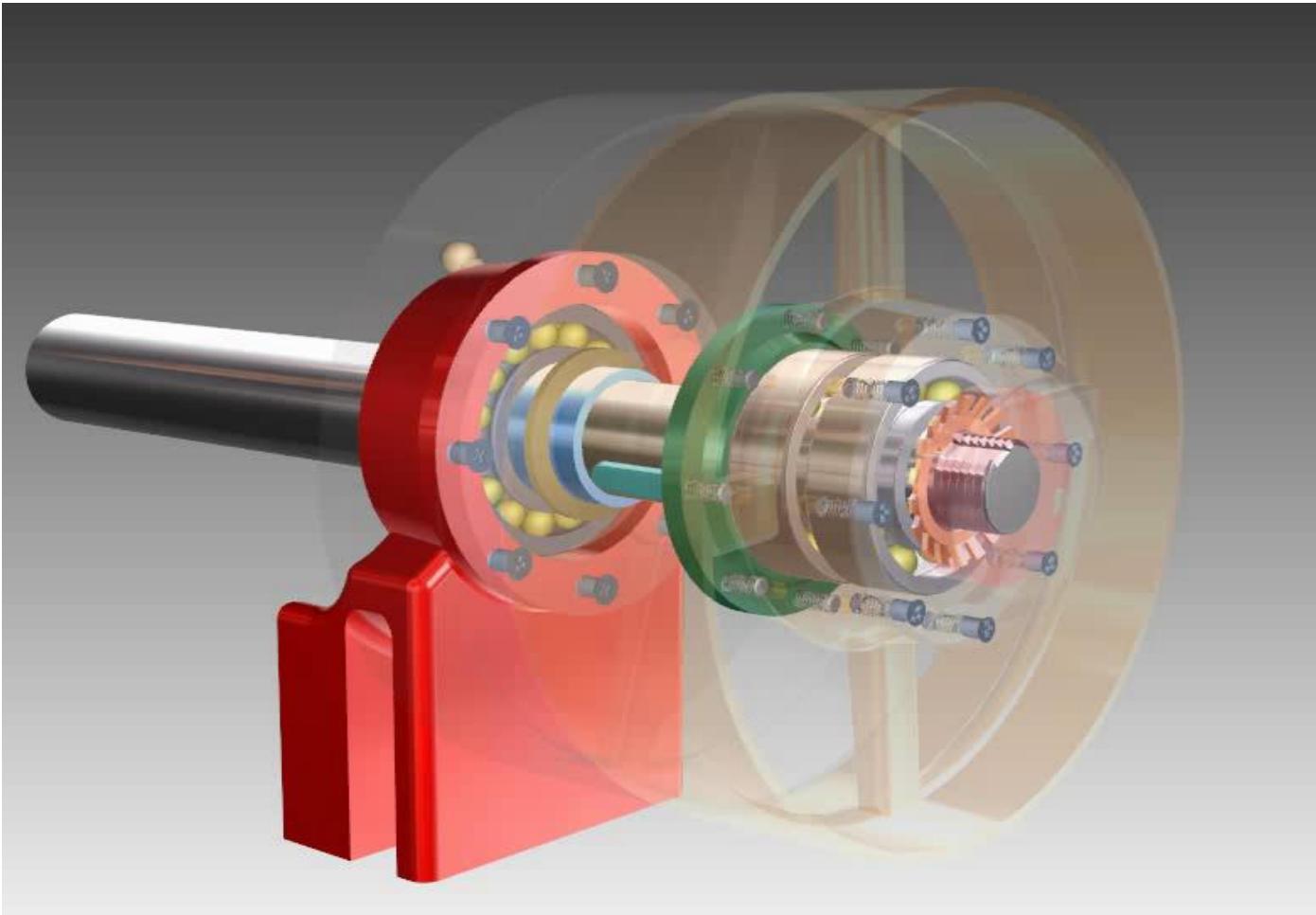
## Animazione



DIPARTIMENTO DI  
INGEGNERIA INDUSTRIALE



## Animazione



# Approcci Bottom-Up e Top-Down

Per realizzare un assieme è possibile utilizzare due approcci:

## 1) **Top-Down** Tipicamente viene usato questo approccio

Viene definita preliminarmente una configurazione di riferimento e successivamente sono modellate le singole parti al suo interno. Non è quindi necessario l'uso di vincoli geometrici per definirne il posizionamento perché già implicitamente impostato mediante il *layout* iniziale.

skeleton: fatto di elementi di riferimento o elementi di tipo wireframe, viene usato prima di modellare le varie parti , ogni parte viene modellata rispetto ad un sistema di riferimento globale, ogni parte viene modellata già nella giusta posizione

## 2) **Bottom-Up**

Sono realizzate singolarmente tutte le parti e successivamente vengono assemblate mediante vincoli geometrici per definirne il posizionamento rispetto ad un riferimento assegnato.

ciascuna parte viene modellata nel sistema di riferimento locale, i requisiti potrebbero essere stati interpretati in maniera differente tra le parti, manca un'interfaccia (contatto) tra le due parti

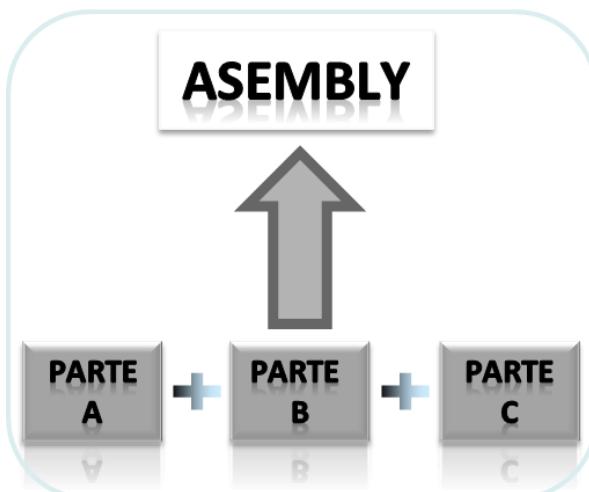


# Approcci Bottom-Up e Top-Down

## BOTTOM - UP

Sono realizzate prima le parti,  
poi assemblate

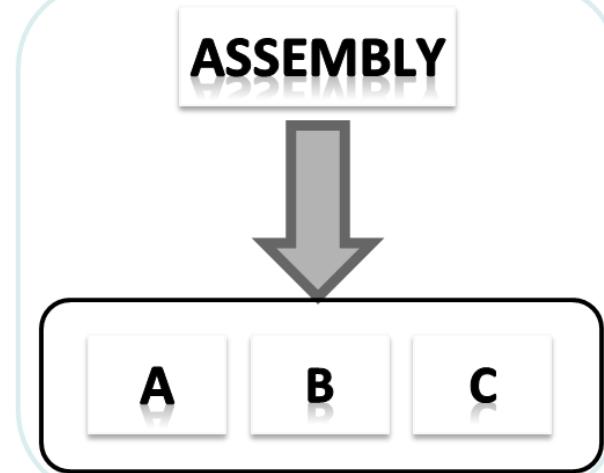
consigliato quando interfacce possono essere scambiate rapidamente e di persona



## TOP - DOWN

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

consigliato per team di progettazione numeroso e distribuito

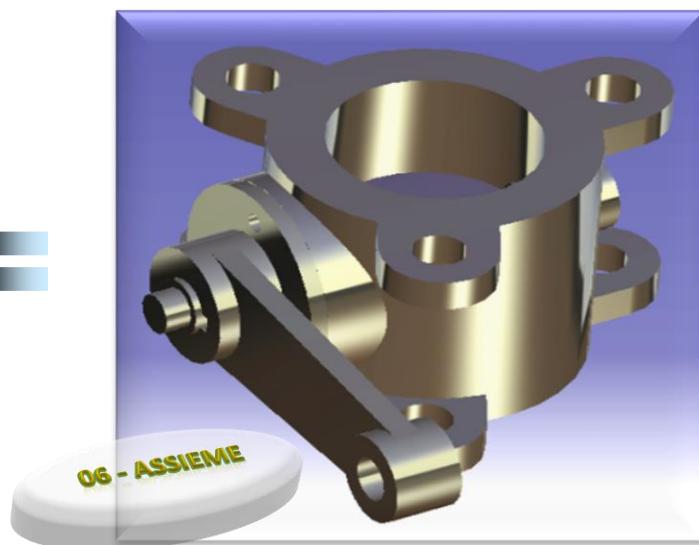
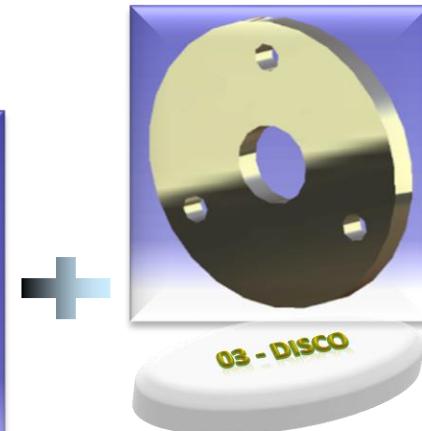
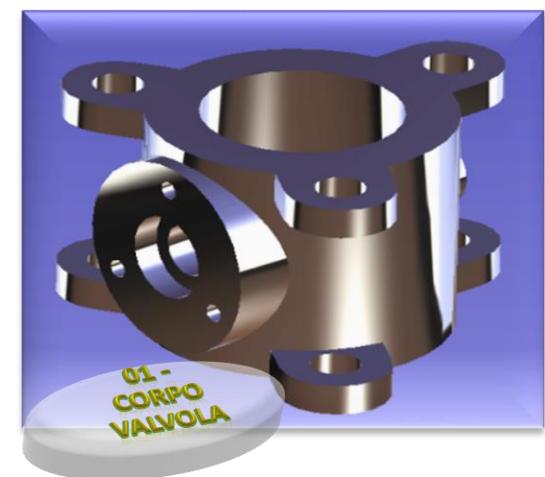


di solito si usa una progettazione ibrida (?)



