

# Albero con foro trasversale soggetto a torsione

Albero  
dia. 40 mm

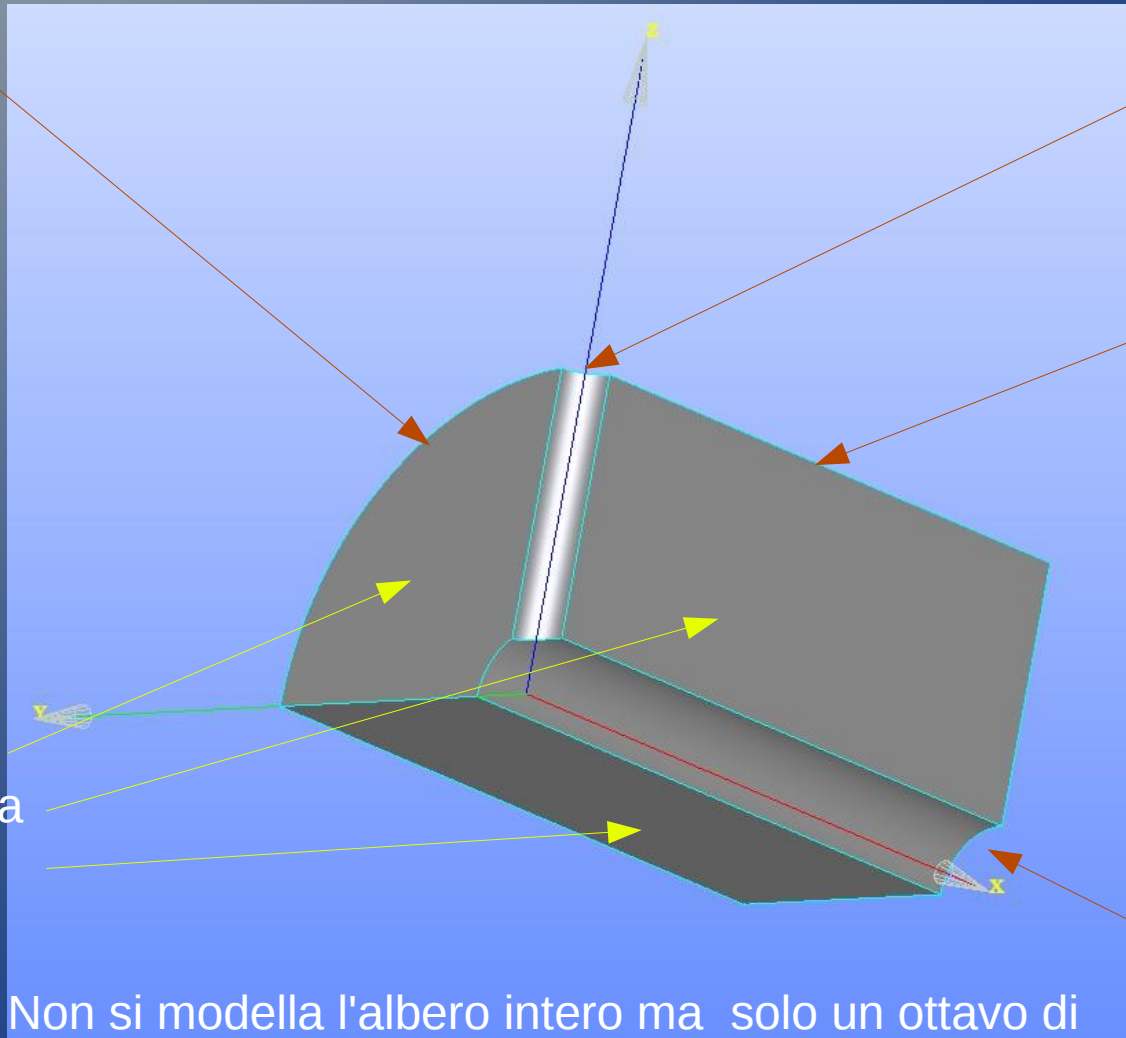
Foro trasversale  
dia. 4 mm

Albero lungh. 40  
mm

Superfici di  
antisimmetria

Foro assiale  
dia. 8 mm

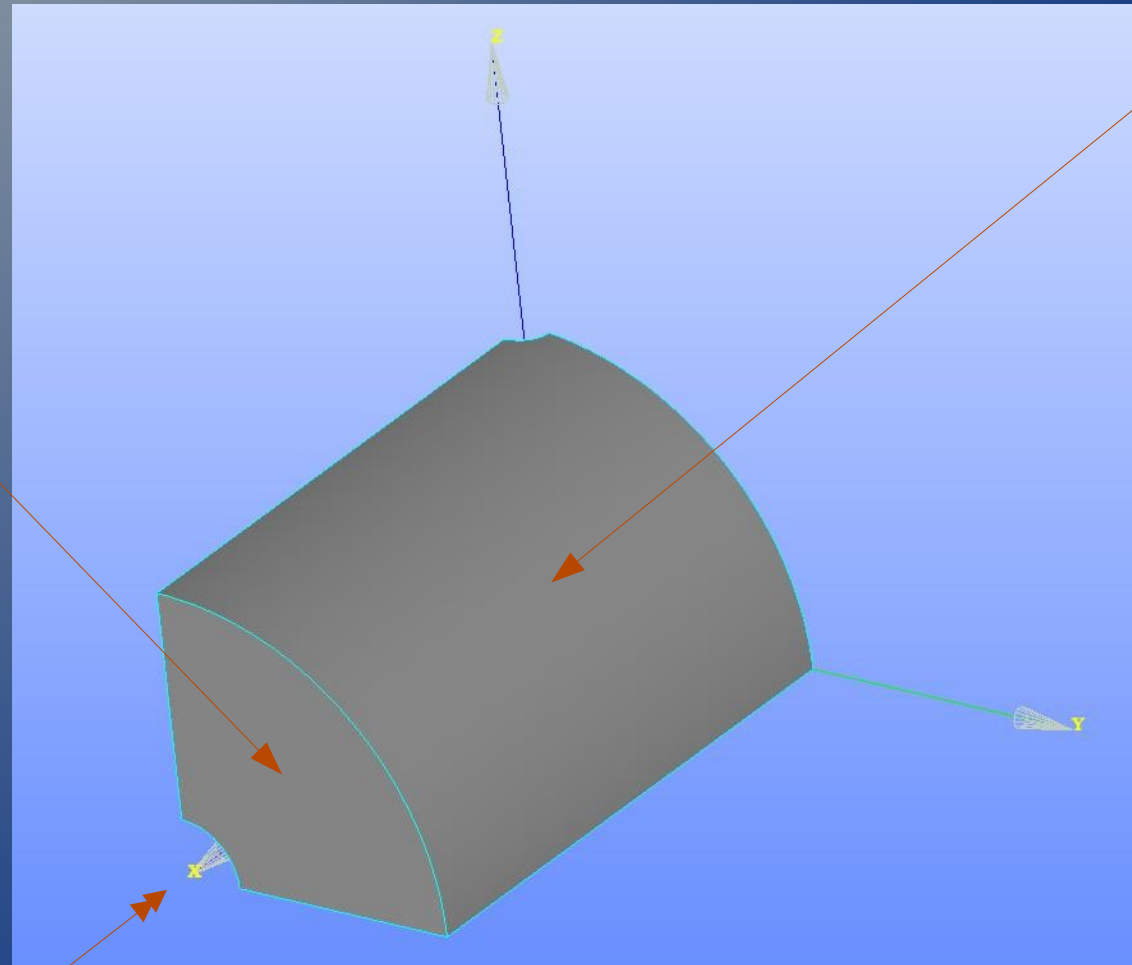
Non si modella l'albero intero ma solo un ottavo di struttura. Sarà necessario imporre le opportune condizioni di vincolo in base al carico.



# Albero con foro trasversale soggetto a flessione e a torsione

Superficie sulla quale applicheremo i carichi

Superficie esterna dell'albero libera



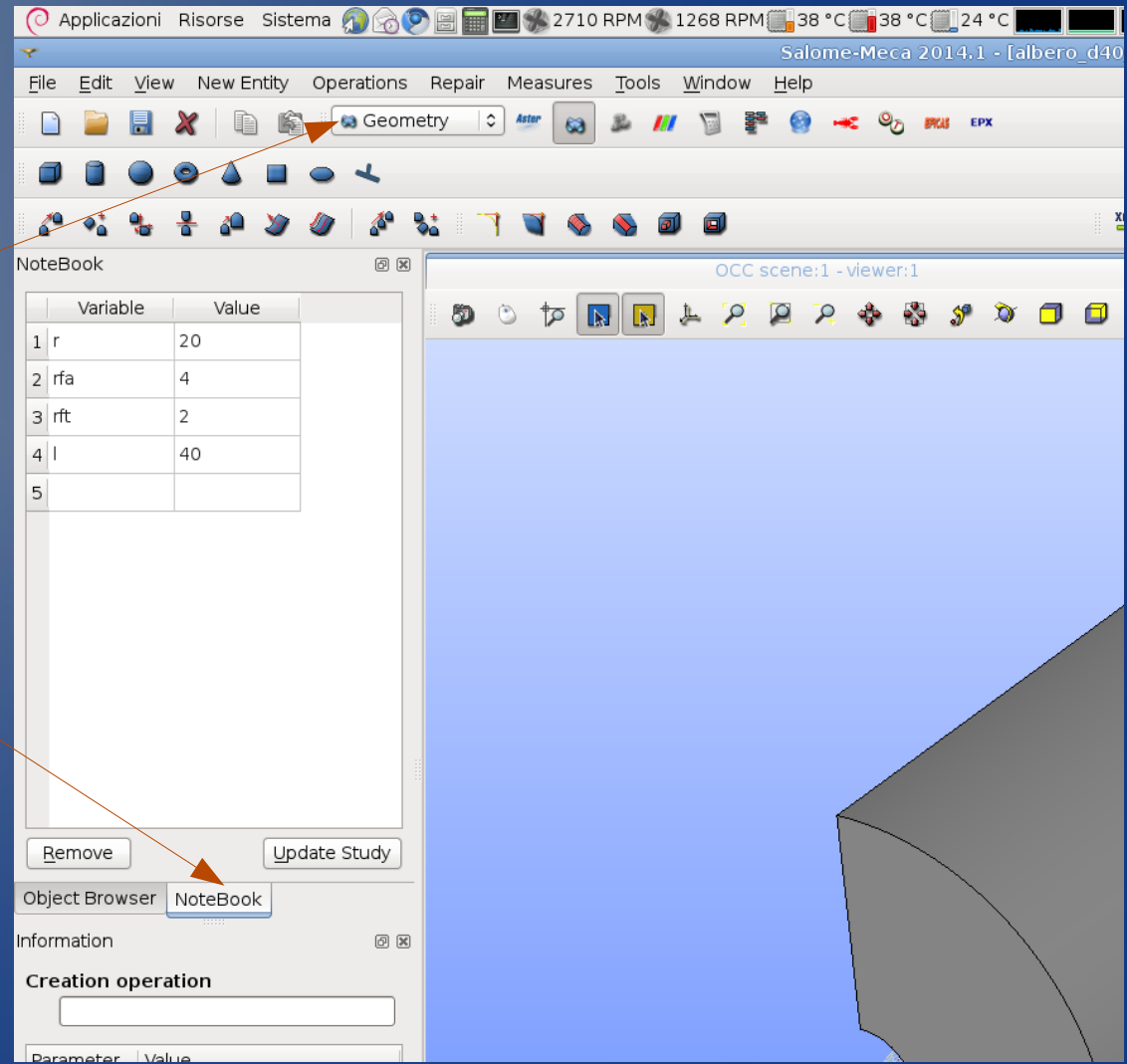
Vettore che rappresenta la torsione

# Unità di misura

- Il codice di calcolo elabora numeri puri
- Non comprende le unità di misura
- Restituisce le unità derivate in base alle unità fondamentali dei dati in ingresso
- Per avere un sistema omogeneo le unità di misura delle grandezze inserite devono essere coerenti
- Per la meccanica è utile esprimere le unità fondamentali in
  - Lunghezza in [mm]
  - Massa in tonnellate [t]
  - Tempo in [s]
  - Temperatura in [K]
- Per avere le grandezze derivate in
  - Forze in [N]
  - Tensione in [Mpa]
  - Densità in [t/mm<sup>3</sup>]
  - Angolo in [rad]
  - Frequenza in [Hz]

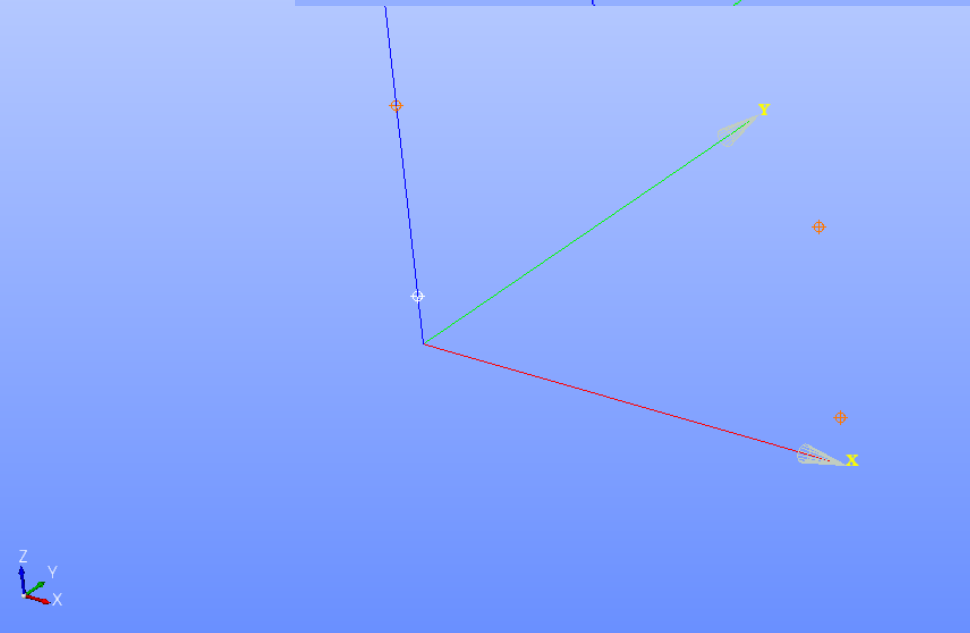
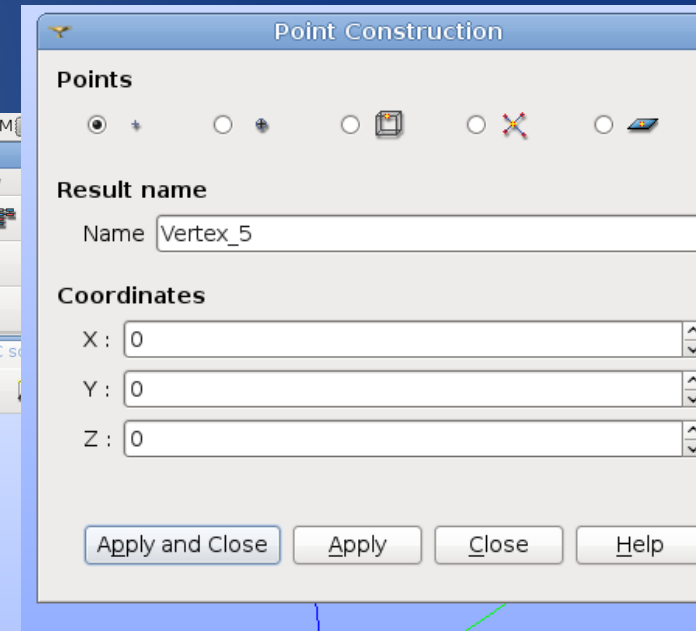
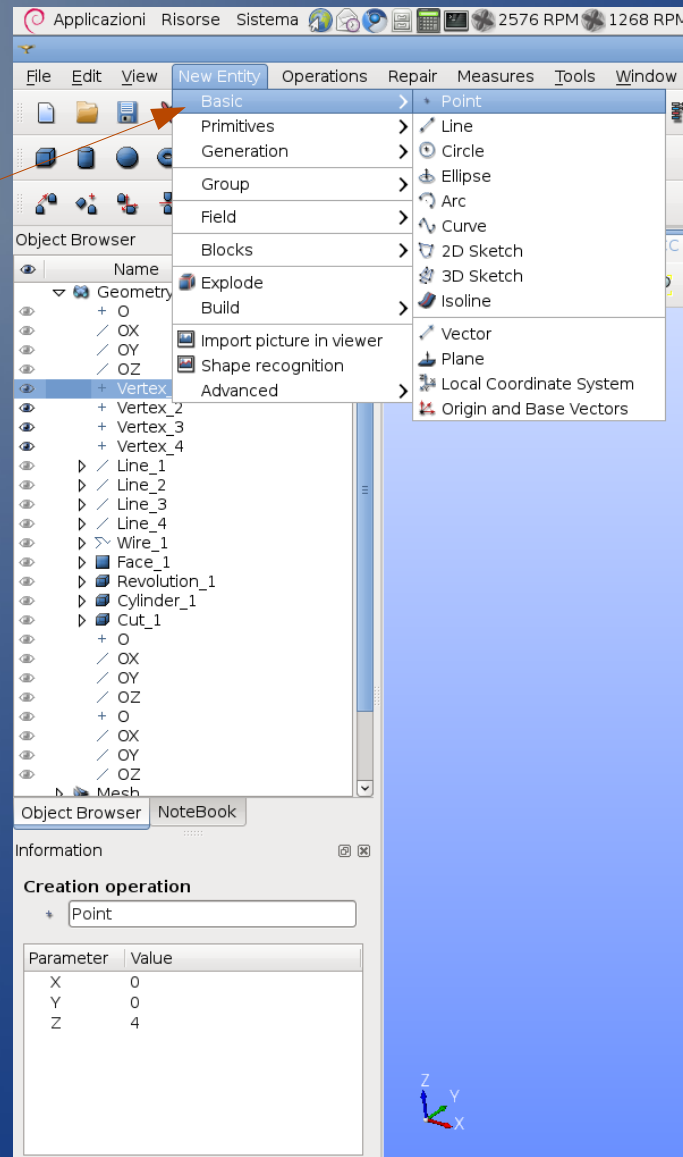
# Creiamo la geometria

- In un nuovo file, nell'ambiente “geometry”, click sulla linguetta “notebook”.
- Inseriamo quattro nuove variabili ed assegnamo i valori indicati nell'immagine.
- $r=20$ ,  $rfa=4$ ,  $rft=2$ ,  $l=40$
- Utilizzando le variabili nella creazione della geometria, essa diviene parametrica.