# Approcci Bottom-Up e Top-Down

## BOTTOM - UP

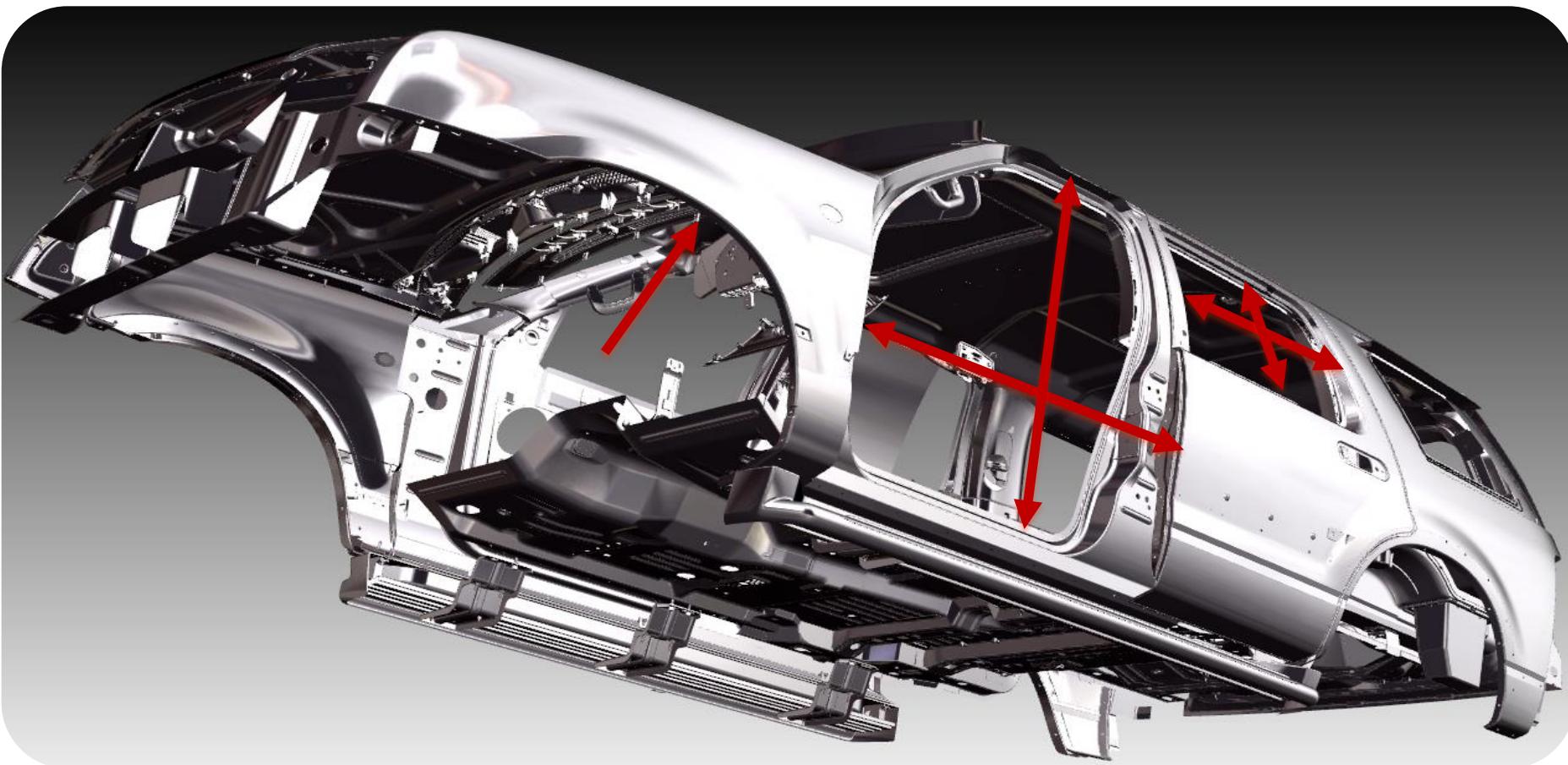


# Approcci Bottom-Up e Top-Down

Progettazione contestuale (ho una base e modello gli altri riferimenti usando quella come riferimento)

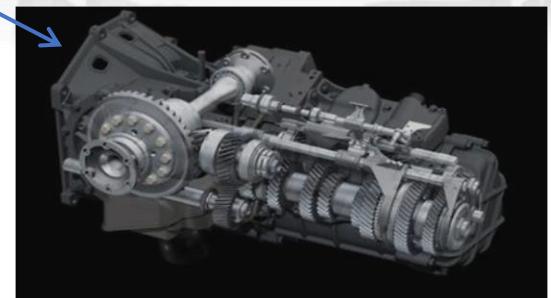
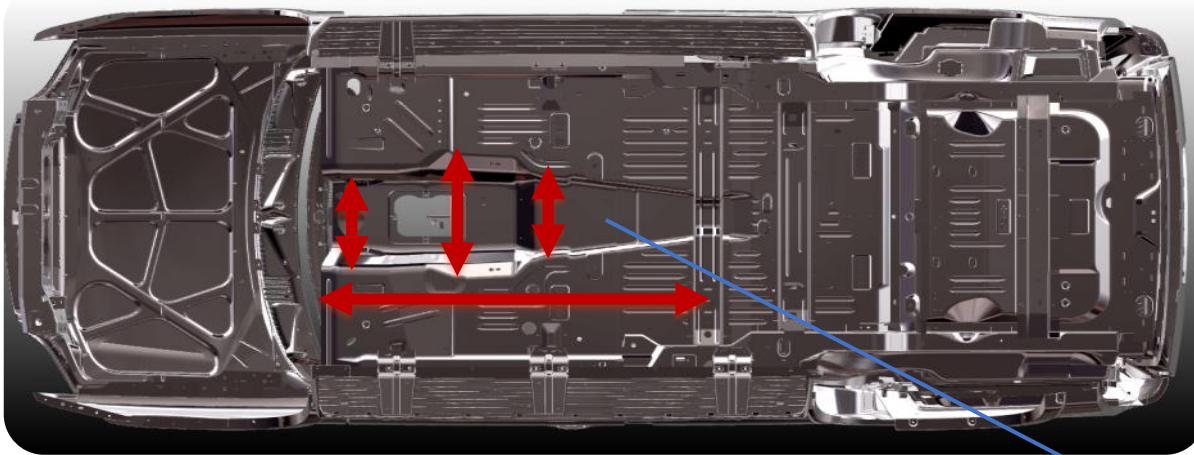
## TOP - DOWN

Assegno una superficie comune, gli assi (delle cerniere) e un ...



# Approcci Bottom-Up e Top-Down

## TOP - DOWN



# Top down and bottom up design approaches

In the **top-down** approach, the design process starts with specifying the global system state and assuming that each component has global knowledge of the system, as in a centralized approach. The solution is then decentralized by replacing global knowledge with communication [1].

In the **bottom-up** approach, on the other hand, the design starts with specifying requirements and capabilities of individual components, and the global behaviour is said to emerge out of interactions among constituent components and between components and the environment [1].

[1] Crespi, Valentino, Aram Galstyan, and Kristina Lerman. "Top-down vs bottom-up methodologies in multi-agent system design." *Autonomous Robots* 24.3 (2008): 303-313.

# Top down and bottom up design approaches

During the design and development of new products, designers and engineers rely on both a bottom-up and top-down approach.

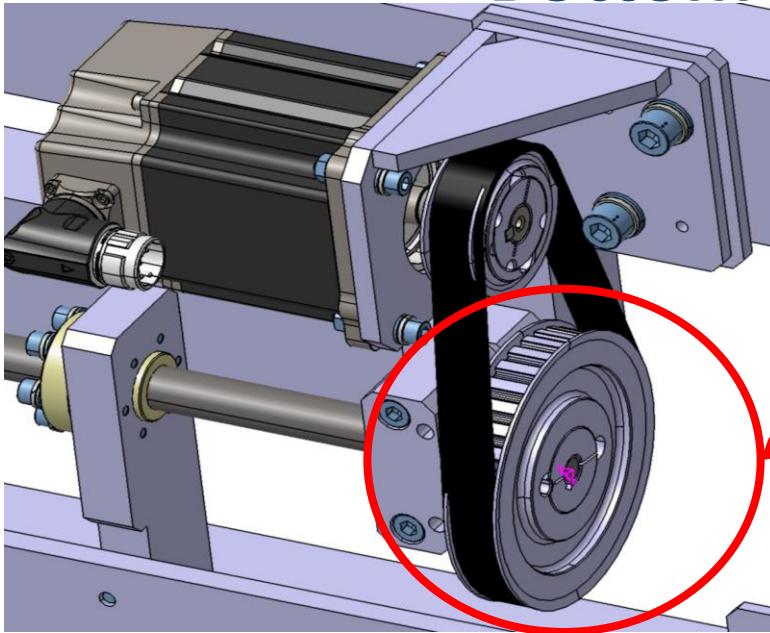
The bottom-up approach is being utilized when off-the-shelf or existing components are selected and integrated into the product. An example would include selecting a particular fastener, such as a bolt, and designing the receiving components such that the fastener will fit properly.

In a top-down approach, a custom fastener would be designed such that it would fit properly in the receiving components. For perspective, for a product with more restrictive requirements (such as weight, geometry, safety, environment, etc.), such as a space-suit, a more top-down approach is taken and almost everything is custom designed.

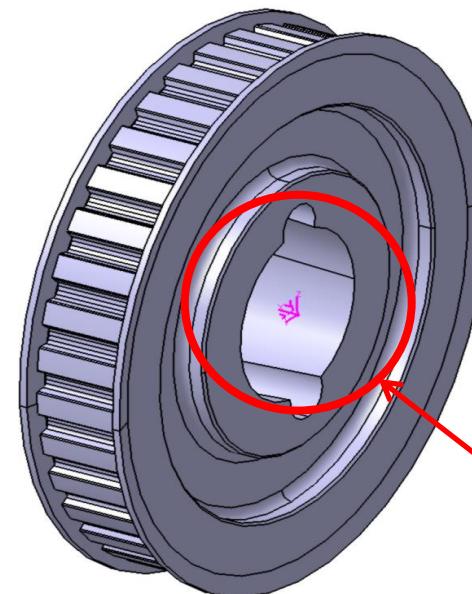
However, when it's more important to minimize cost and increase component availability, such as with manufacturing equipment, a more bottom-up approach would be taken, and as many off-the-shelf components (bolts, gears, bearings, etc.) would be selected as possible. In the latter case, the receiving housings would be designed around the selected components.

A top-down approach (also known as stepwise design) is essentially the breaking down of a system to gain insight into the sub-systems that make it up. In a top-down approach an overview of the system is formulated, specifying but not detailing any first-level subsystems. Each subsystem is then refined in yet greater detail, sometimes in many additional subsystem levels, until the entire specification is reduced to base elements. Once these base elements are recognised then we can build these as computer modules. Once they are built we can put them together, making the entire system from these individual components.

# Bottom up approach



The components have to be positioned and constrained each other



The component Local Coordinate system is not dependent from the global coordinate of the global assembly

- Traditional approach
- The components are modelled individually
- The local coordinate system of each component is not dependent from the global coordinate system of the assembly
- The parts have to be positioned and constrained in the final assembly

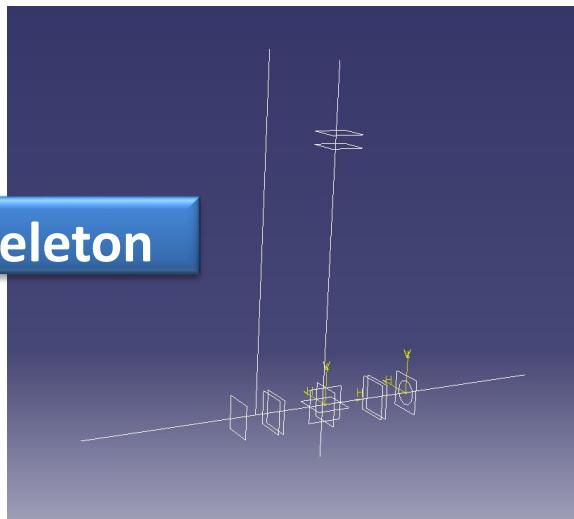
# Pro and Cons of Bottom-up approach

- Allows the designers to re-use existing part files (for example: off the shelf components)  
Componenti già presenti nel database
- Provides the designer with more control over individual parts
- Any change in the original part is reflected on all the instances in the assembly
- Assembly files created using this approach occupy less disk space as they contain just the local geometric references of the components
- Ideal in the modelling of components with multiplicity > 1 in the assemblies

posso usare due istanze dello stesso oggetto,  
modificandone uno modificherò gli altri di  
conseguenza

# Top down approach

## Skeleton

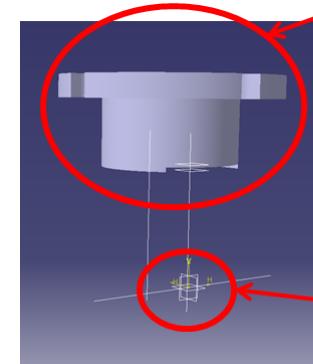


Using Catia by Dassault Systemes, the local coordinate system of each component shall be coincident with the global coordinate system of the total assembly. Each component contains the information of the global assembly references (ref. plane, surface axis, etc.).

Lo scheletro è una parte che viene inserita nell'assieme: dopo aver caricato questo file avrà un sistema di riferimento globale (corrispondente al primo file caricato nell'assieme)

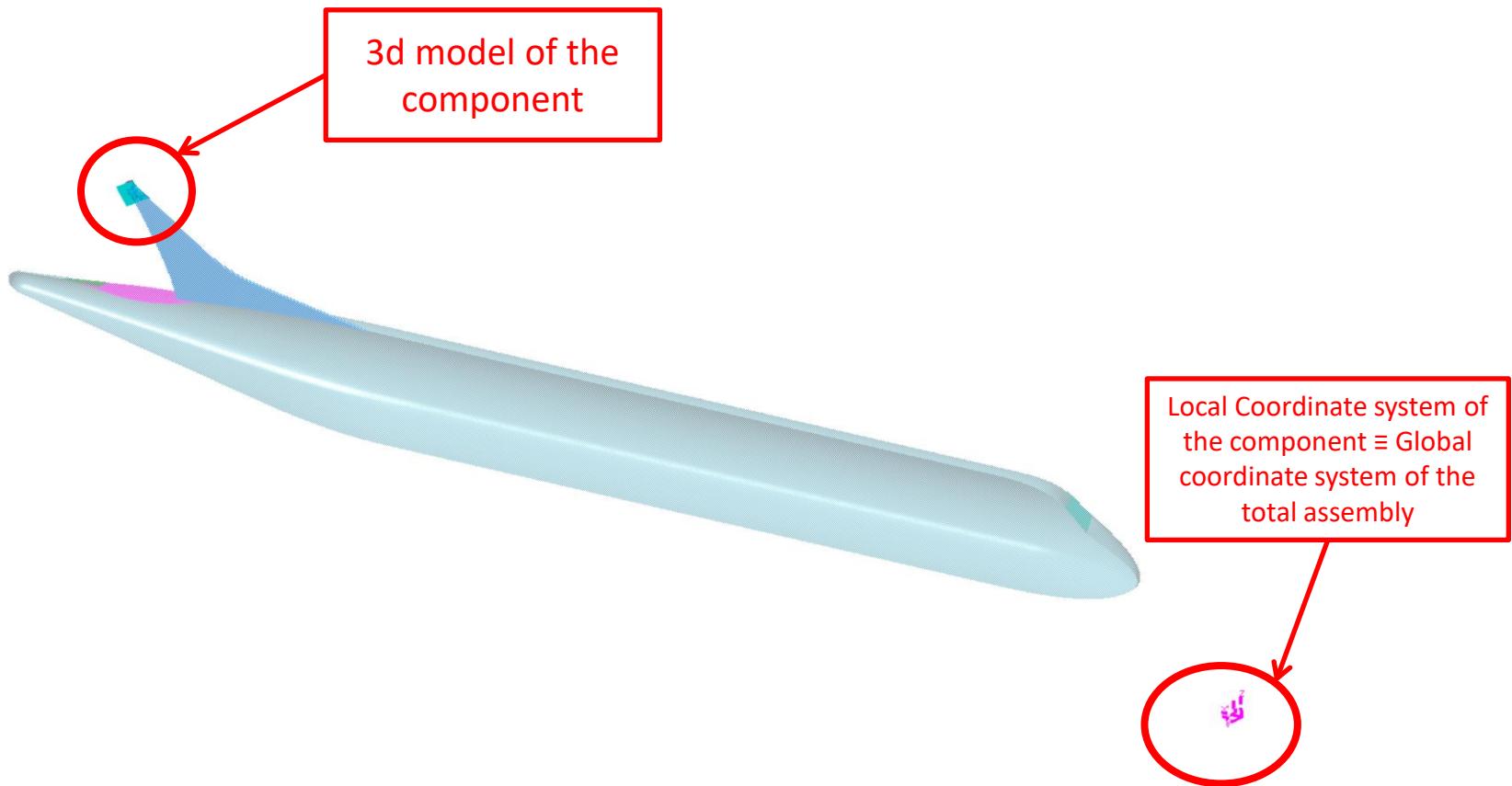
Alcune parti dello scheletro vengono "pubblicate" per costruire le parti

3d model of the component



- The geometric references of the global assembly are the first created
- The components are modelled in the final position in the global assembly
- The local coordinate system of each component is related to the global system of the final assembly
- The components modelled in a top-down approach have to be just inserted in the final assembly without any constraint or orientation.

# Top down approach



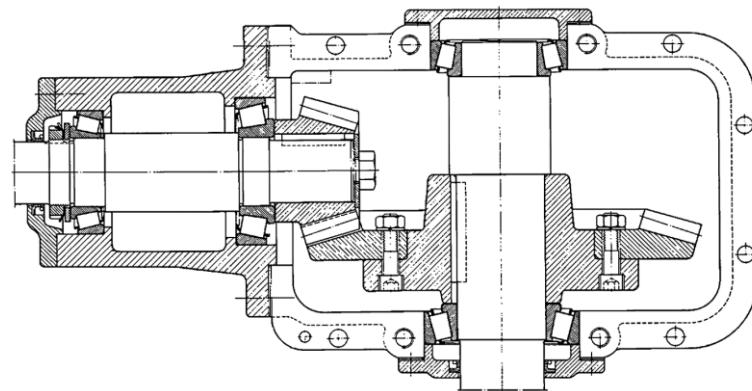
*The component is modelled in the final position, no constraints positioning are needed.*

# Pro and Cons of Top-Down approach

- The overall design information is in one centralized location
- Reduce errors within complicated assemblies
- Better project management visibility
- Concurrent engineering
- Top- level change control
- The approach is ideal in multi-disciplinary design contexts with different and distributed design teams
- Time spent in integration of the outcomes of different design teams is reduced
- Ideal in the modelling of components with multiplicity = 1 in the assemblies

# Approccio Top-Down

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.

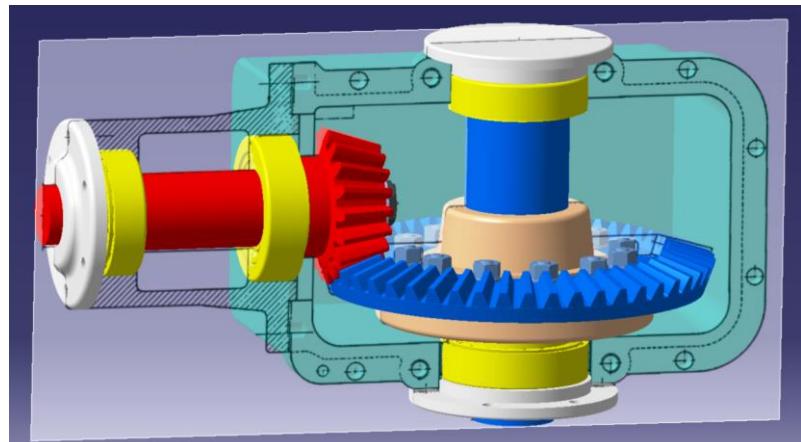


Sezione di un complessivo utilizzabile come configurazione per approccio *Top-Down*

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.

Sistema di trasformazione del moto (riduttore di velocità)

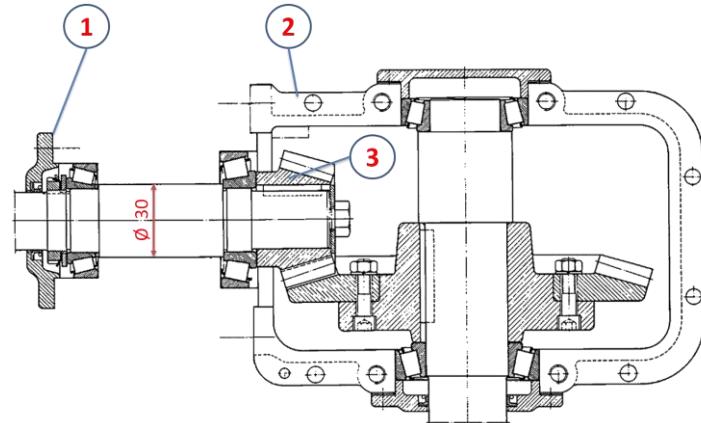


Esempio di modellazione secondo approccio *Top-Down*



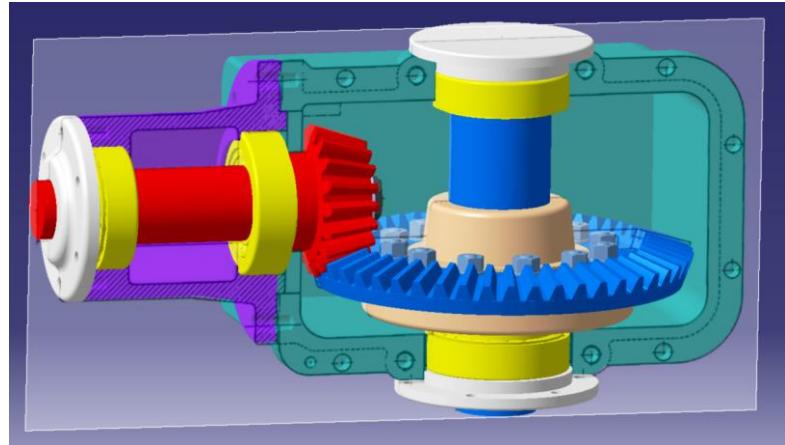
# Esempio di assieme in modalità *Top-Down*

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*



# Esempio di assieme in modalità *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.

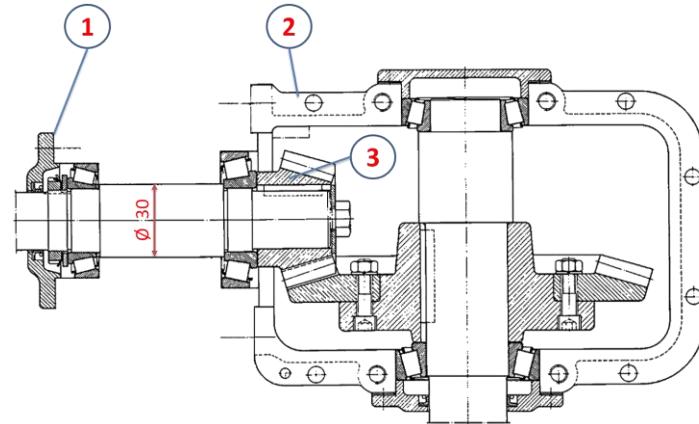
In figura si possono notare i piani di riferimento da usare per la modellazione *Top-Down* del supporto dell'albero.