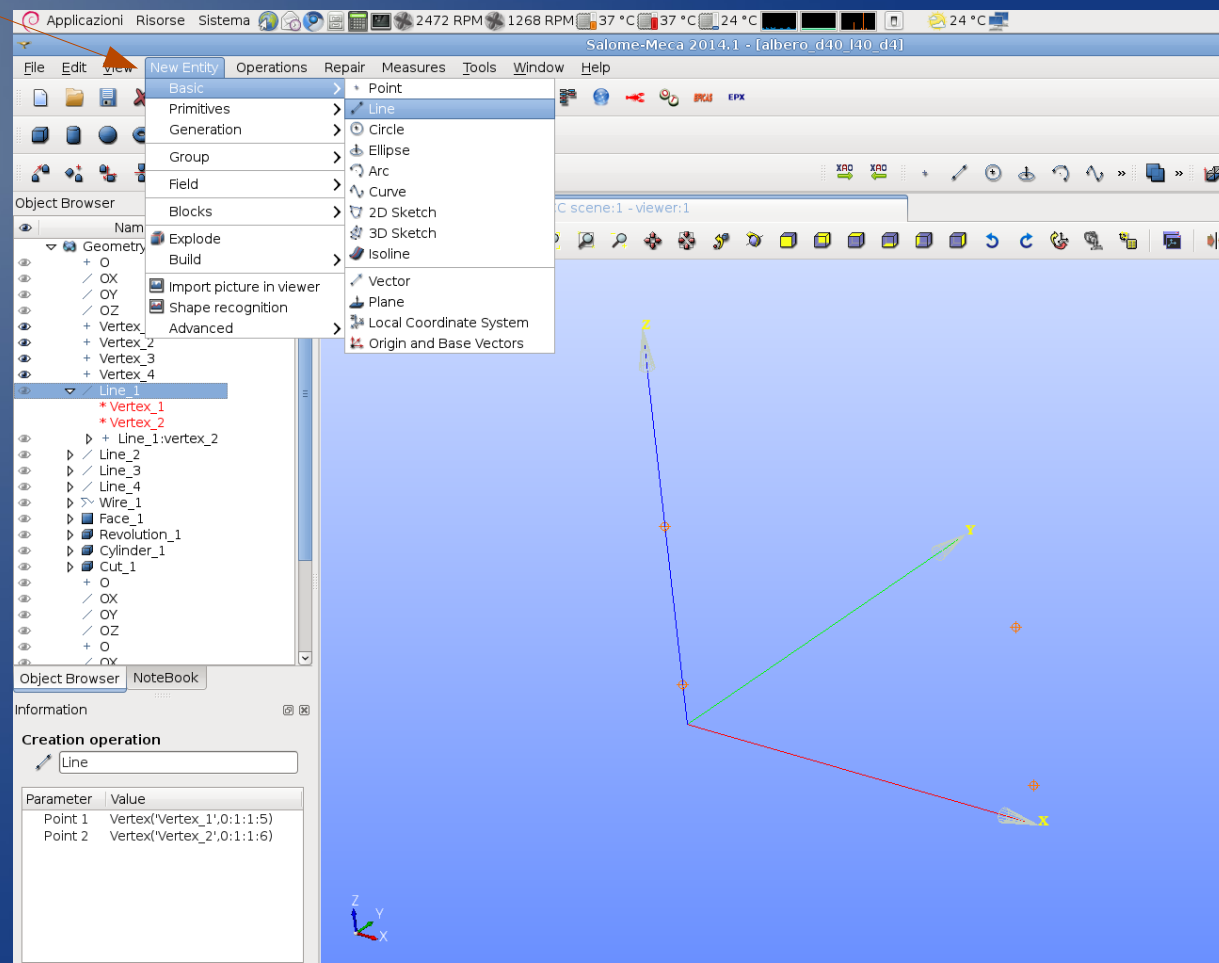
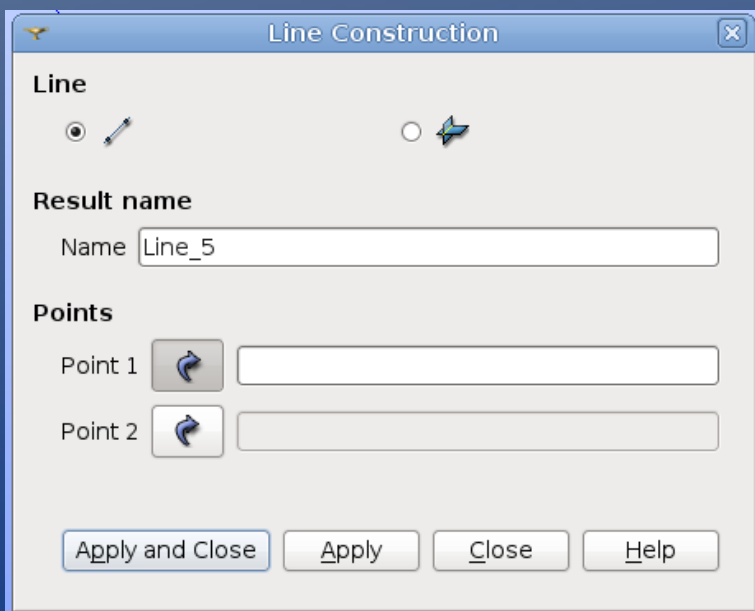
# Inseriamo i punti

- Tornati nello "object browser" la sequenza: new entity/basic/point ci permette di creare quattro punti.
- Vertex1 di coordinate:  $0; 0; rfa$
- Vertex2 di coordinate:  $l; 0; rfa$
- Vertex3 di coordinate:  $l; 0; r$
- Vertex4 di coordinate:  $0; 0; r$



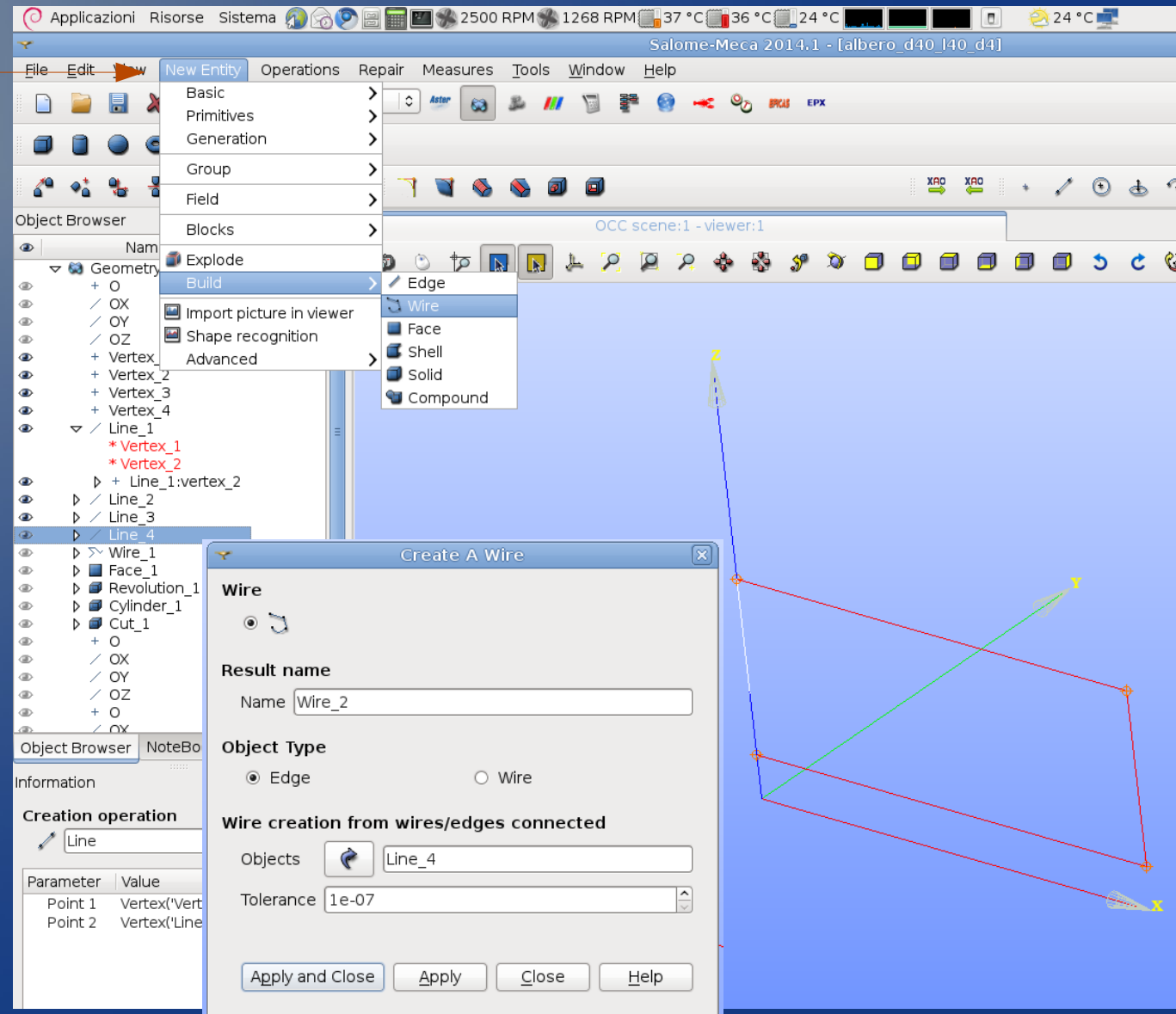
# Creiamo i bordi del rettangolo

- Con la sequenza: new entity/basic/line creiamo quattro linee che uniscono i vertici creati
- Possiamo selezionare i vertici dalla finestra grafica o dallo “object browser”



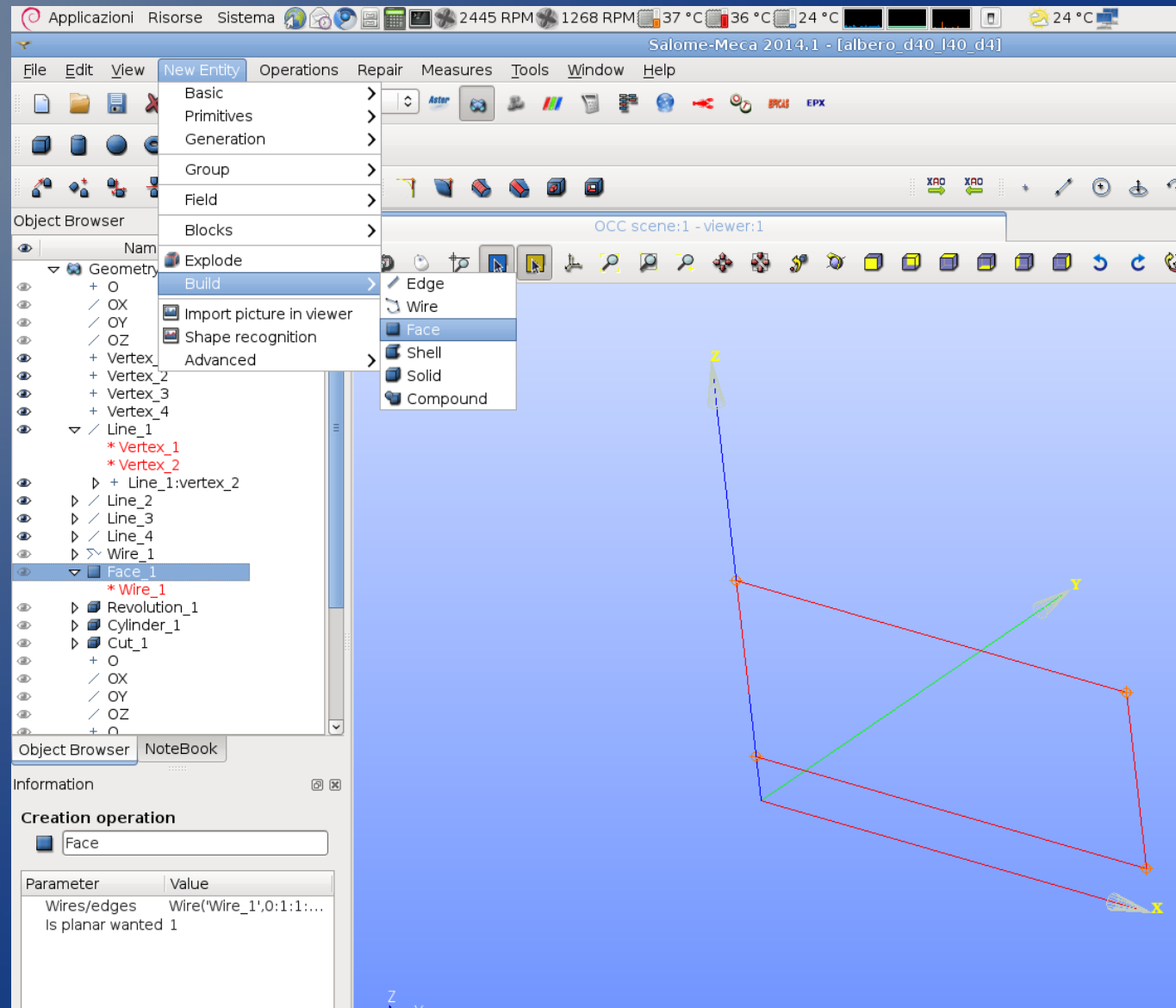
# Uniamo il perimetro del rettangolo

- La sequenza: new entity/build/wire unisce i lati di un poligono in un filo unico
- Se scegliamo i lati da finestra grafica: <shift> per selezione multipla
- Scelta da object browser: <ctrl> per selezione multipla



# Creiamo la superficie piana

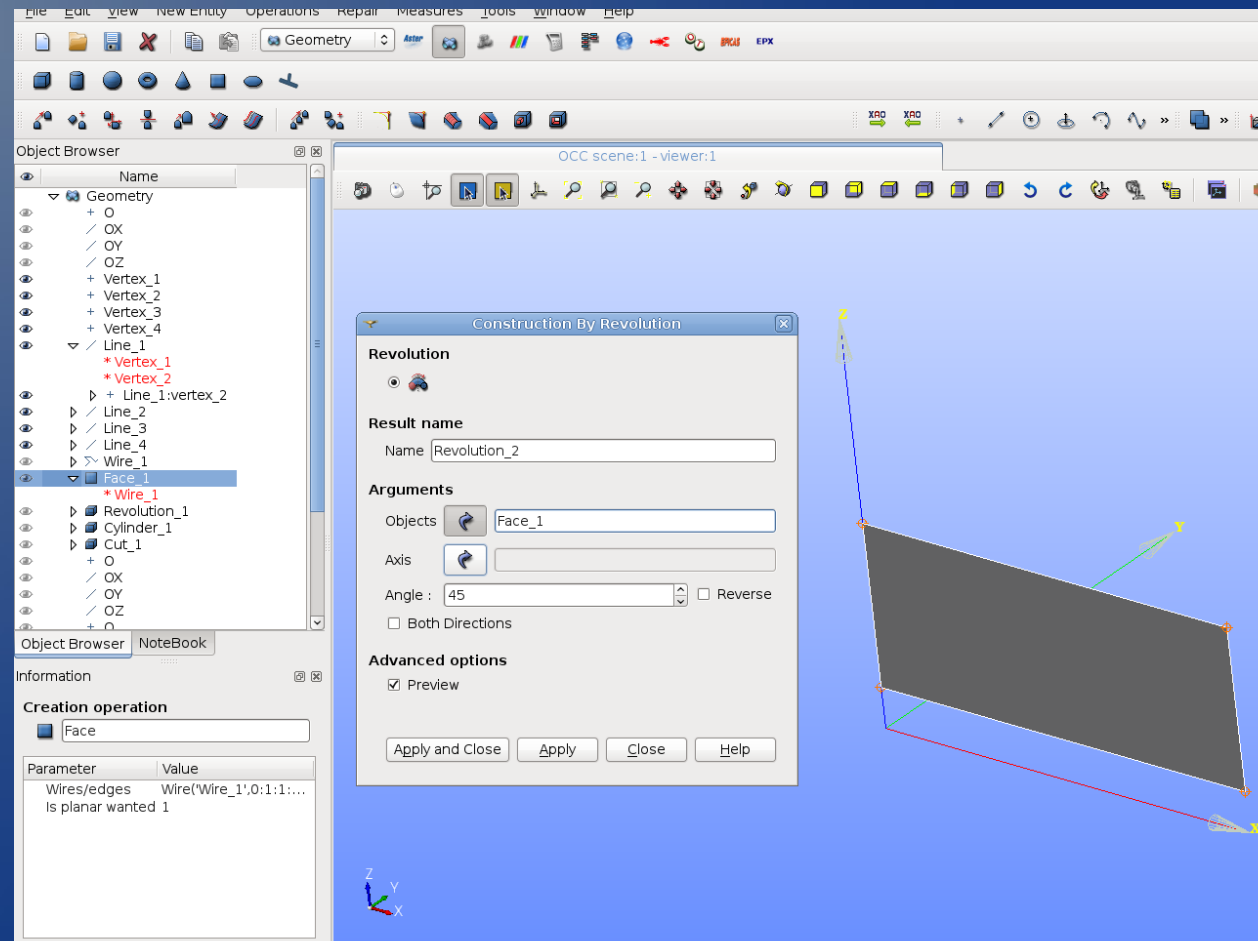
- Creiamo una superficie piana con la sequenza: new entity/build/face
- nella maschera inseriamo il filo creato in precedenza





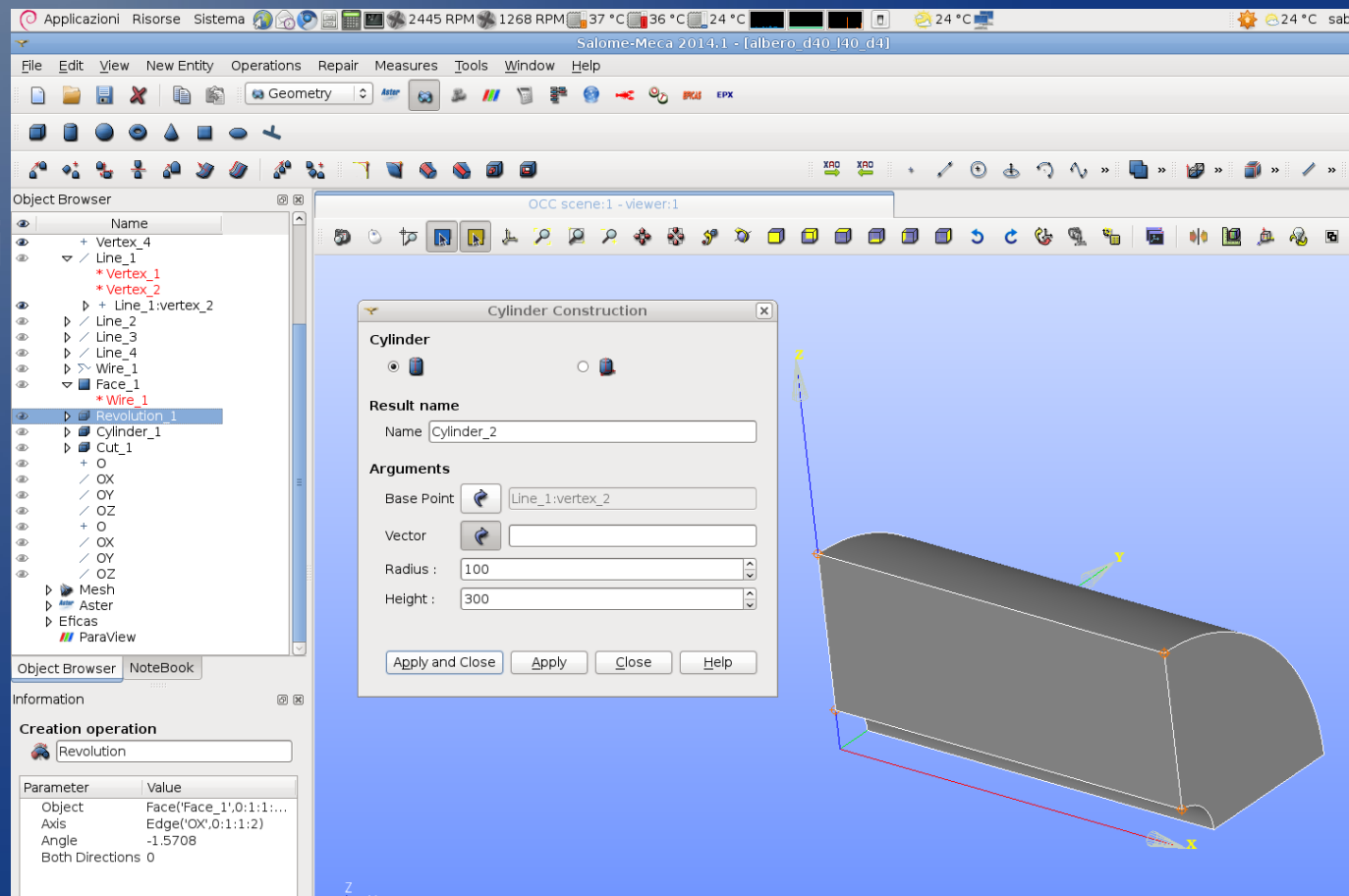
# Generiamo il volume

- La sequenza: new entity/generation/revolution apre la maschera del comando
- Con una operazione di estrusione rotazionale generiamo l'albero con il foro assiale
- Selezioniamo la faccia creata e l'asse "OX" presente nello "object browser"
- Infine inseriamo l'angolo di rotazione pari a  $90^\circ$



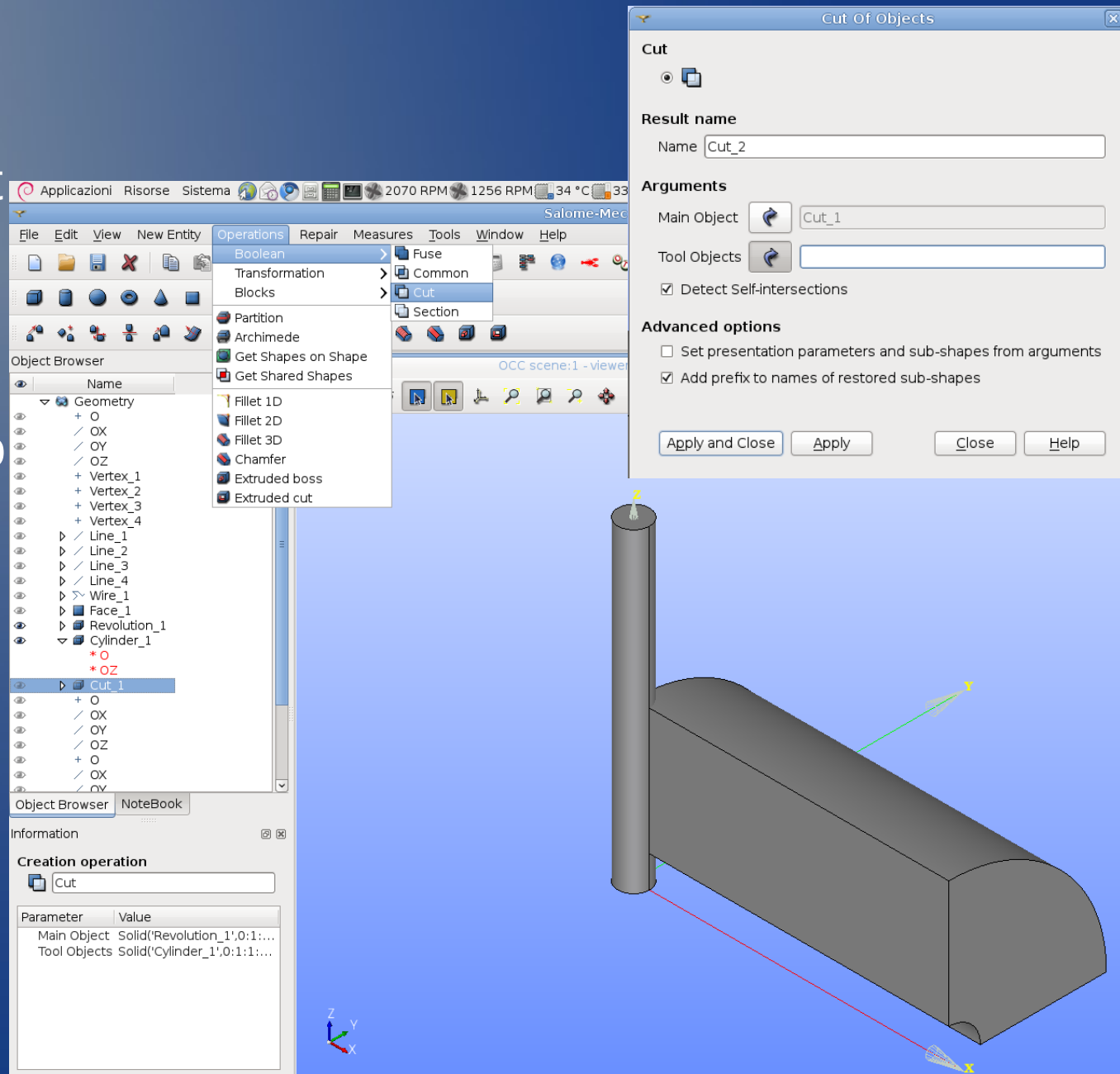
# Il foro trasversale

- New entity/primitives/cylinder genera un cilindro
- Scegliamo il cilindro orientato
- Diamo come “base point” l'origine “O” degli assi
- Come asse del cilindro scegliamo l'asse cartesiano “OZ”
- Diamo il raggio “rft” e l'altezza pari a 40
- Creiamo un cilindro verticale da sottrarre a quello orizzontale creato



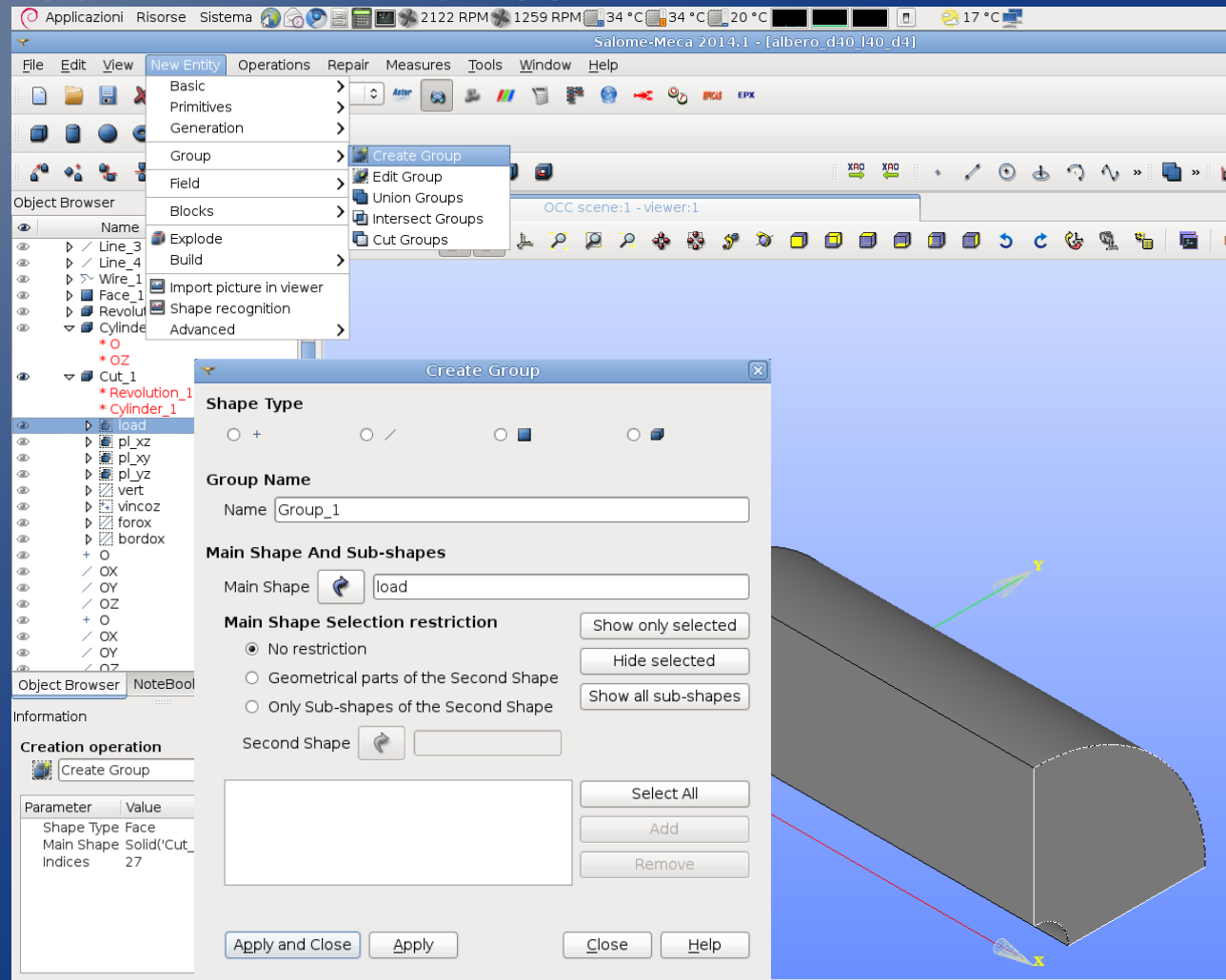
# Sottrazione booleana

- La sequenza: operations/boolean/cut produce una sottrazione fra il solido “main” e il solido “tool”
- Selezioniamo il cilindro dia 40 come main object ed il cilindro verticale dia 4 come tool object