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

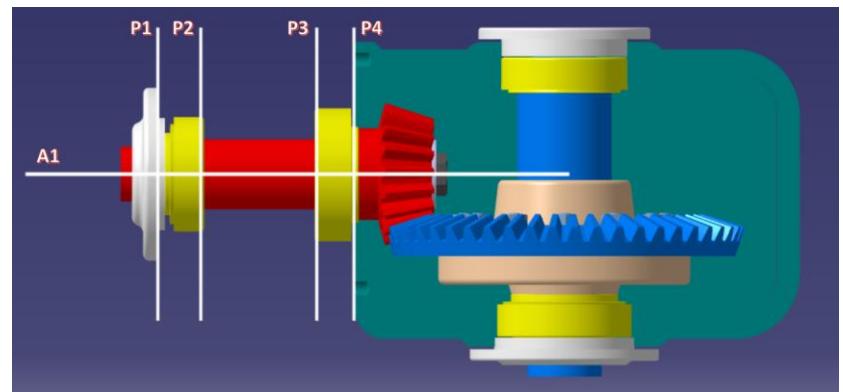
**P2:** Piano che definisce la superficie di battuta per il *primo cuscinetto*

**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*



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



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

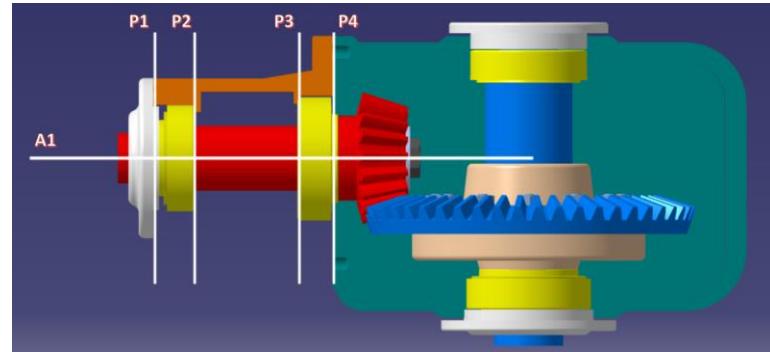
# Esempio di assieme in modalità *Top-Down*

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.

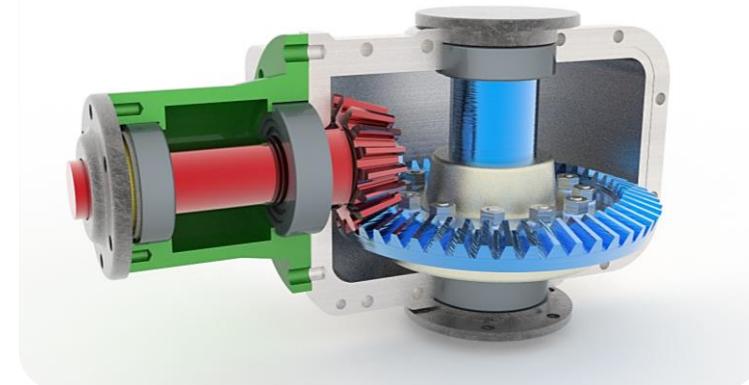
Successivamente, con un'operazione di rivoluzione intorno all'asse **A1** si ottiene il componente richiesto realizzato esattamente nella posizione desiderata.

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

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*.



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



Resa fotorealistica del risultato della modellazione *Top-Down*

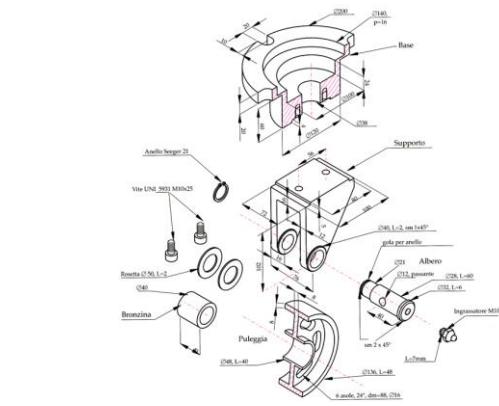
# Approccio **Bottom-Up**

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

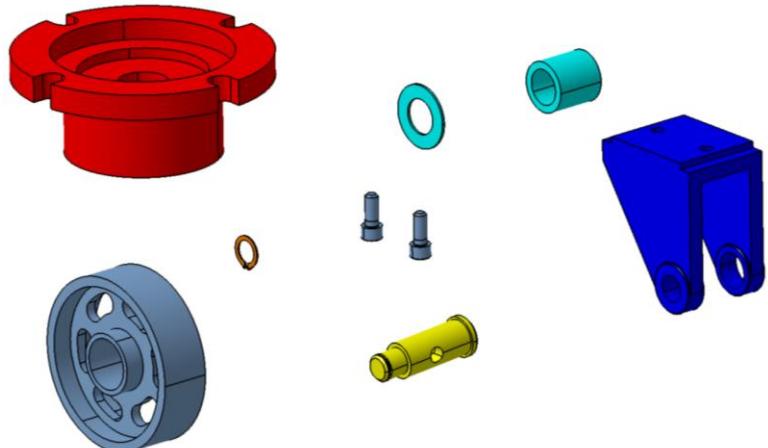
In genere, ogni componente è modellato a partire da disegni già esistenti e con quote assegnate.

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 di un assieme da modellare



Componenti modellati al CAD



# Vincoli di assieme

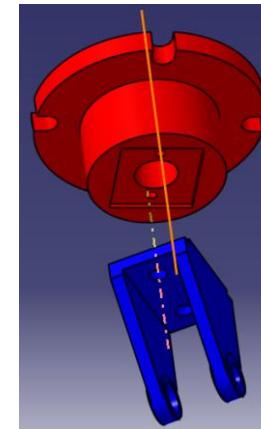
L'assemblaggio di due parti è realizzato mediante la definizione del posizionamento e dell'orientamento reciproco

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

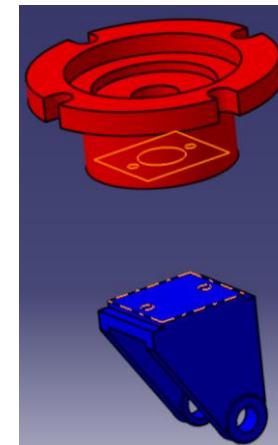
Ciò è ottenuto mediante l'uso di vincoli tra gli elementi geometrici come ad esempio:

## Vincoli di assemblaggio

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



Esempio di vincolo di «coassialità»

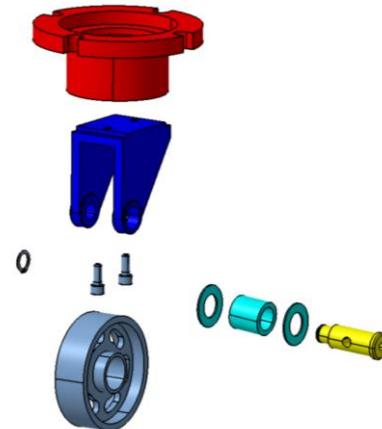


Esempio di vincolo di «contatto»



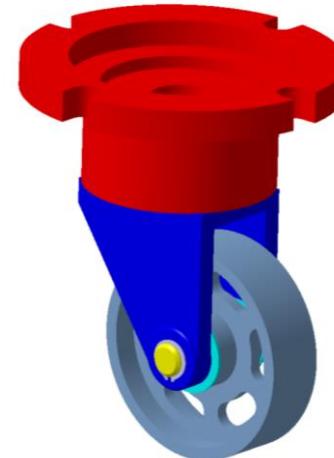
# Esempio di assieme in modalità *Bottom-Up*

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.



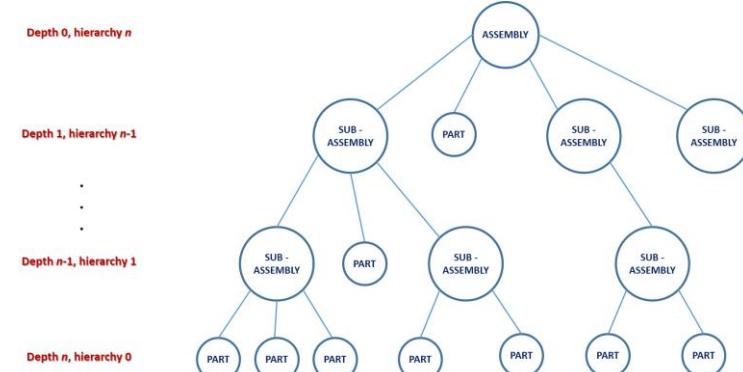
Risultato dell'operazione di assemblaggio mediante vincoli di posizionamento



# Organizzazione di un assieme – Gerarchia ad albero

In un prodotto, basato su più componenti, è possibile definire una gerarchia tra le parti rappresentabile con un grafo con struttura ad albero, dove la radice è l'assieme mentre le foglie sono le singole parti o sotto-assieme.

gli elementi di collegamento sono in un contenitore (?)



Esempio di gerarchia ad albero

Per migliorare la visualizzazione di alcuni elementi rispetto ad altri è possibile, ad esempio, raggruppare tutti i componenti dei collegamenti filettati (come viti, dadi e rosette) in un unico sotto-assieme.



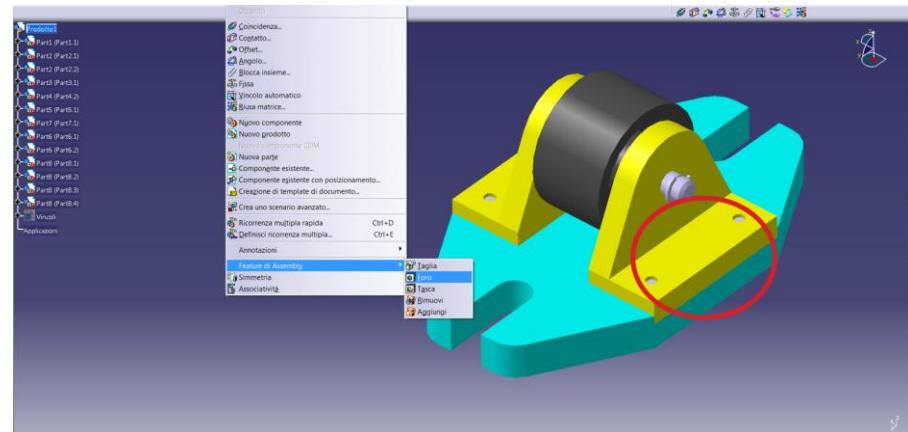
Esempio di organizzazione dell'insieme  
«Supporto con puleggia»



# Feature di assieme

Nella realizzazione di un assieme spesso è necessario prevedere l'uso di *feature* che coinvolgano più parti. Ad esempio un foro che sia presente in più piastre per consentire la realizzazione di un collegamento con bullone.

In tali casi si può ricorrere all'uso di *feature* d'assieme i cui effetti si ripercuotono su più parti o addirittura sull'intero assieme.