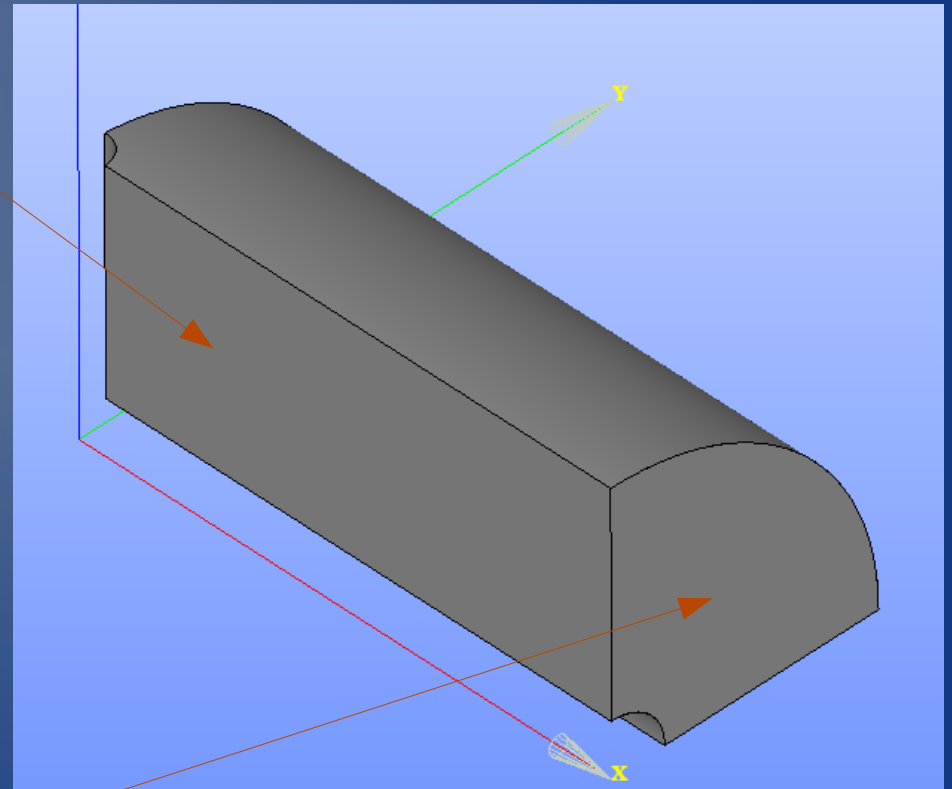
# I gruppi

- Conviene creare gruppi di linee, superfici o volumi, su cui applicare vincoli e carichi nel file di comando o su cui visualizzare i risultati
- Creare gruppi in eccesso non comporta problemi
- La sequenza: new entity/group/create group apre la maschera per selezionare le entità appartenenti al gruppo



# Gruppi per le condizioni al contorno

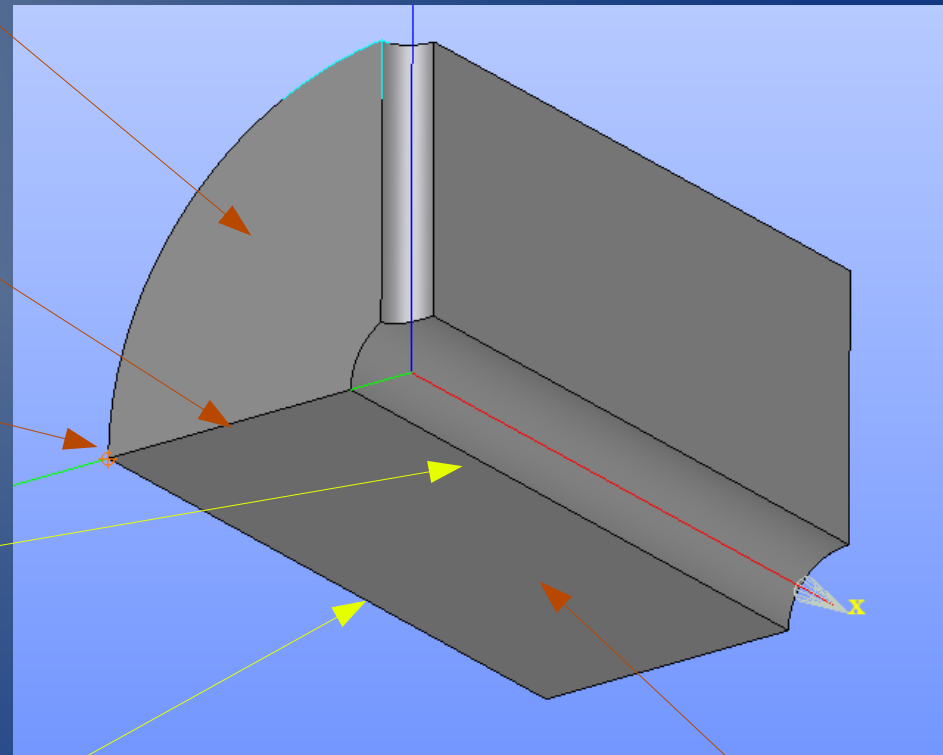
- Gruppo superficie “pl\_xz”  
al quale applicheremo  
vincoli ai gradi di libertà



- Gruppo superficie “load”  
al quale applicheremo i  
carichi

# Gruppi per le condizioni al contorno

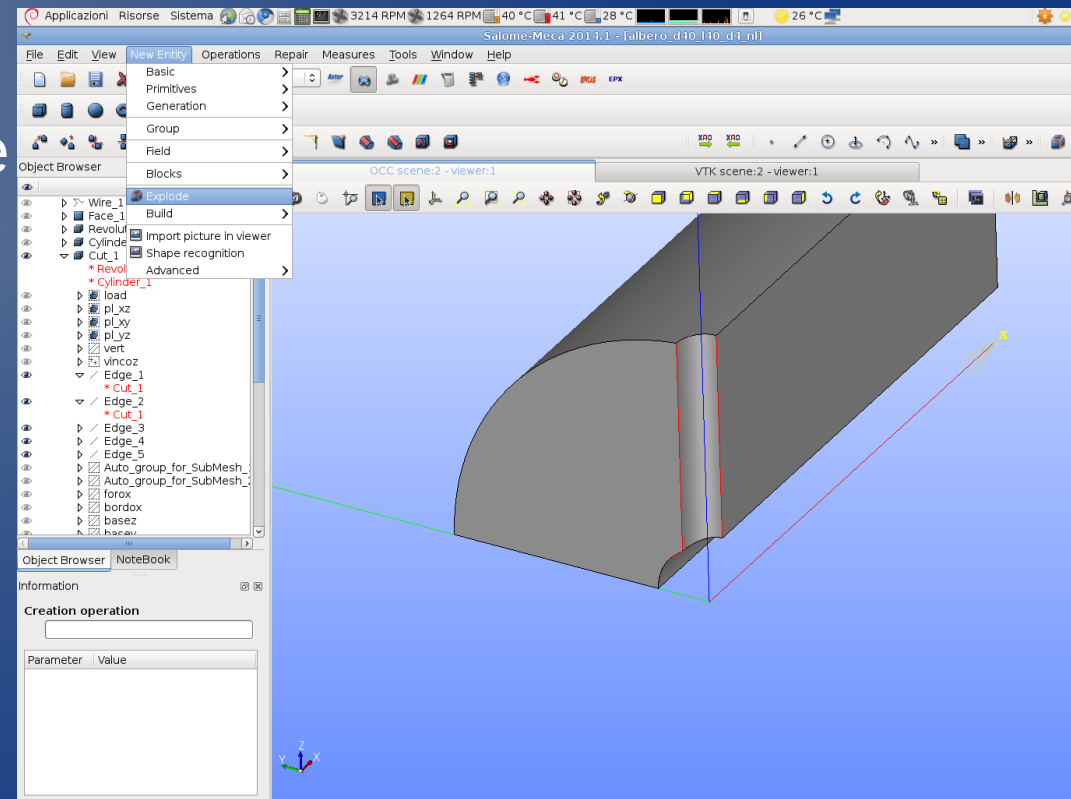
- Gruppo superficie “pl\_yz” per vincoli ai g.d.l.
- Gruppo linea “vert” intersezione fra pl\_yz e fra pl\_xy per g.d.l.
- Gruppo nodo “vincoz” per vincoli ai g.d.l.
- Gruppo linea “foro\_x” per visualizzare risultati
- Gruppo linea “bordox” per visualizzare risultati



- Gruppo superficie “pl\_xy” per vincoli ai g.d.l.

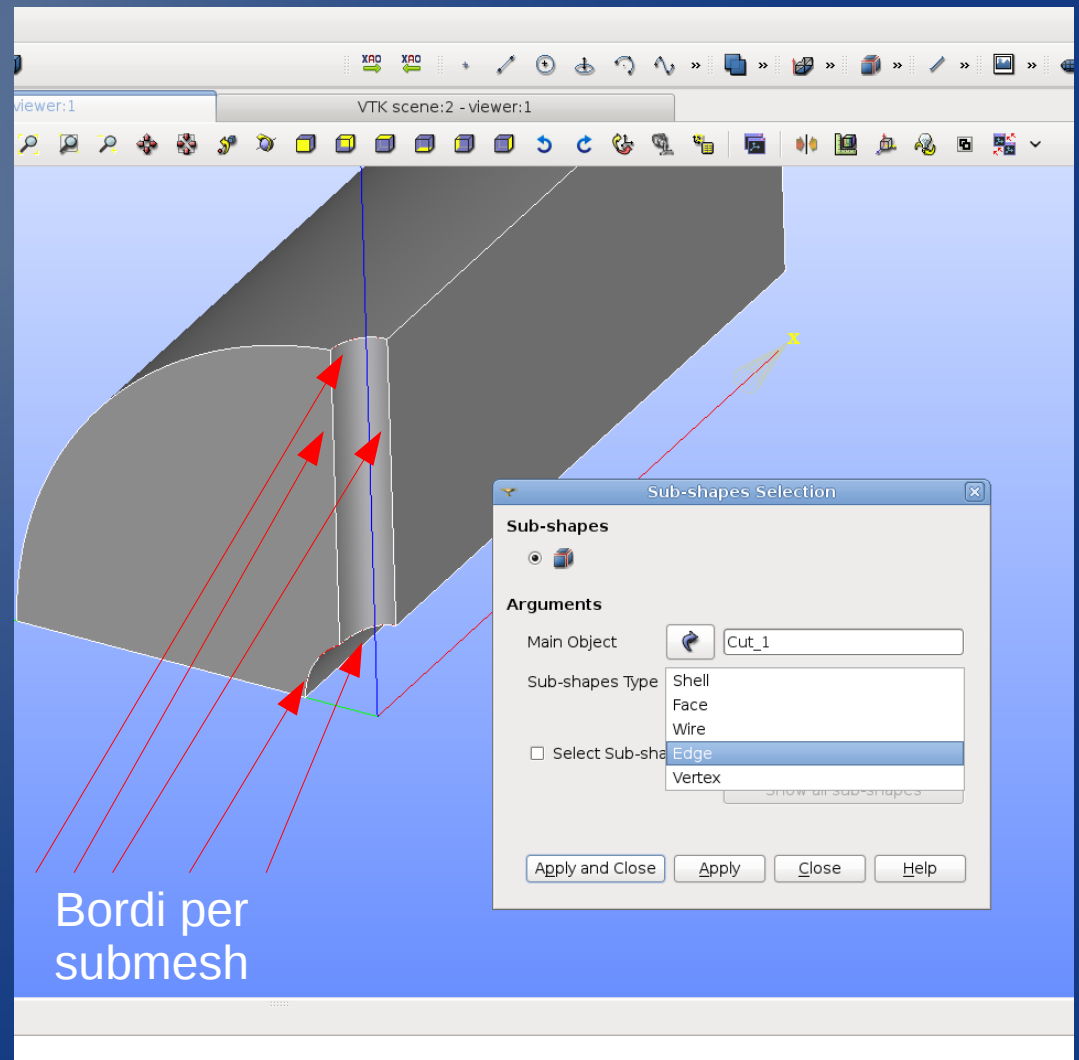
# Entità per submesh

- La sequenza new entity/explode permette di creare delle sotto-geometrie visibili nel modulo mesh
- Su di esse sarà possibile variare i parametri di mesh



# Entità per submesh

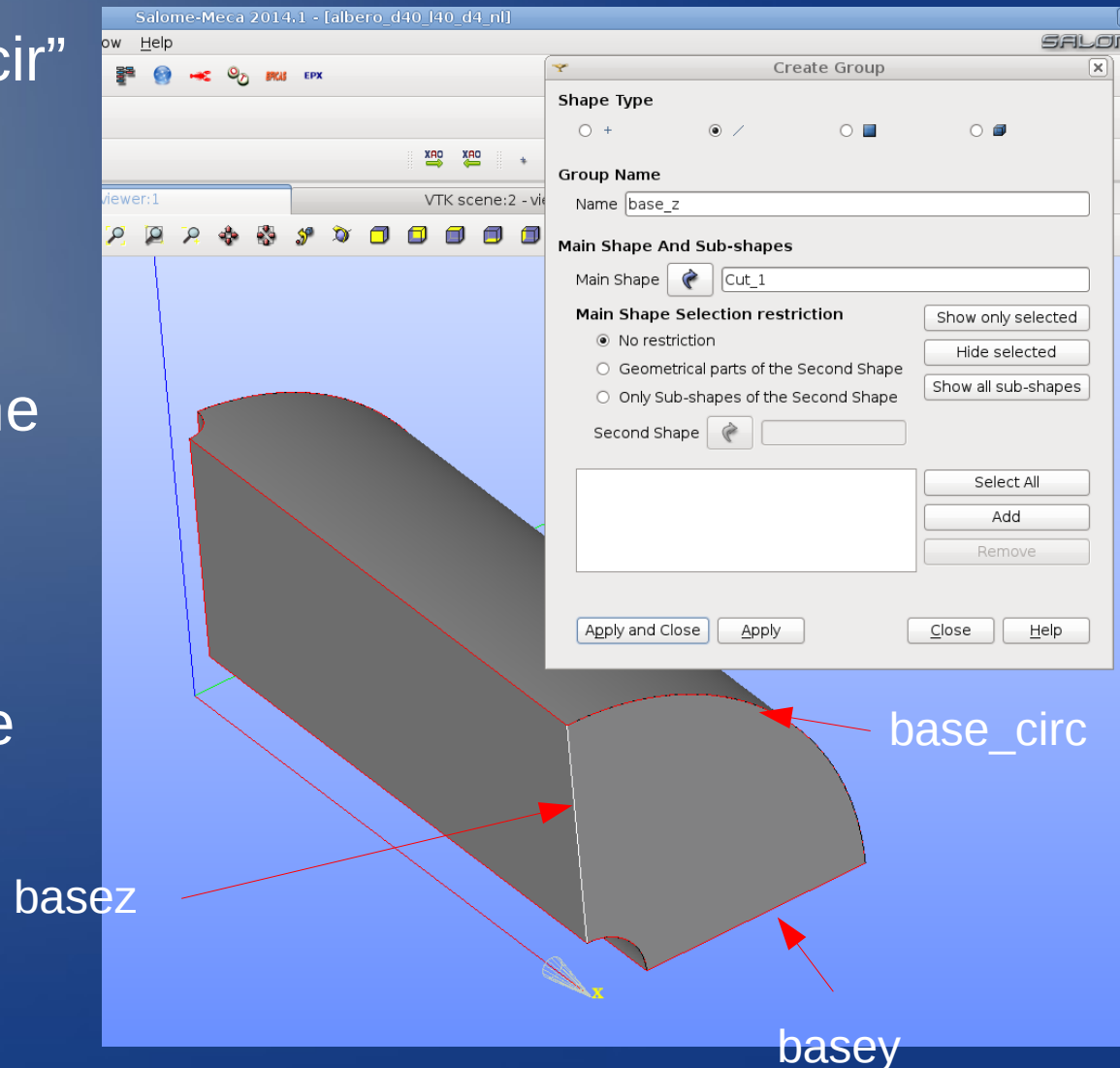
- Scegliamo il volume risultante dalla booleana come “main object”
- come “sub shape type” scegliamo “Edge”
- Scegliamo i 4 bordi del foro trasversale ed il bordo del foro assiale
- I bordi scelti saranno presenti nello “object browser”





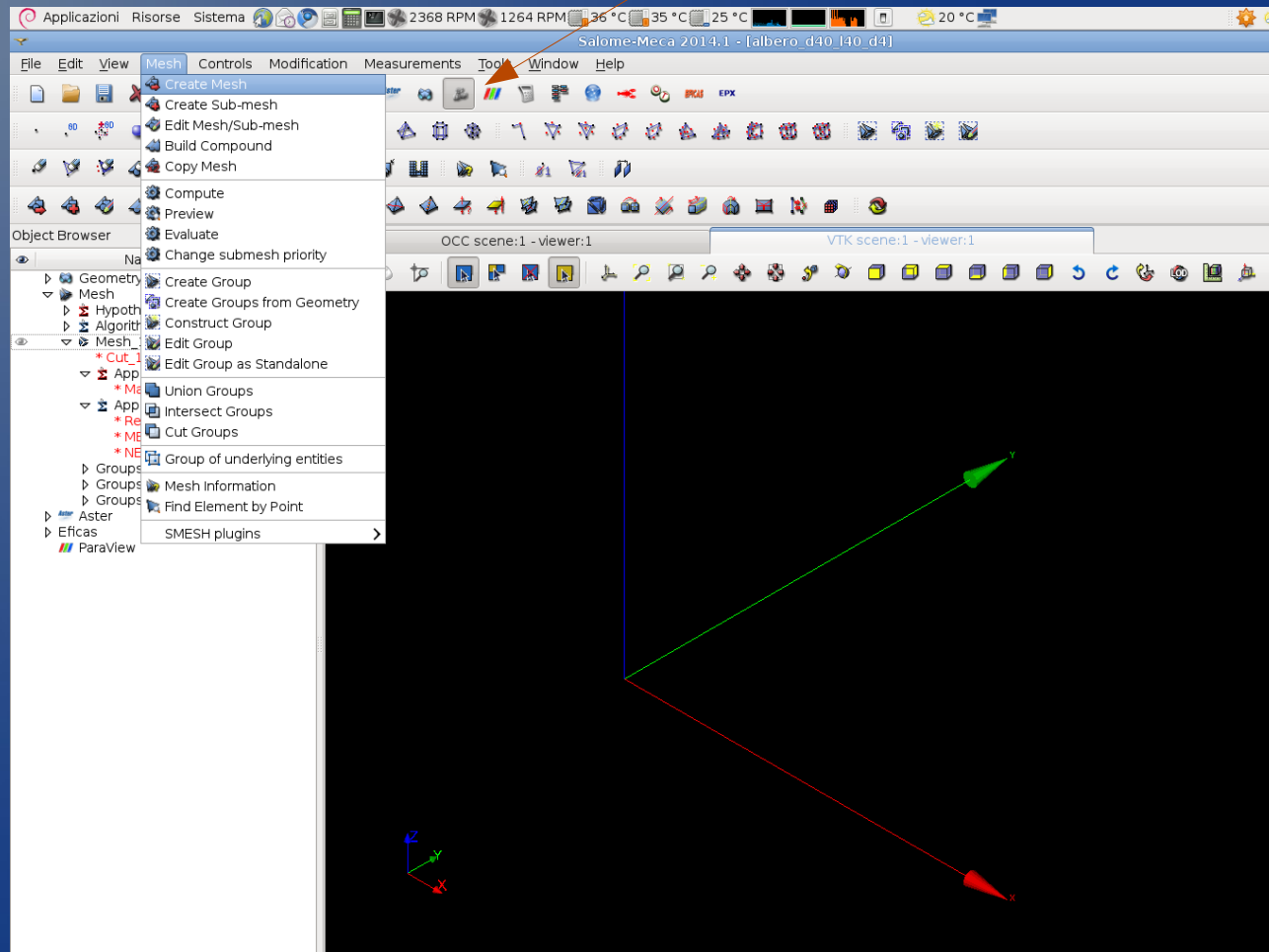
# Ulteriori gruppi per il post processing

- Creiamo il gruppo bordo “basez”, “basey” e “base\_cir” sulla superficie “load”
- New entity/create group
- Scegliamo “edge” come “shape type”, diamo il nome e scegliamo “cut\_1” come “main shape”
- Dalla finestra grafica scegliamo il bordo, bottone “add” ed infine “apply”



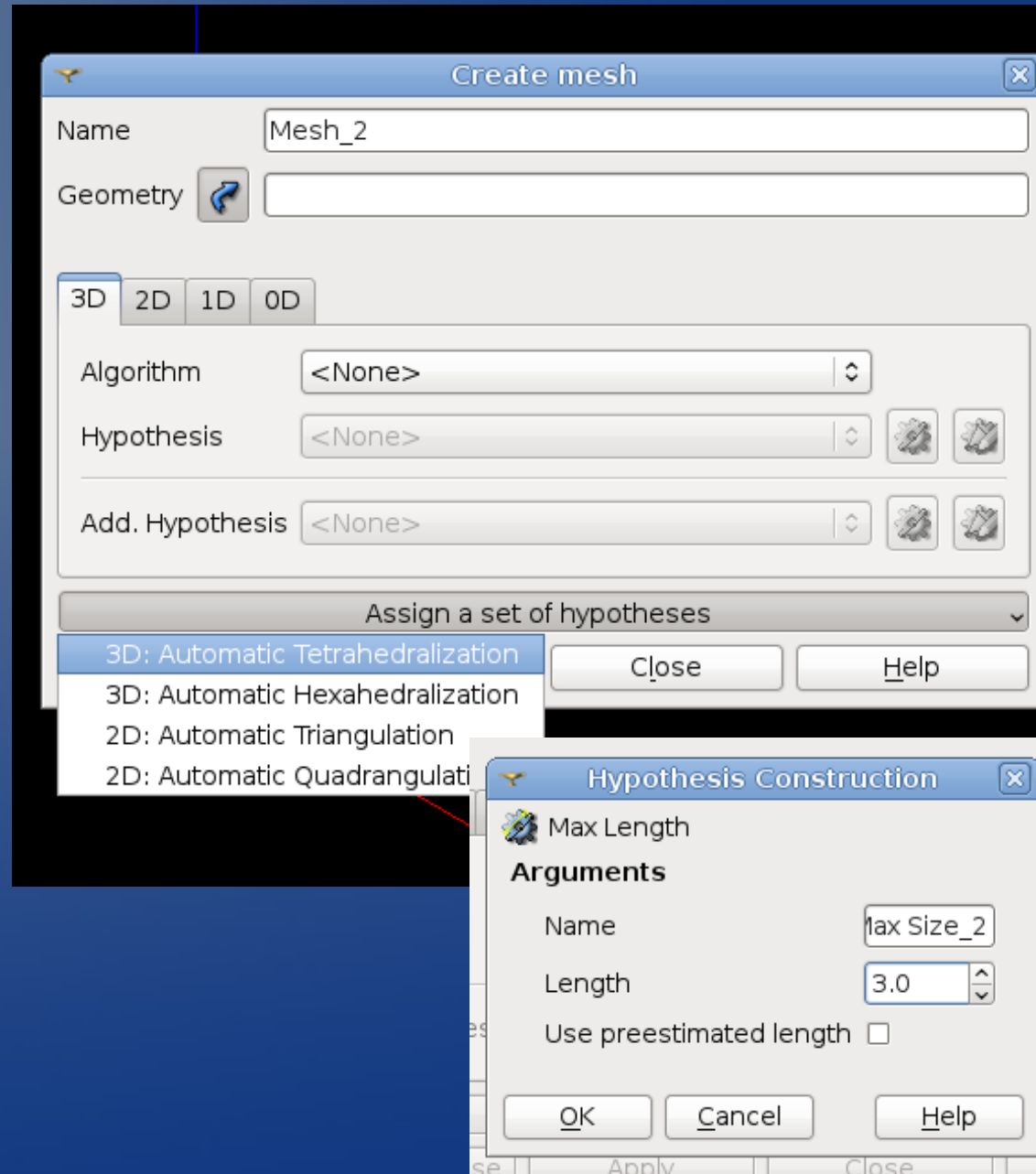
# Modulo Mesh

- Serve specificare una geometria su cui realizzare la maglia ed il tipo di algoritmo che suddividerà gli spigoli, le superfici ed i volumi
- Nella barra alta un click sull'icona mesh apre il modulo per realizzare la maglia di elementi
- Viene realizzata una maglia con elementi monodimensionali sulle linee, bidimensionali sulle superfici e tridimensionali sui volumi.
- Il file di comando legge tutti gli elementi ma se non si attribuisce loro rigidezza non partecipano al calcolo



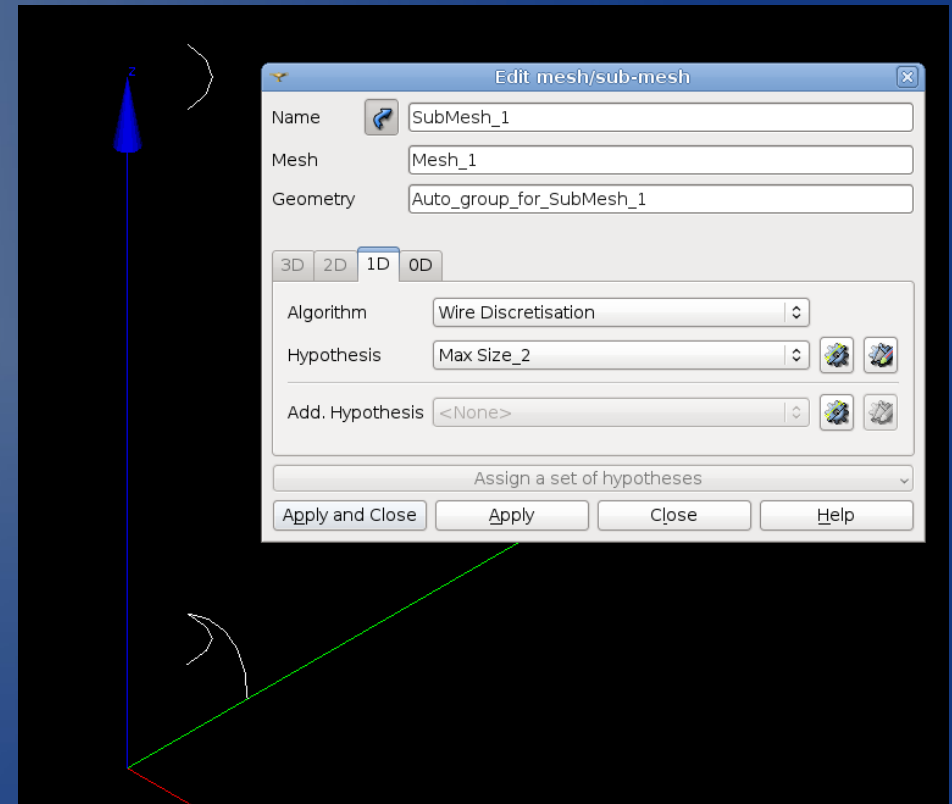
# Assegniamo le proprietà alla mesh

- La sequenza: mesh/create mesh apre la maschera per inserire la geometria e gli algoritmi
- Scegliamo la geometria “cut1” risultante dalla booleana
- Scegliamo il “set of hypotheses” “automatic tetrahedralization” che genererà tetraedri sul volume del cilindro creato
- Impostiamo una “max length” pari a 3



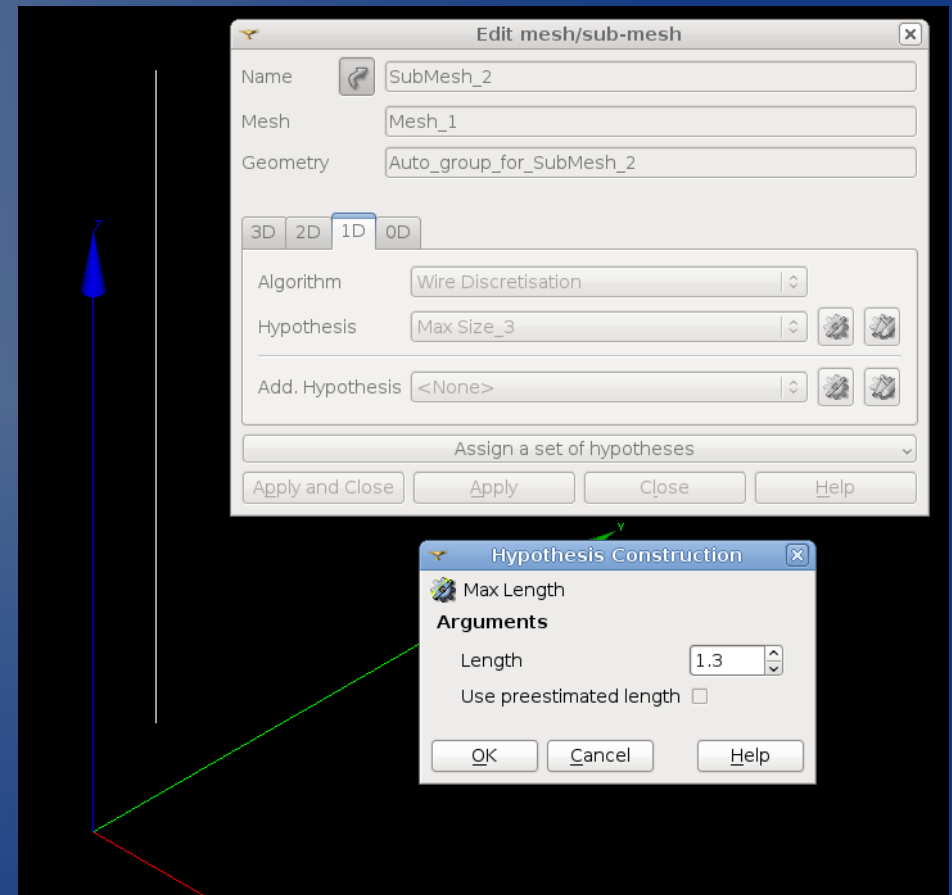
# Creiamo una sub mesh

- New/create/mesh o submesh apre la maschera per creare una sub mesh
- Occorre specificare: il nome della sub mesh, la mesh madre e la geometria su cui applicare i parametri di mesh
- Scegliamo il gruppo con i bordi curvi del foro trasversale
- Click sul bottone “hypothesis construction” permette di impostare la lunghezza massima dell'elemento. Poniamola uguale a 1



# Creiamo una seconda sub mesh

- New/create/mesh o submesh apre la maschera per creare una sub mesh
- Scegliamo il gruppo con le linee verticali “esplose” nel modulo geom
- Poniamo la lunghezza massima dell'elemento su tale linea pari a 1,3



# Calcoliamo la mesh

- Risultati e riassunto degli elementi creati
- Click destro su mesh\_1 nello “object browser” e poi “compute” lancia il calcolo della mesh

Mesh computation succeed

**Compute mesh**

Name  
Mesh\_1

**Mesh Infos**

	Total	Linear	Quadratic
<b>Nodes :</b>	1134		
<b>0D Elements :</b>	0		
<b>Balls :</b>	0		
<b>Edges :</b>	114	114	0
<b>Faces :</b>	1554	1554	0
Triangles :	1554	1554	0
Quadrangles :	0	0	0
Polygons :	0		
<b>Volumes :</b>	4151	4151	0
Tetrahedrons :	4151	4151	0
Hexahedrons :	0	0	0
Pyramids :	0	0	0
Prisms :	0	0	0
Hexagonal prisms :	0		
Polyhedrons :	0		

Close

Salome-Meca 2014.1 - [albero\_d40\_l40\_d4]

File Edit View Mesh Controls Modification Measurements Tools Window Help

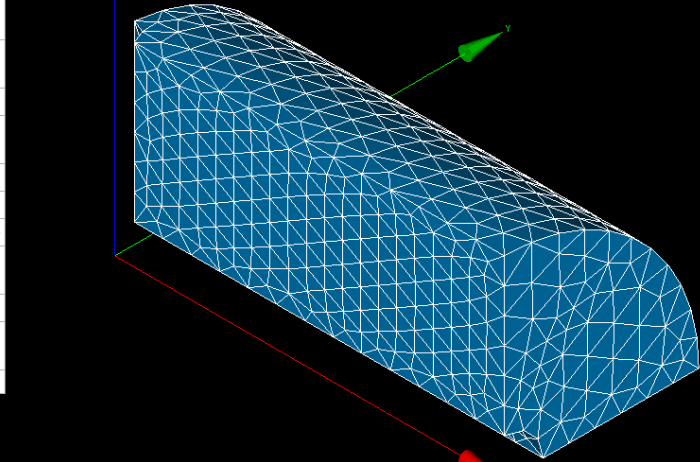
Object Browser

- Line\_3
- Line\_4
- Wire\_1
- Face\_1
- Revolution\_1
  - Cylinder\_1
    - O
    - OZ
  - Cut\_1
    - Revolution\_1
    - Cylinder\_1
  - load
  - pl\_xz
  - pl\_yx
  - pl\_yz
  - vert
  - vincoz
  - forox
  - bordox
  - +
  - O
  - OY
  - OZ
  - +
  - O
  - OY
  - OZ
  - +
  - O
  - OY
  - OZ
- Mesh
  - Hypotheses
  - Algorithms
  - Mesh\_1
    - Cut\_1
    - Applied hypotheses
      - Max Size\_1
    - Applied algorithms
      - Regular\_1D
      - MEFISTO\_2D
      - NETGEN\_3D
    - Groups of Nodes