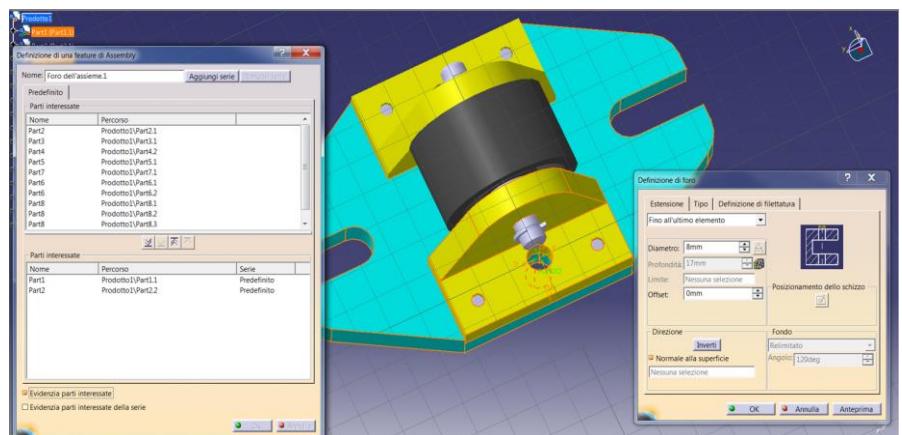


Esempio di foro su più componenti di un assieme

Esempi di *feature* d'assieme sono:

- Foro
- Scavo
- Operazioni booleane (Unione, sottrazione, intersezione)

Riusa matrice: funzione utile per gli assiemni



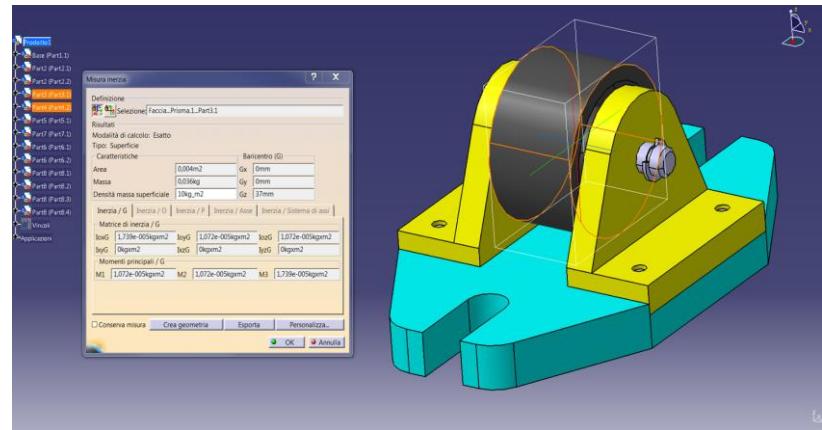
Esempio di foro su più componenti di un assieme



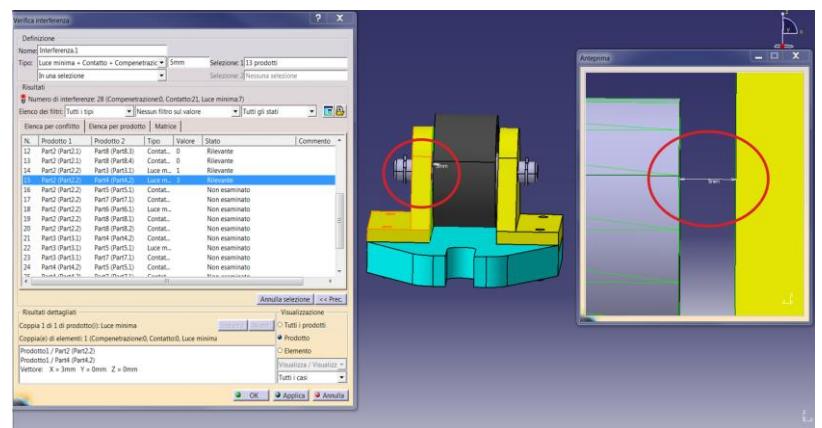
# Analisi di assieme

Tutti i software CAD Parametrico-Associativi consentono, in genere, di realizzare dettagliate analisi per:

- 1) controllare le dipendenze tra tutte le parti e verificare l'eventuale presenza di interferenze, contatti, giochi;
- 2) determinare il numero di vincoli e quindi di gradi di libertà di tutti i componenti dell'assieme;
- 3) assegnare materiali al fine di calcolare le proprietà fisica dei singoli componenti e dell'assieme finale.



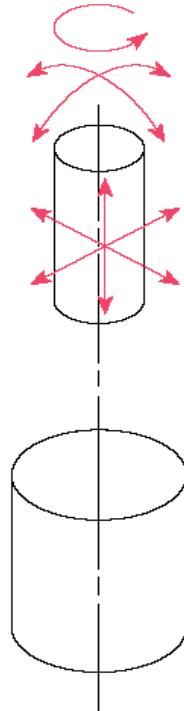
Esempio di misure



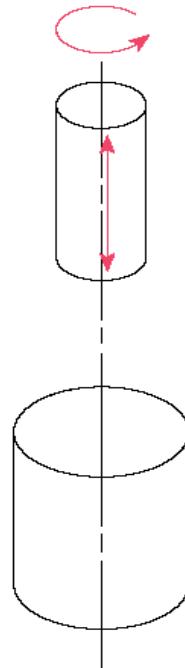
Esempio di verifica di giochi ed interferenze



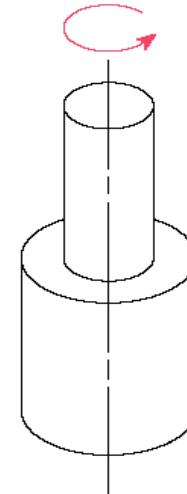
# Vincoli di assieme



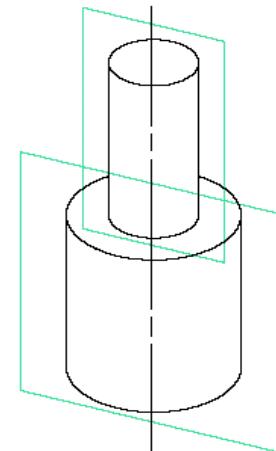
6 gradi  
di libertà



Assi allineati  
2 gradi  
di libertà



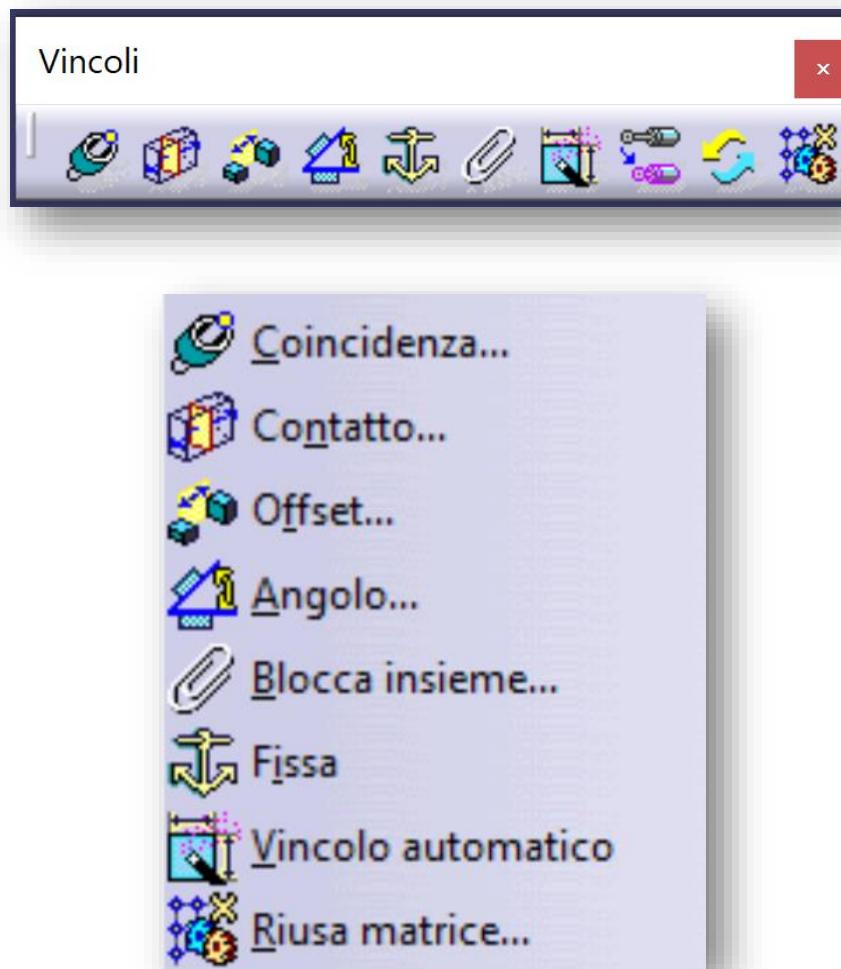
Superficie accoppiata  
1 grado  
di libertà



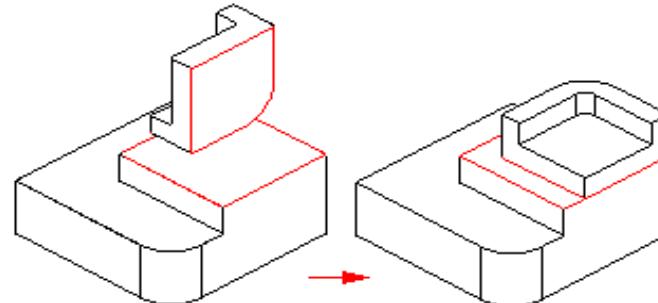
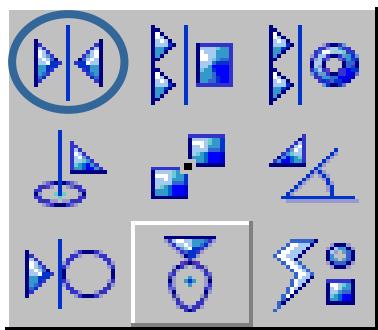
Allineamento  
dei piani  
di costruzione  
0 gradi  
di libertà

Riduzione dei gradi di libertà di una parte mediante  
aggiunta di relazioni di assieme tra le feature

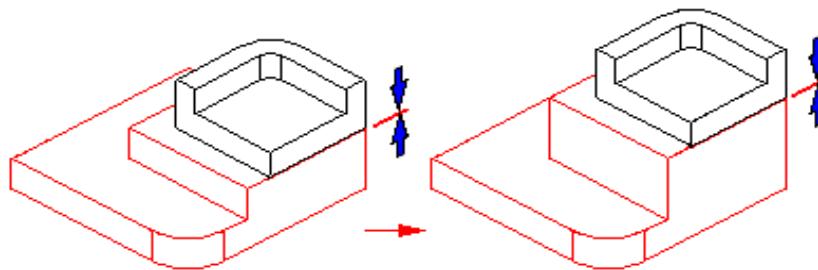
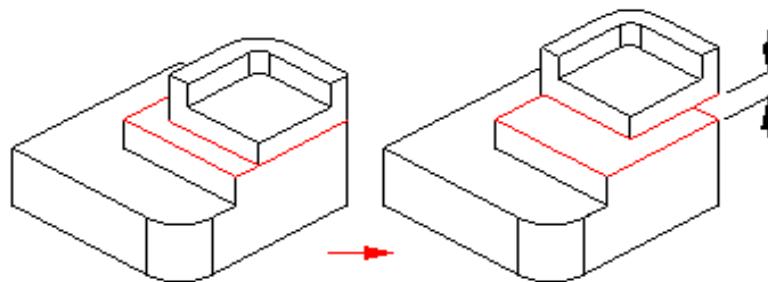
# Vincoli di assieme - CATIA