Context menu for Mesh\_1:

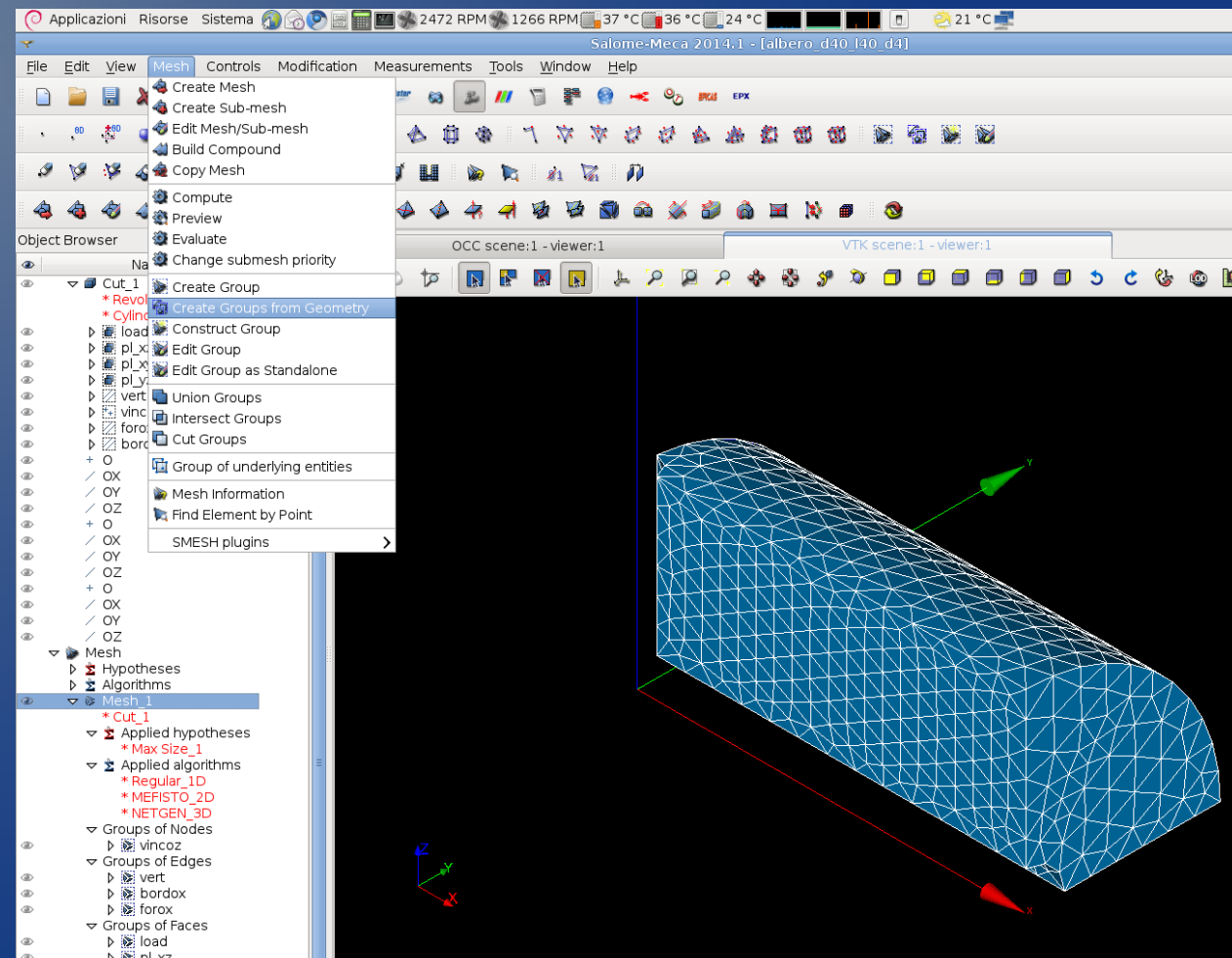
- Rename
- Create Sub-mesh
- Edit Mesh/Sub-mesh
- Compute**
- Preview
- Evaluate
- Change submesh priority
- Update
- Mesh Information
- Find Element by Point
- Overall Mesh Quality
- Create Group
- Create Groups from Geometry
- Clear Mesh Data
- Convert to/from quadratic
- Create boundary elements
- Delete (Del)
- Auto Color
- Export
- Hide
- Show Only
- Refresh (F5)
- Expand All
- Collapse All
- Find (Ctrl+F)

1 - viewer:1 VTK scene:1 - viewer:1



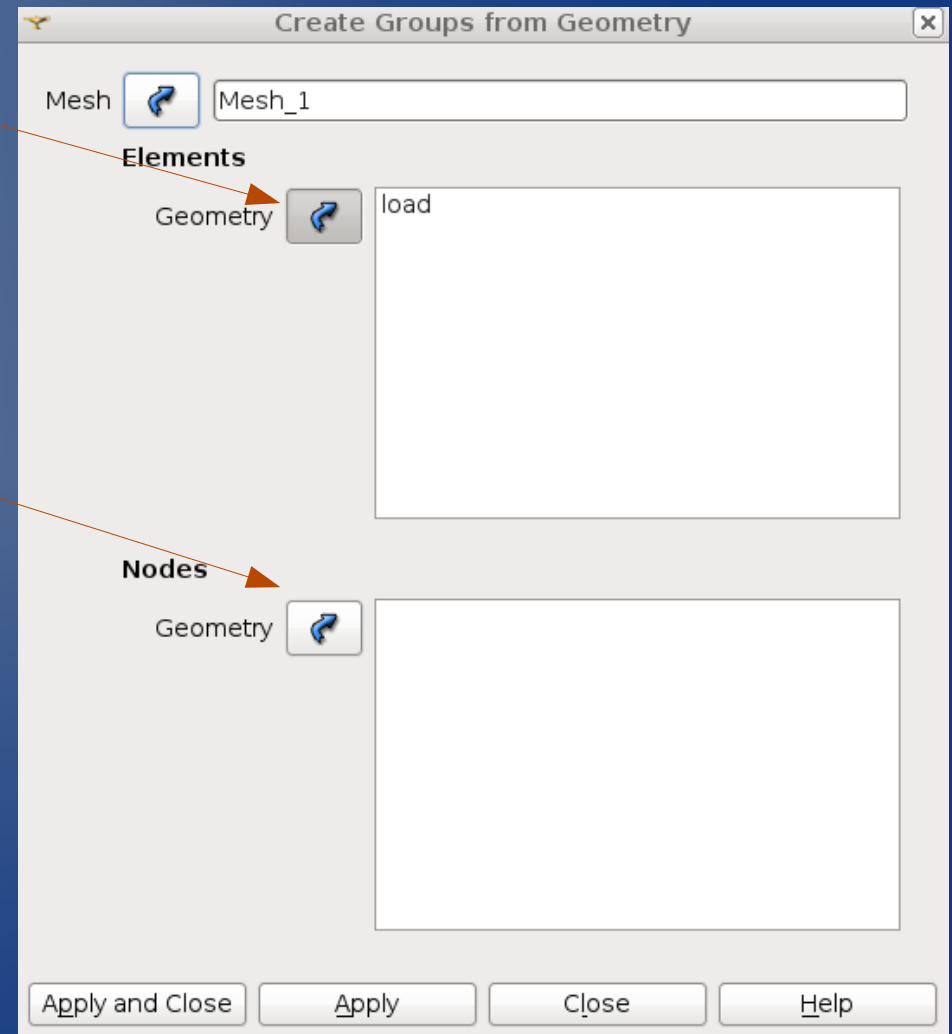
# Gruppi dalla geometria

- La sequenza:  
mesh/create groups  
from geometry
- permette di replicare i  
gruppi creati nella  
geometria



# Gruppi dalla geometria

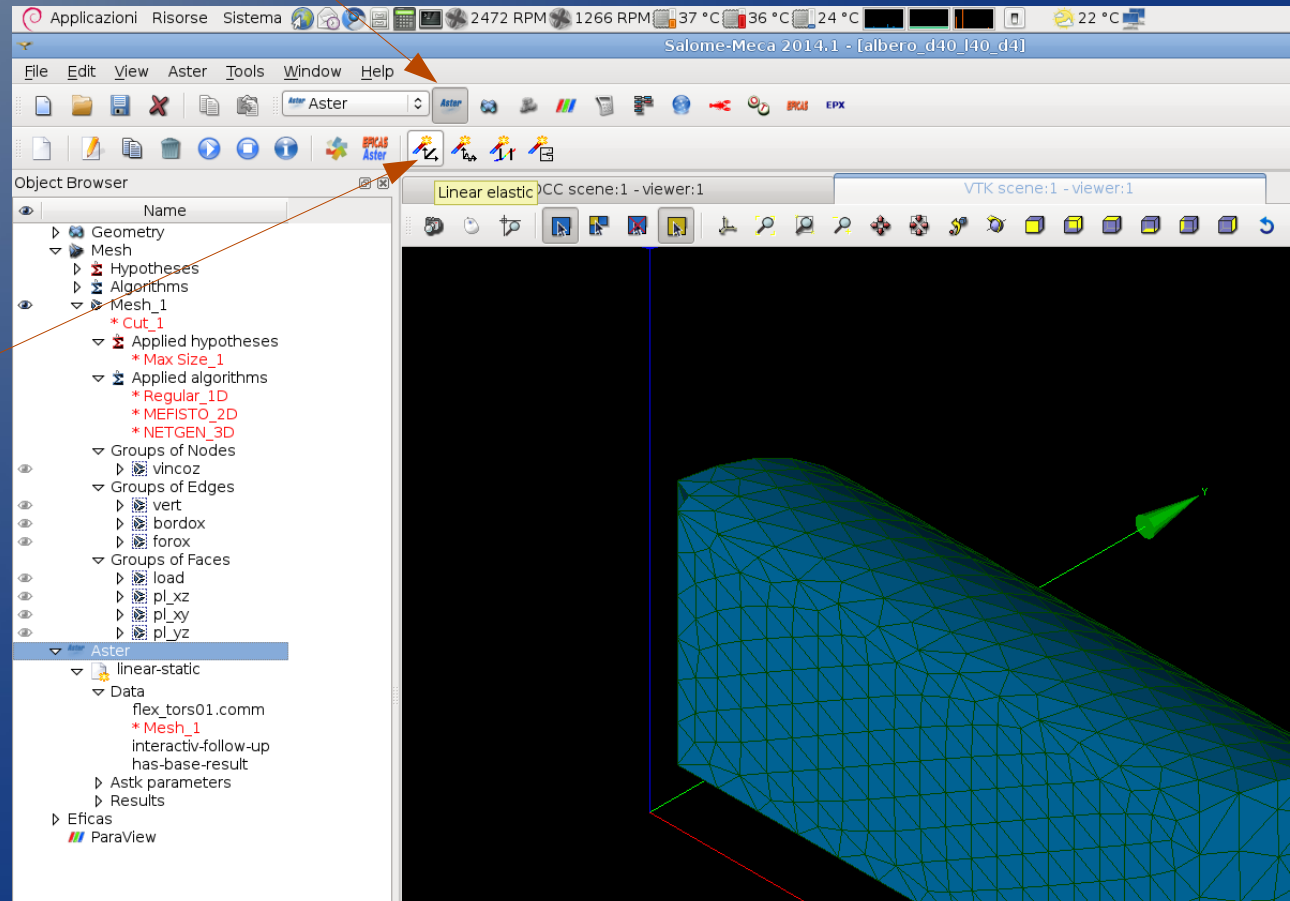
- Sopra si scelgono i gruppi creati nella geometria che diventeranno gruppi di elementi monodimensionali o bidimensionali
- Sotto si scelgono i gruppi creati nella geometria che diventeranno gruppi di nodi
- I gruppi creati sono visibili nello “object browser”
- E' comoda la selezione dei gruppi geometrici da “object browser”





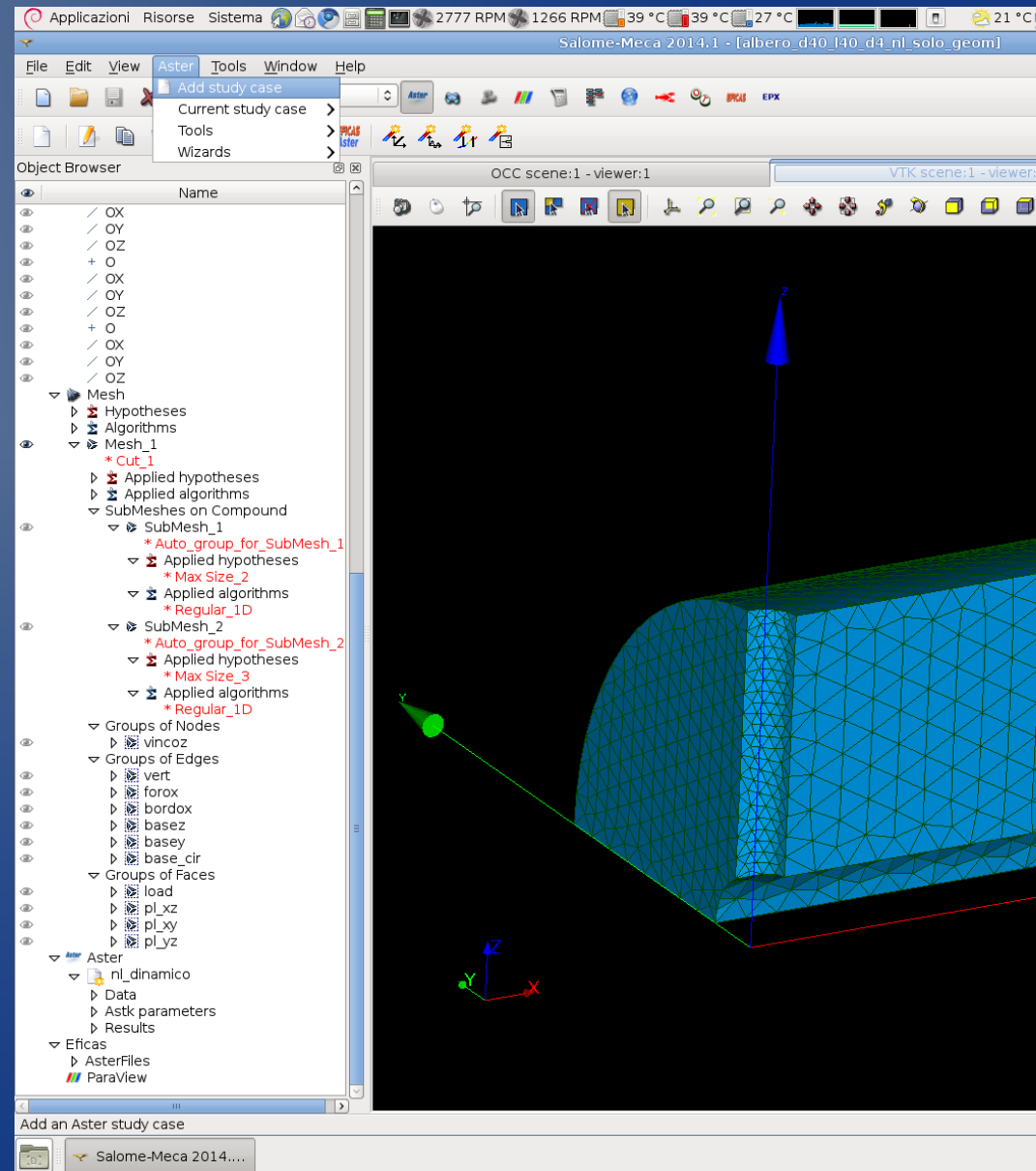
# Modulo aster

- Click sul bottone “aster”
- Attiviamo il modulo per la preparazione di uno studio. Esso si compone principalmente di una mesh e di un file di comando
- Per creare lo studio utilizziamo il “wizard” linear elastic. Poi modificheremo il file di comando con l'editor “eficas”



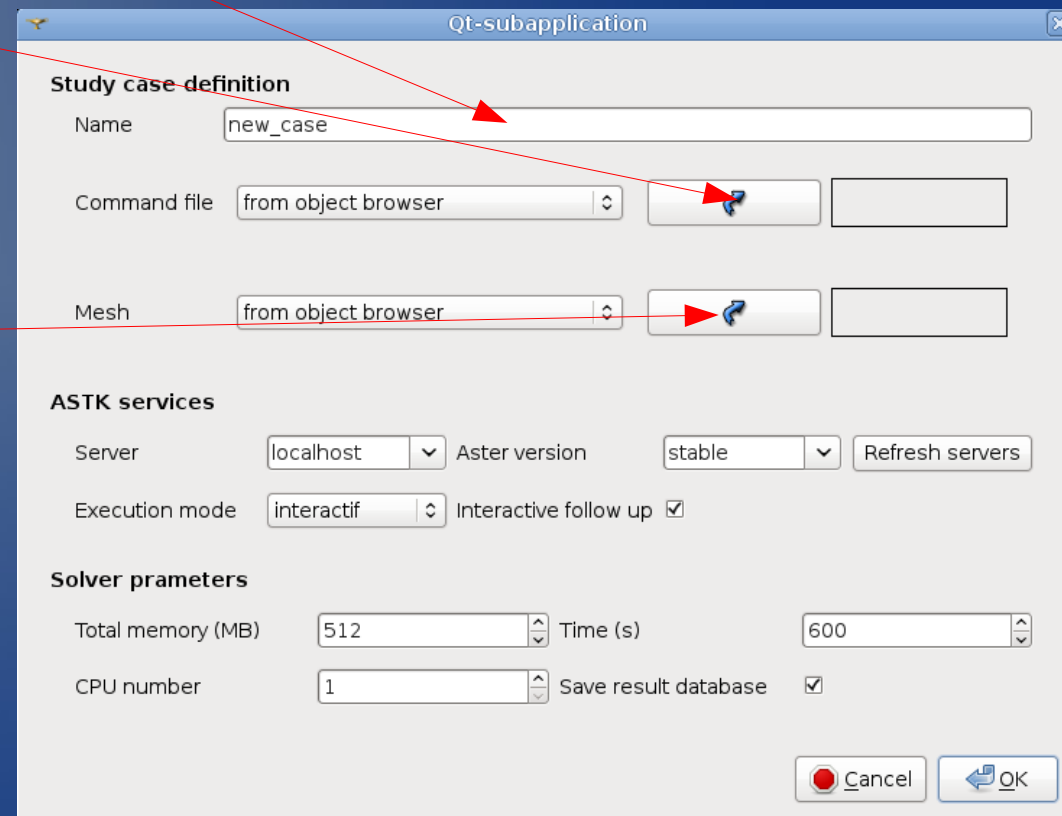
# Creiamo uno studio

- Aster/add study case apre la maschera per definire un nuovo studio, ovvero l'insieme di mesh, file di comando e parametri di calcolo



# Inseriamo file di comando e mesh

- Assegniamo un nome allo studio ad esempio “nl-dinamico”
- Scegliamo il file di comando dell'esercizio lineare elastico dopo avergli cambiato nome e copiato nella directory di lavoro
- Dallo “object browser” scegliamo la mesh creata in precedenza
- Impostiamo i parametri di calcolo quali il tempo massimo di calcolo e la ram da riservare per il calcolo



# Parametri di calcolo

- Lasciare sbazzata la casella “interactive follow up” che mostra in tempo reale l'output del solutore
- Lasciare sbazzata anche la casella “save result data base” per salvare il data base dei risultati accessibile poi in fase di post processing con lo strumento “stanley”
- Impostare memoria sufficiente a contenere il problema ed un tempo ragionevole per la sua soluzione

Qt-subapplication

**Study case definition**

Name: linear-static0

Command file: from disk | e:/roberto/Documenti/studi/albero\_flex\_tors/flex\_tors.comm

Mesh: from object browser | Mesh\_1

**ASTK services**

Server: localhost | Aster version: stable | Refresh servers

Execution mode: interactif | Interactive follow up:

**Solver parameters**

Total memory (MB): 512 | Time (s): 600

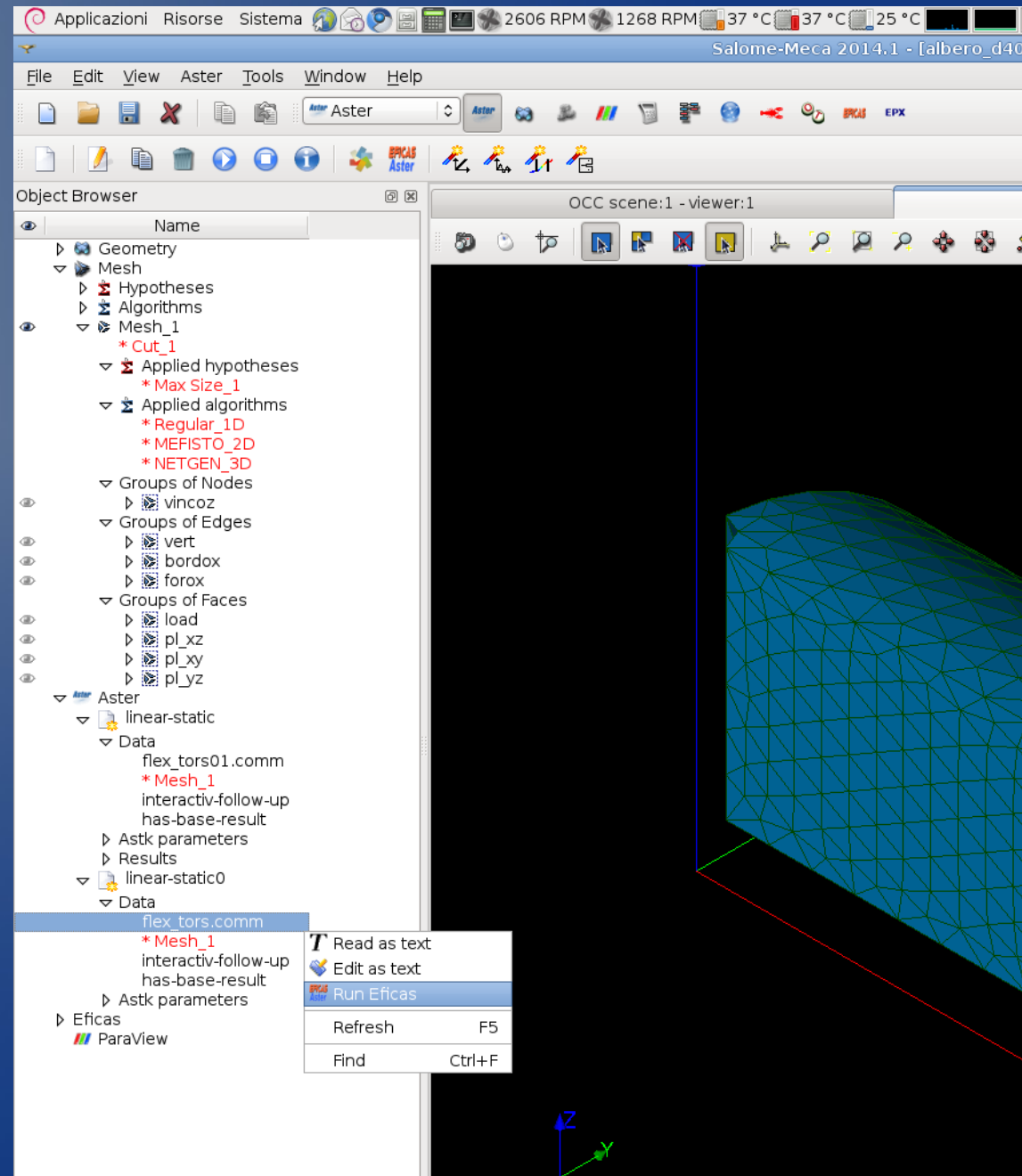
CPU number: 1 | Save result database:

Cancel OK

- Se disponibili, scegliere più processori per velocizzare il calcolo

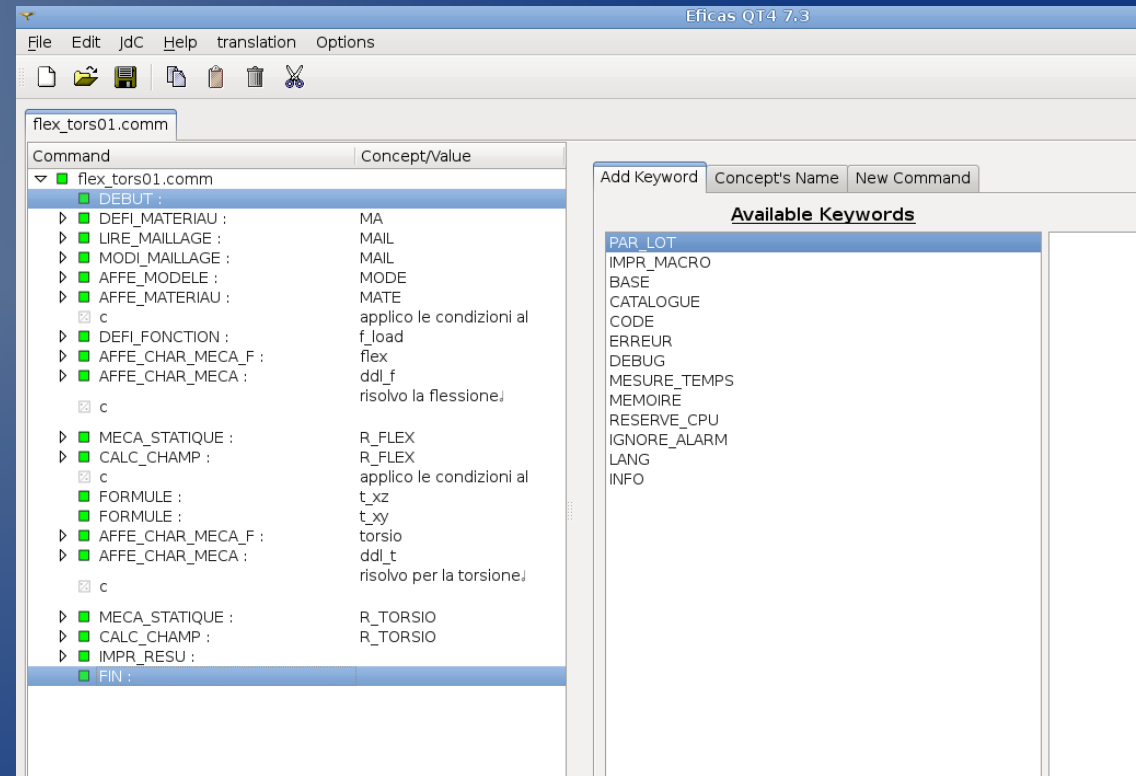
# Il file di comando

- Bottone destro sul nome file: flex\_tors01.comm poi scelgo “Run Eficas”
- Lancia l'editor dei file di comando che aiuta nella redazione delle istruzioni passate poi al solutore
- Eficas evita di commettere errori di sintassi ma non di concetto



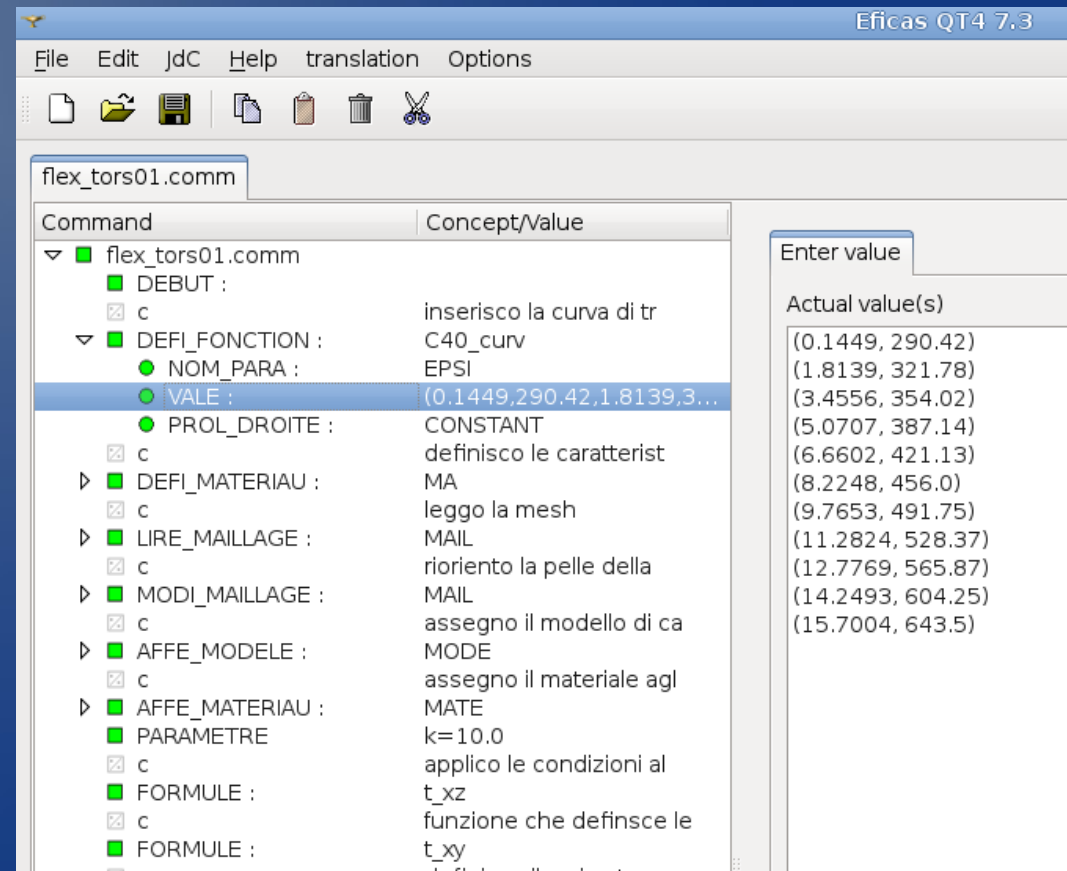
# Inizio e fine

- Il file di comando deve sempre avere un'istruzione di inizio "DEBUT" ed una di fine "FIN"
- DEBUT definisce il database e la posizione dei file, poi legge il catalogo degli elementi e dei comandi
- FIN comunica al solutore che il lavoro è finito
- Per riprendere un calcolo già eseguito si intesta il file di comando con "POURSUITE"