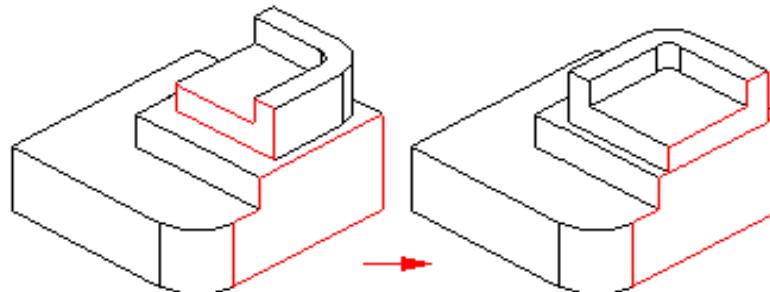
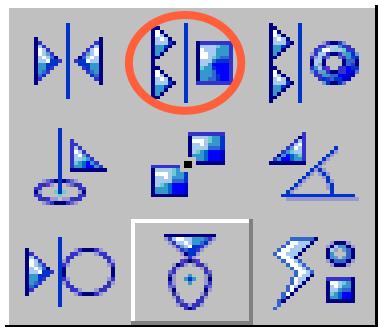
# Vincoli di assieme - SolidEdge



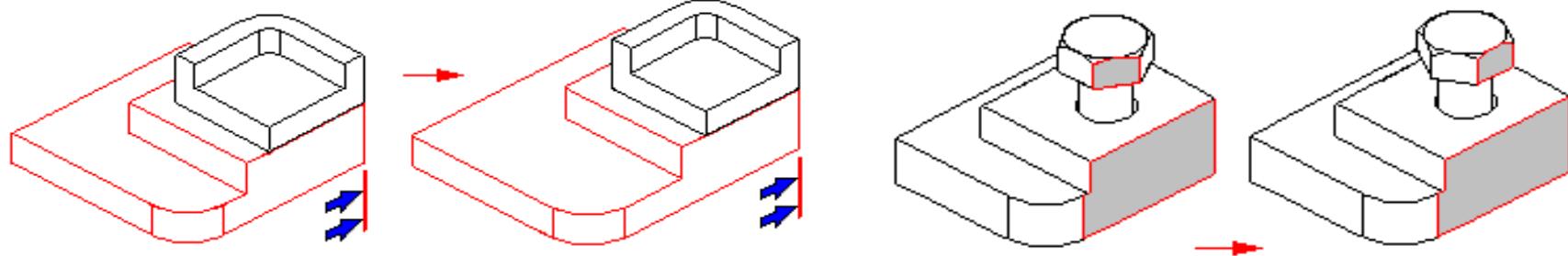
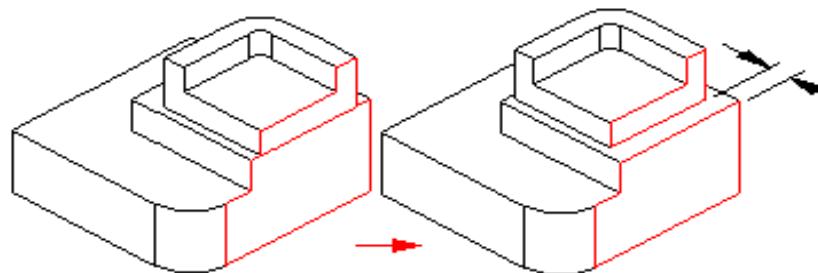
ACCOPPIA



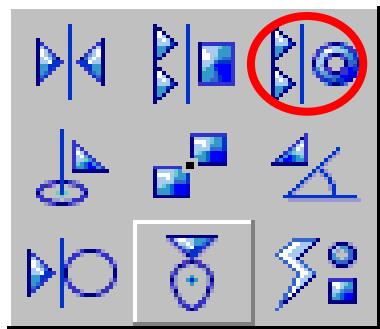
# Vincoli di assieme - SolidEdge



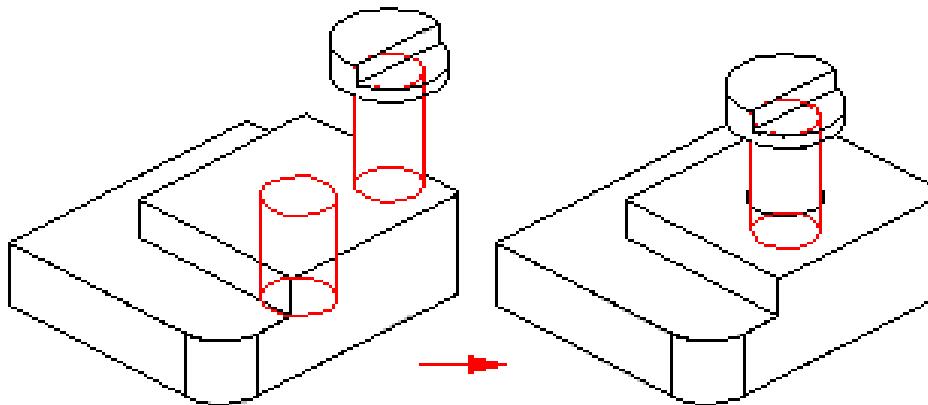
ALLINEA  
PLANARE



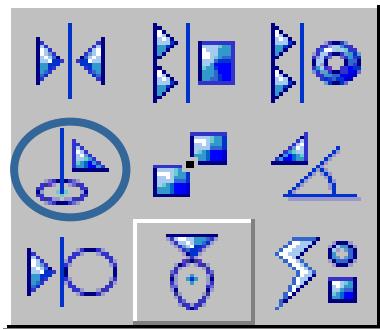
# Vincoli di assieme - SolidEdge



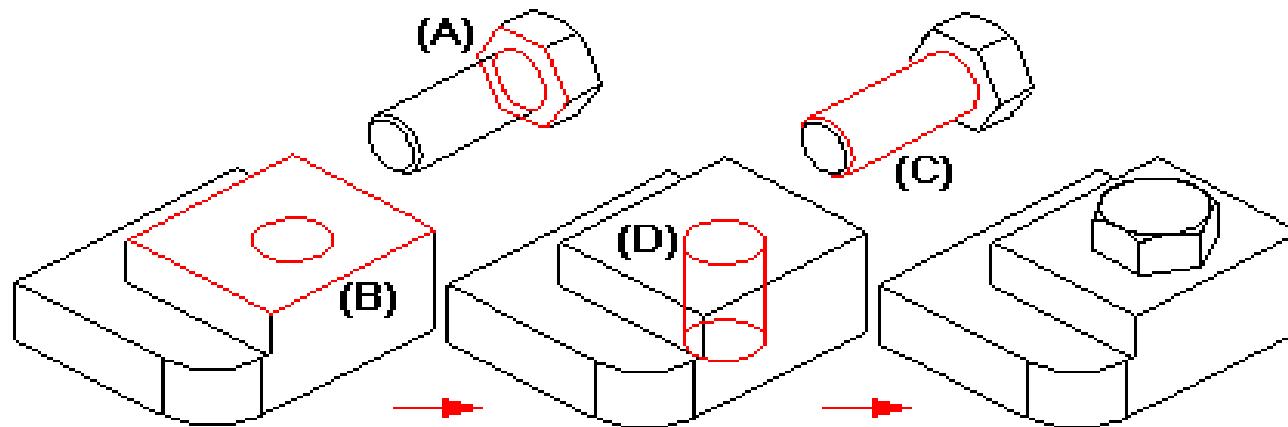
ALLINEA  
ASSIALE



# Vincoli di assieme - SolidEdge

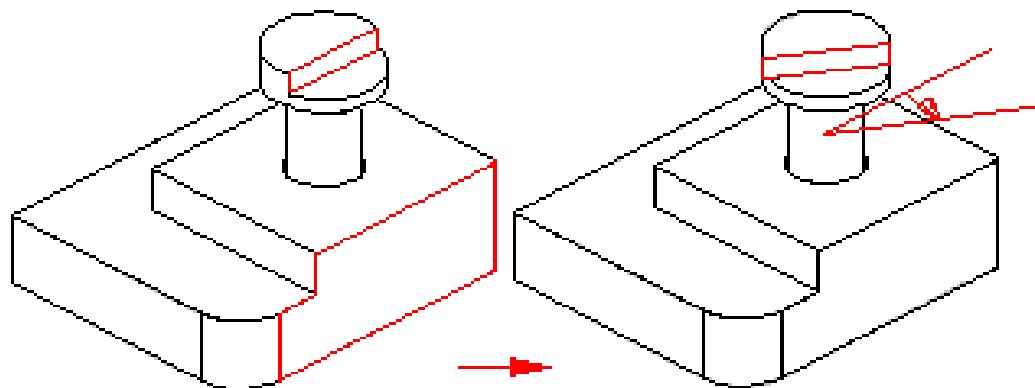
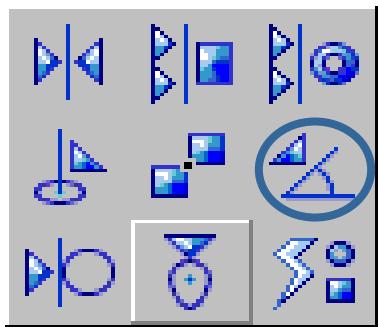


INSERISCI



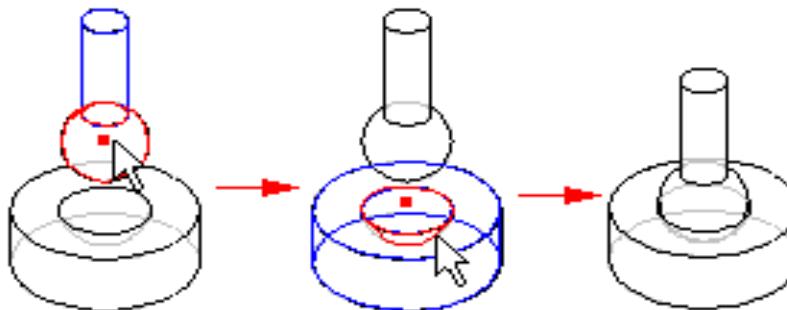
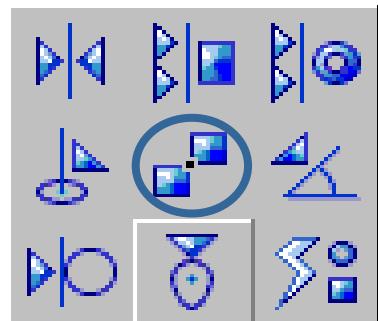
# Vincoli di assieme - SolidEdge

ANGOLO



# Vincoli di assieme - SolidEdge

ANGOLO

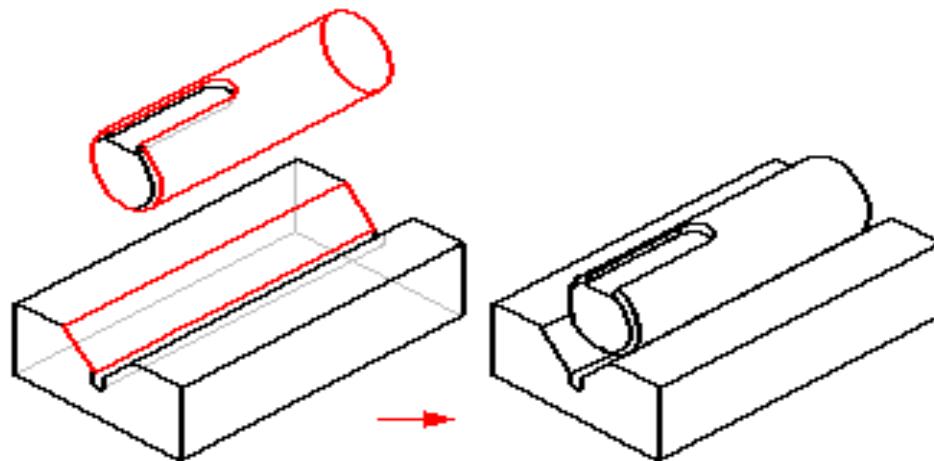
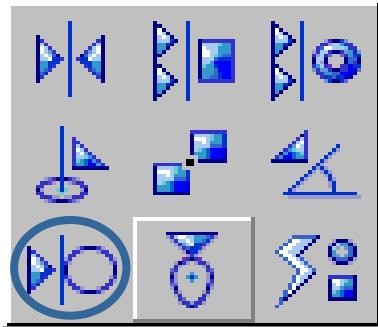


## Combinazioni della Relazione Collega

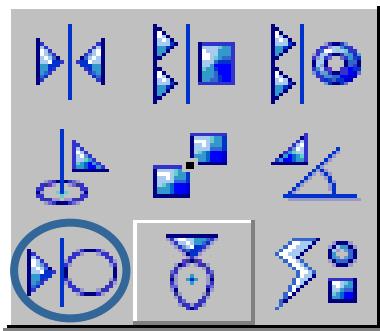
- -Collegare un punto su una parte al punto su un'altra
- -Collegare un punto su una parte alla linea su un'altra
- -Collegare un punto su una parte alla faccia su un'altra
- -Collegare una linea su una parte ad un punto su un'altra
- -Collegare una faccia su una parte al punto su un'altra

# Vincoli di assieme - SolidEdge

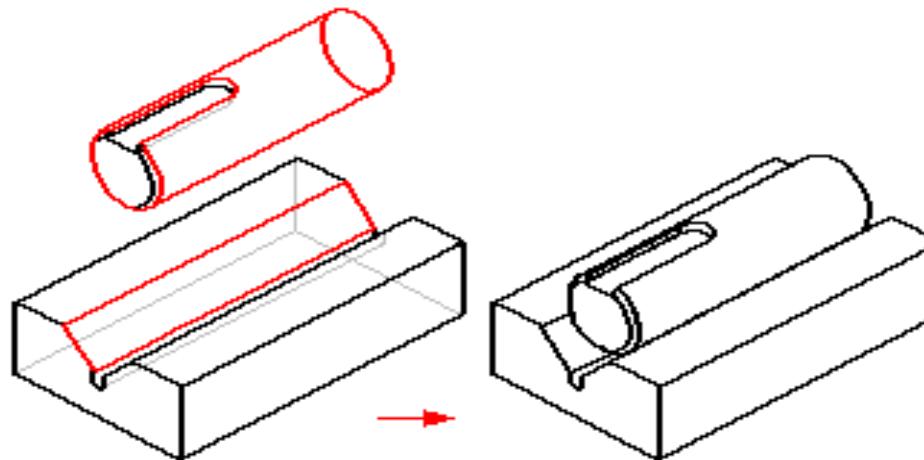
ANGOLO



# Vincoli di assieme - SolidEdge

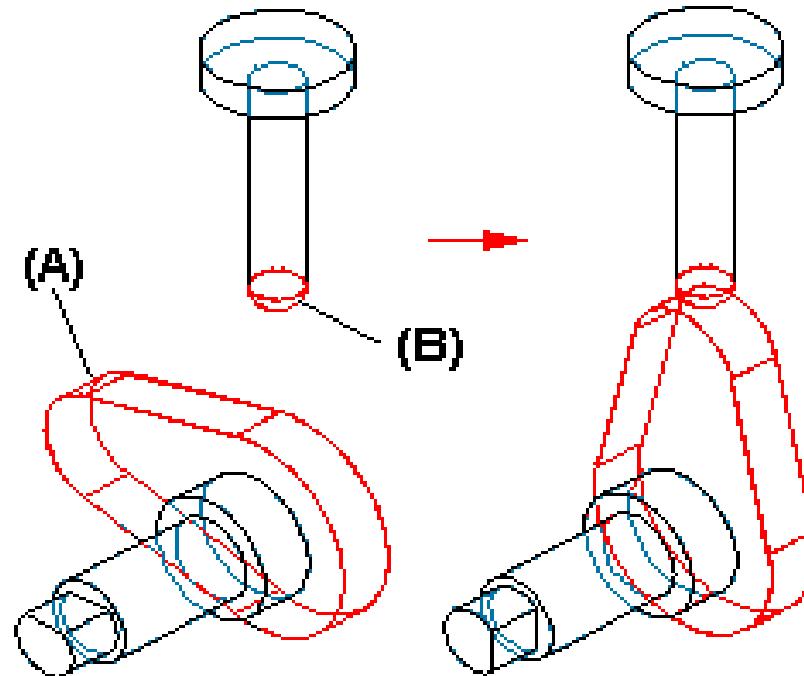
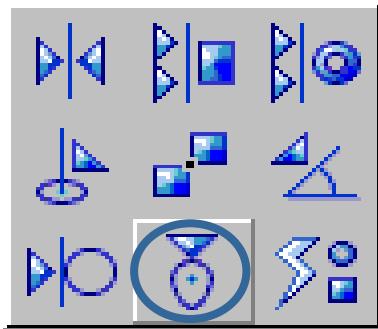


TANGENTE

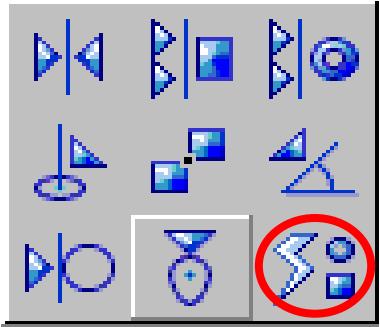


# Vincoli di assieme - SolidEdge

CAMMA



# Vincoli di assieme - SolidEdge



ADATTAMENTO  
RAPIDO

È lasciata al sistema la verifica dinamica (in tempo reale) delle condizioni più idonee al tipo di entità geometrica selezionata sul primo componente.

Adatto per il posizionamento di pochi componenti.

# Struttura di assieme

Albero di assemblaggio

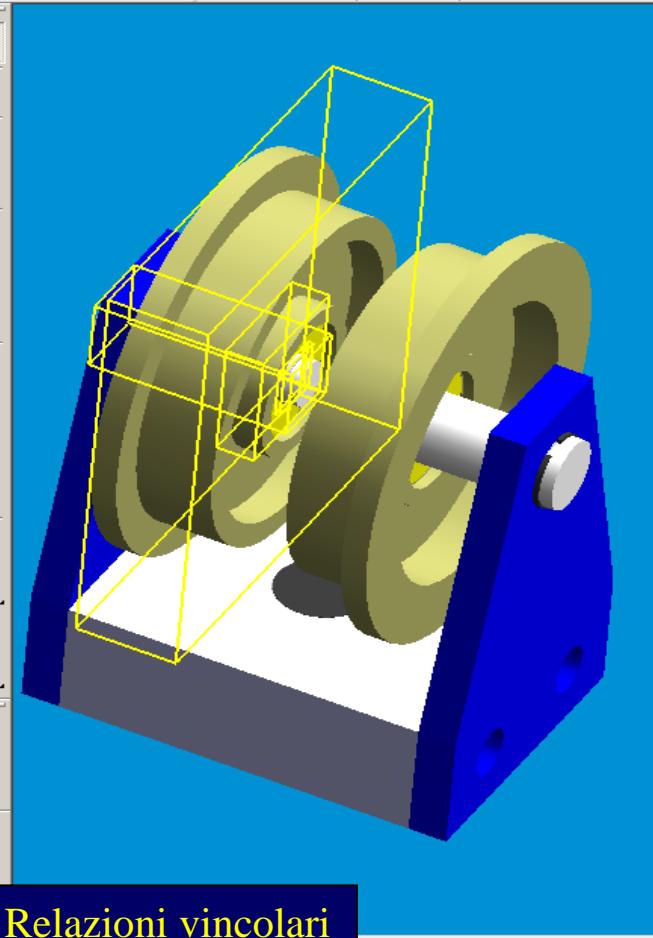
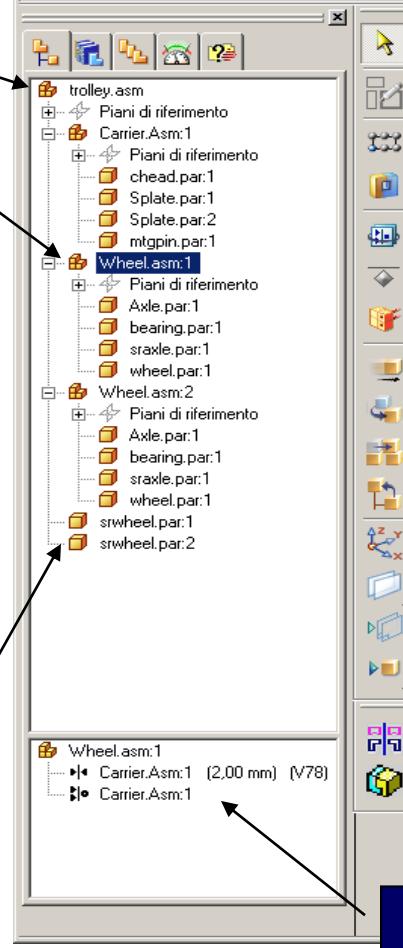
Sotto-assieme

L'assieme viene creato aggregando componenti (parti e sotto-assieme) imponendo vincoli tra le feature (anche *datum* e geometrie di costruzione)

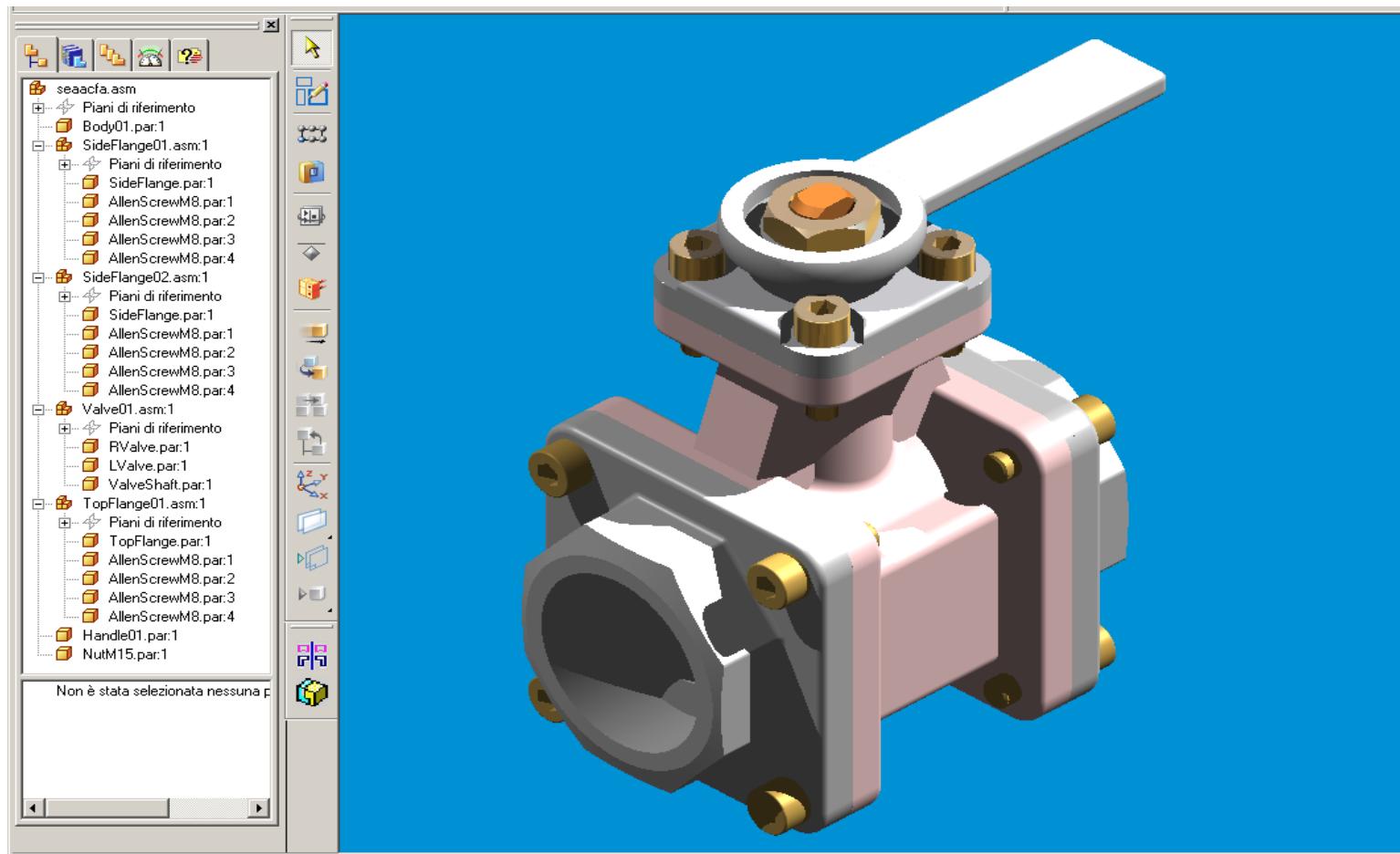
La struttura dell'assieme è memorizzata in un *albero di assemblaggio* che evidenzia anche le relazioni vincolari imposte

Parti

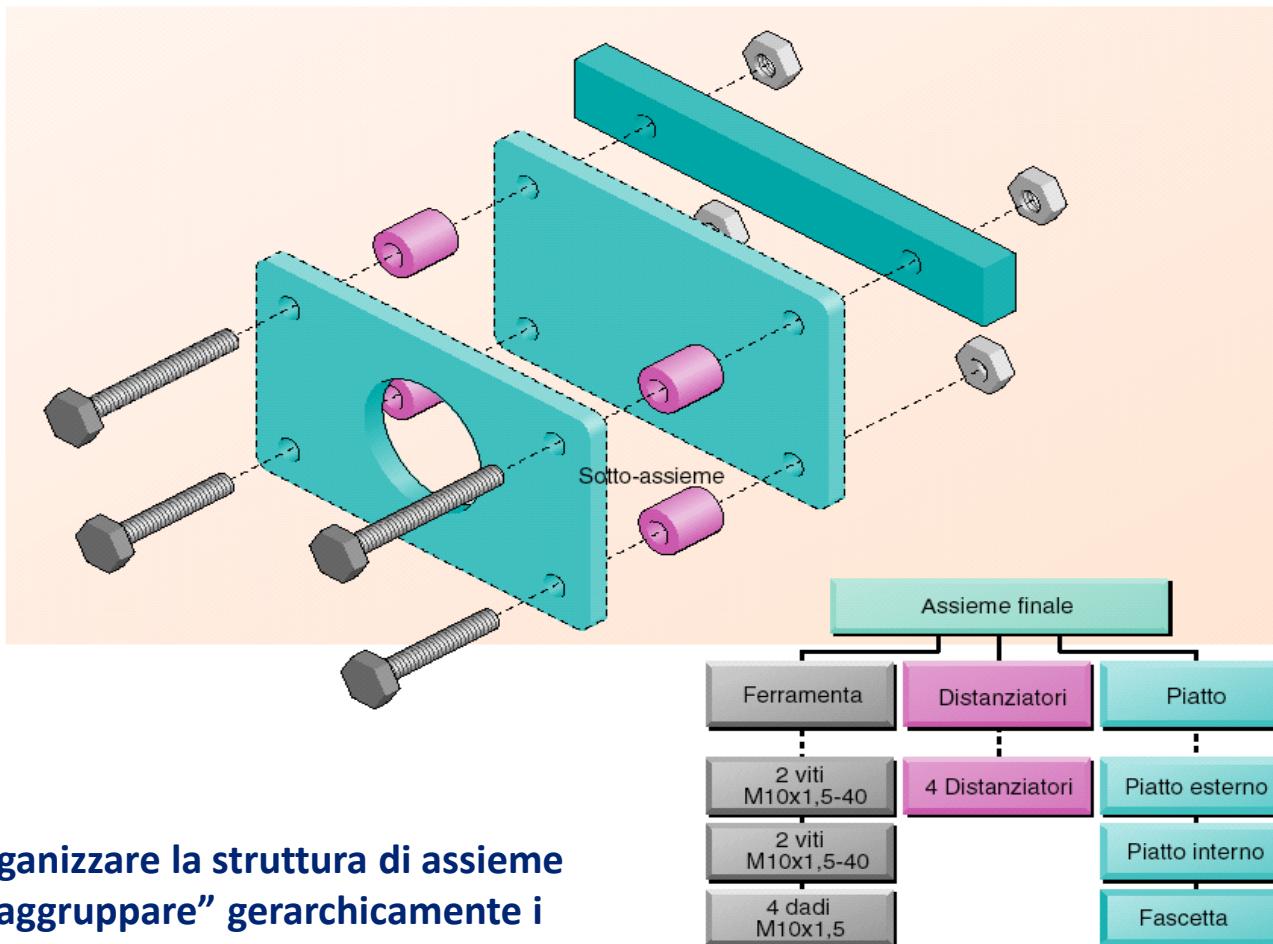
Relazioni vincolari



# Struttura di assieme

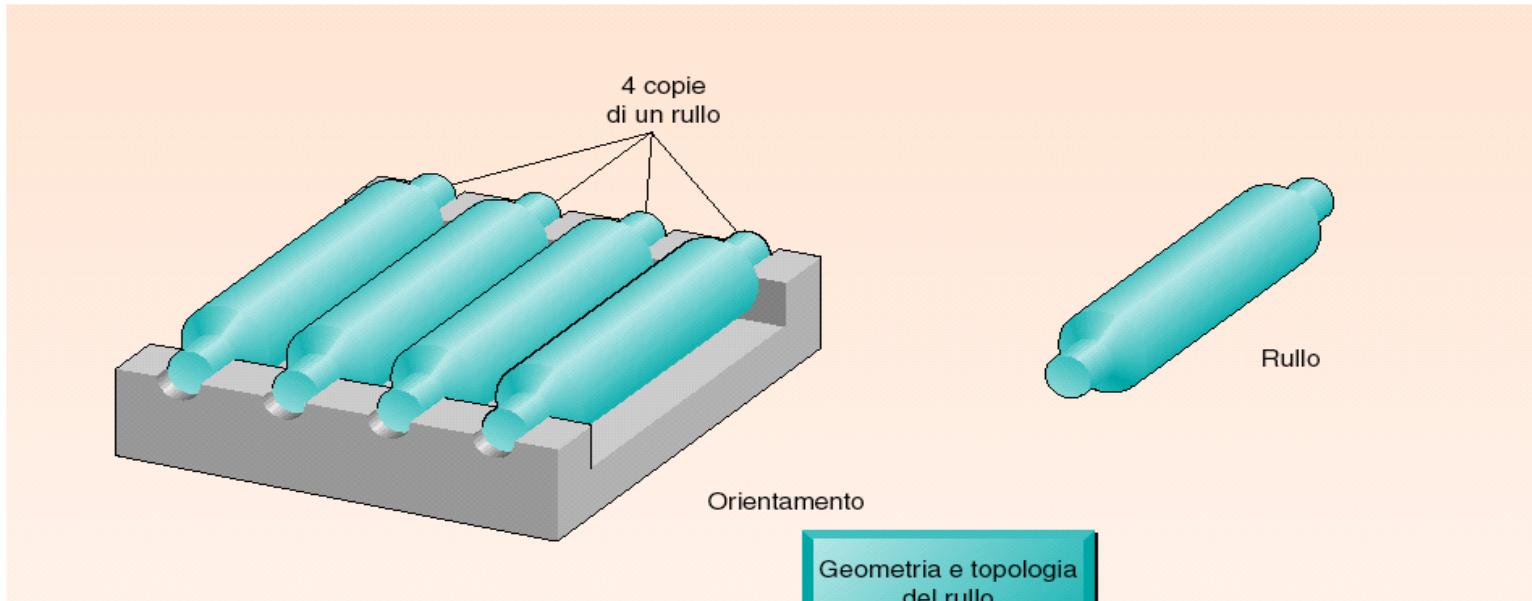


# Struttura di assieme



E' possibile organizzare la struttura di assieme  
in modo da "raggruppare" gerarchicamente i  
componenti

# Creazione di una serie di elementi (pattern)



I componenti che si ripetono nell'insieme secondo una serie (*pattern*) possono essere gestiti tutti insieme come istanze multiple di un solo oggetto.

# Modellazione ASSIEMI

GdL non vincolati = moti cinematici tra le parti

- I gradi di libertà (GdL) non vincolati consentono moti liberi tra le parti (*meccanismi*)
- Essi possono quindi essere sfruttati per analizzare il comportamento cinematico di un meccanismo
- Durante la simulazione del cinematismo è possibile controllare (e quantificare) le intersezioni tra le parti
- Utile per simulare il reale cinematismo dell'assieme ed aggiustare i componenti prima di fissarne il posizionamento finale