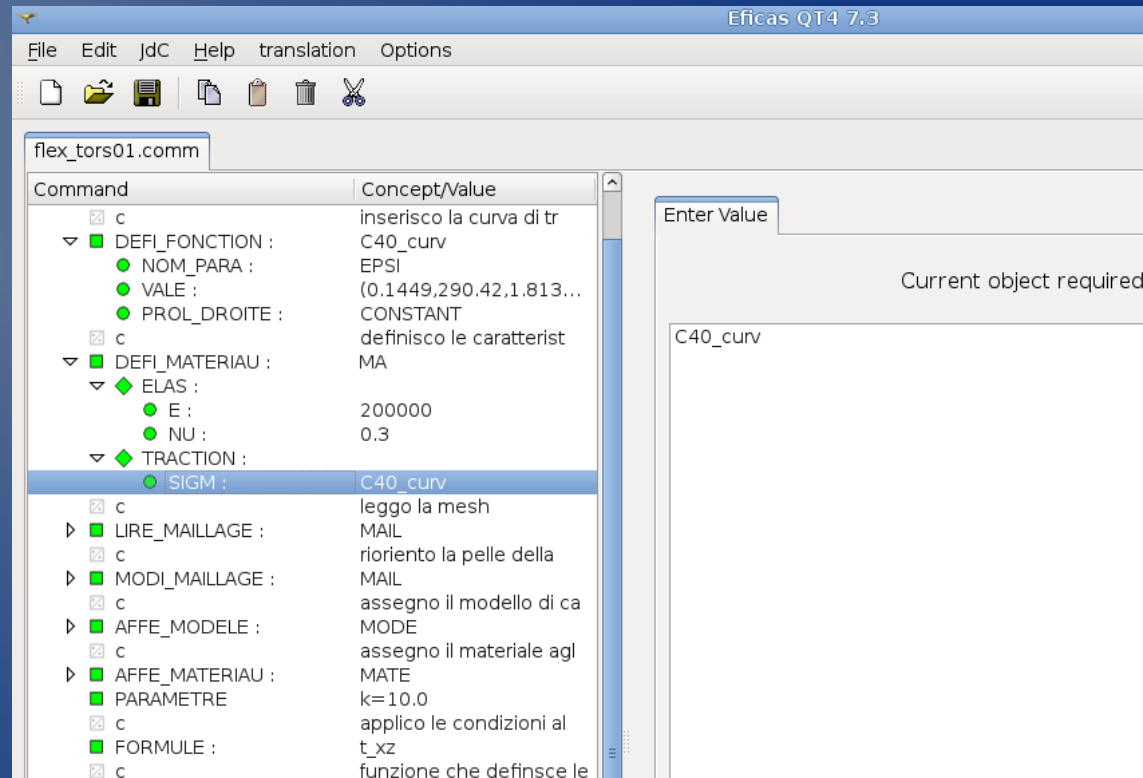
# Definiamo la curva di trazione del materiale

- DEFI\_FONCTION definisce una funzione per coppie di coordinate. La prima rappresenta l'ascissa, la seconda l'ordinata. Il codice interpola linearmente i valori intermedi fra i punti specificati.
- NOM\_PARA specifica l'ascissa nel nostro caso si tratta di una deformazione. Scegliamo EPSI
- PROL\_DROITE definisce il prolungamento della funzione a destra. Scegliamo CONSTANT
- La retta che passa per l'origine e la prima coppia di coordinate determina il modulo di elasticità del materiale



# Definiamo il materiale

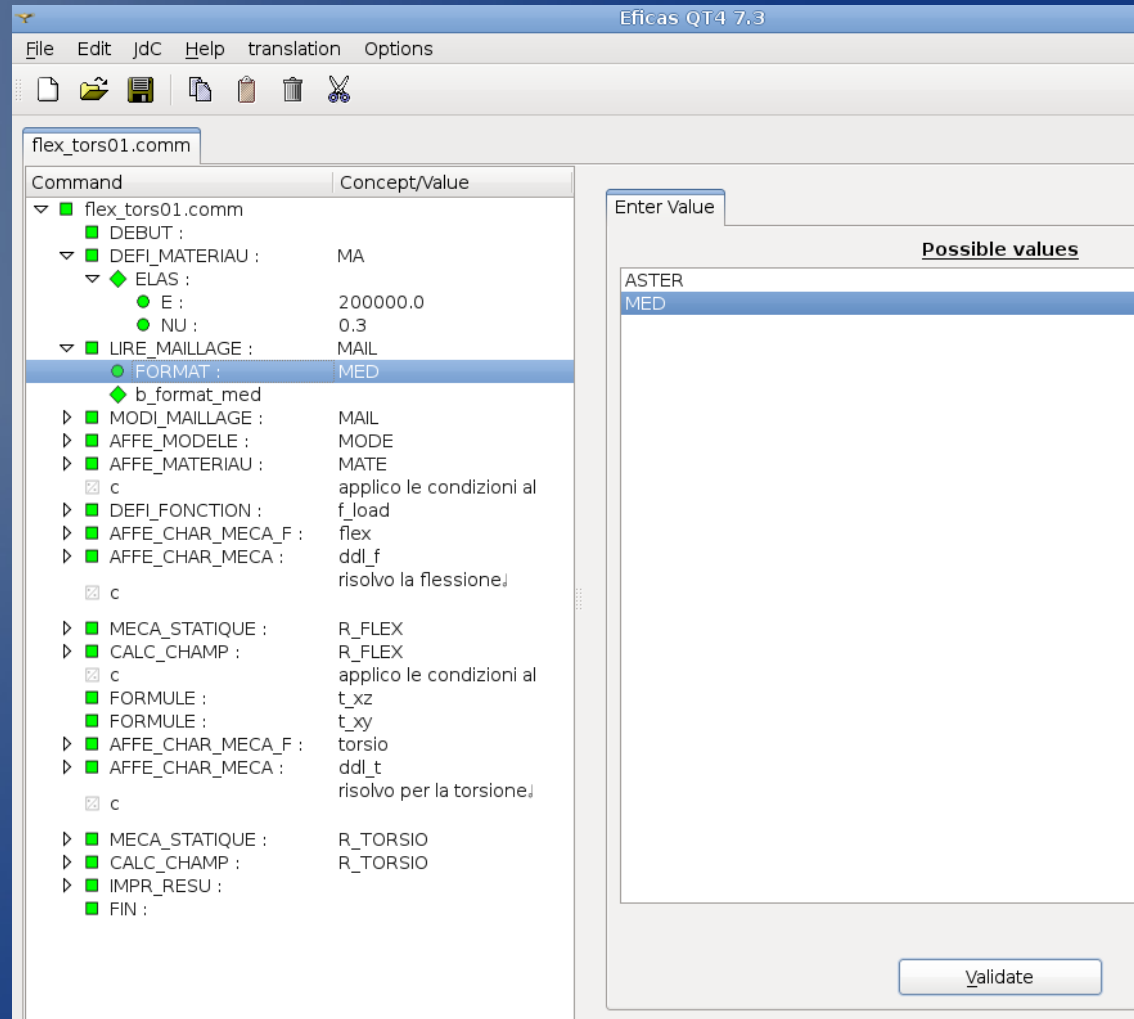
- Il comando “DEFI\_MATERIAU” definisce la caratteristiche del materiale
- Sotto la voce “ELAS” definiamo le costanti elastiche dell'acciaio
- Modulo di elasticità E pari a 200000 [MPa]
- coefficiente di poisson NU pari a 0.3
- Il comando TRACTION specifica la curva di trazione del materiale





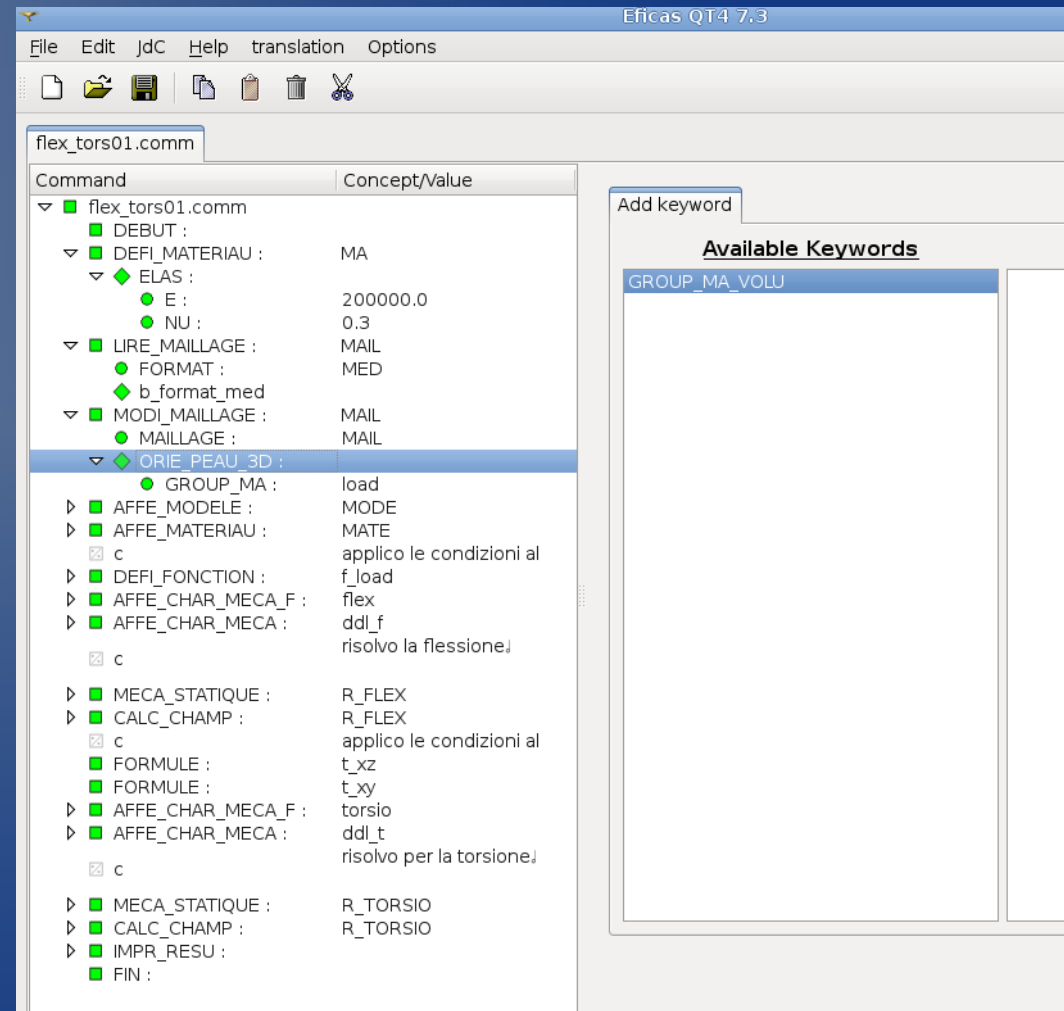
# Leggere la mesh

- Il comando “LIRE\_MALLAGE” legge la mesh
- Può leggere due formati di mesh: “ASTER” e “MED”
- Il modulo mesh ha generato una mesh in formato MED (media exchange data) pertanto selezioniamo questa opzione



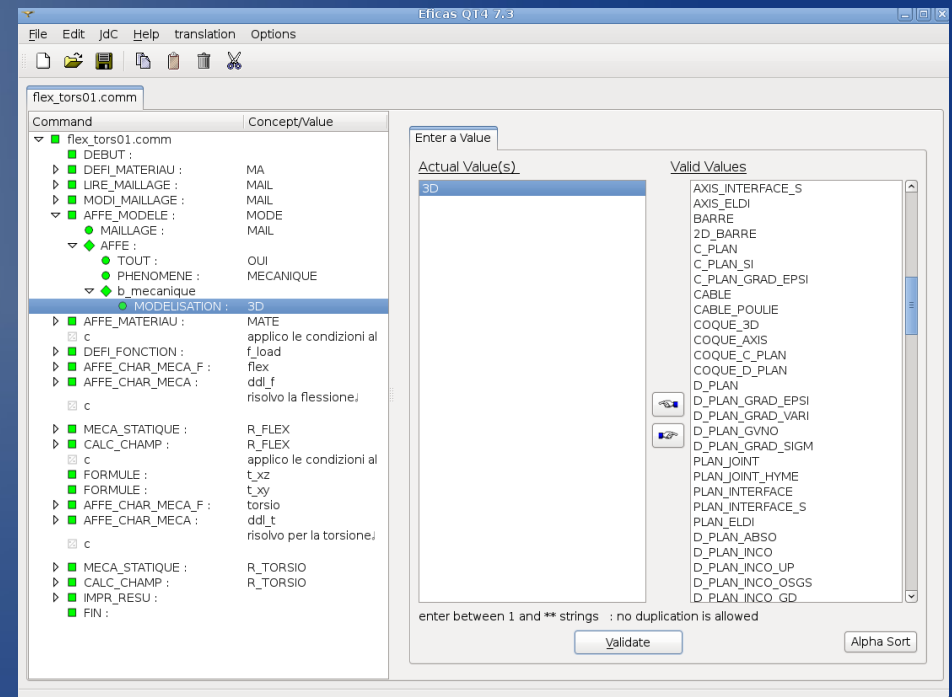
# Orientare la “pelle”

- Per essere sicuro di applicare una pressione nella direzione corretta, il wizard orienta gli elementi bidimensionali del gruppo “load” in modo che la normale sia uscente dal volume
- Si utilizza il comando `MODI_MALLAGE` ed il sotto comando `ORIE_PEAU_3D`



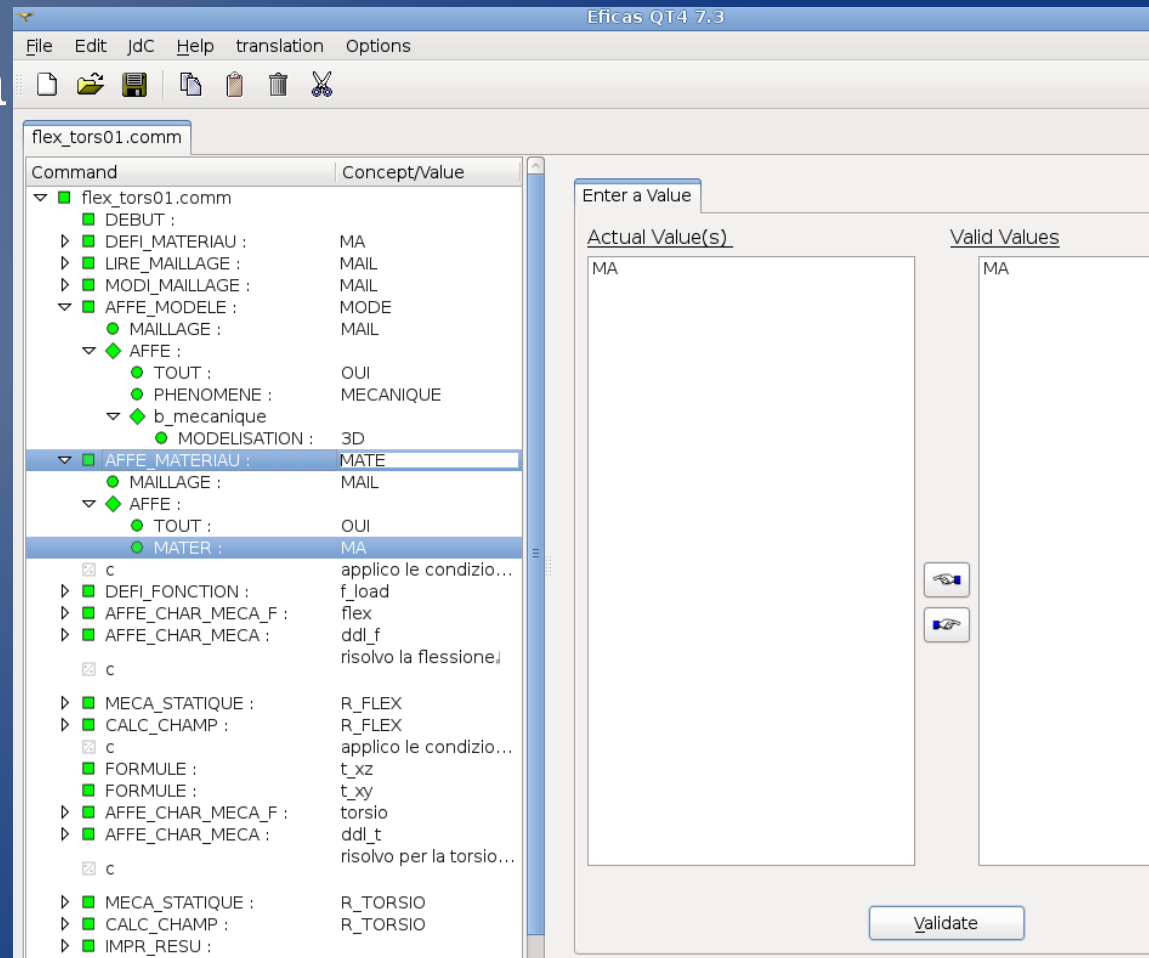
# Assegniamo un modello agli elementi

- Per specificare il modello di comportamento degli elementi si inserisce il comando `AFFE_MODELE`
- Assegniamo un fenomeno “MECCANICO” a tutta la mesh
- La voce “MODELISATION” assegna il comportamento degli elementi
- Gli elementi mono e bidimensionali sono esclusi dall'assegnazione e non parteciperanno al calcolo



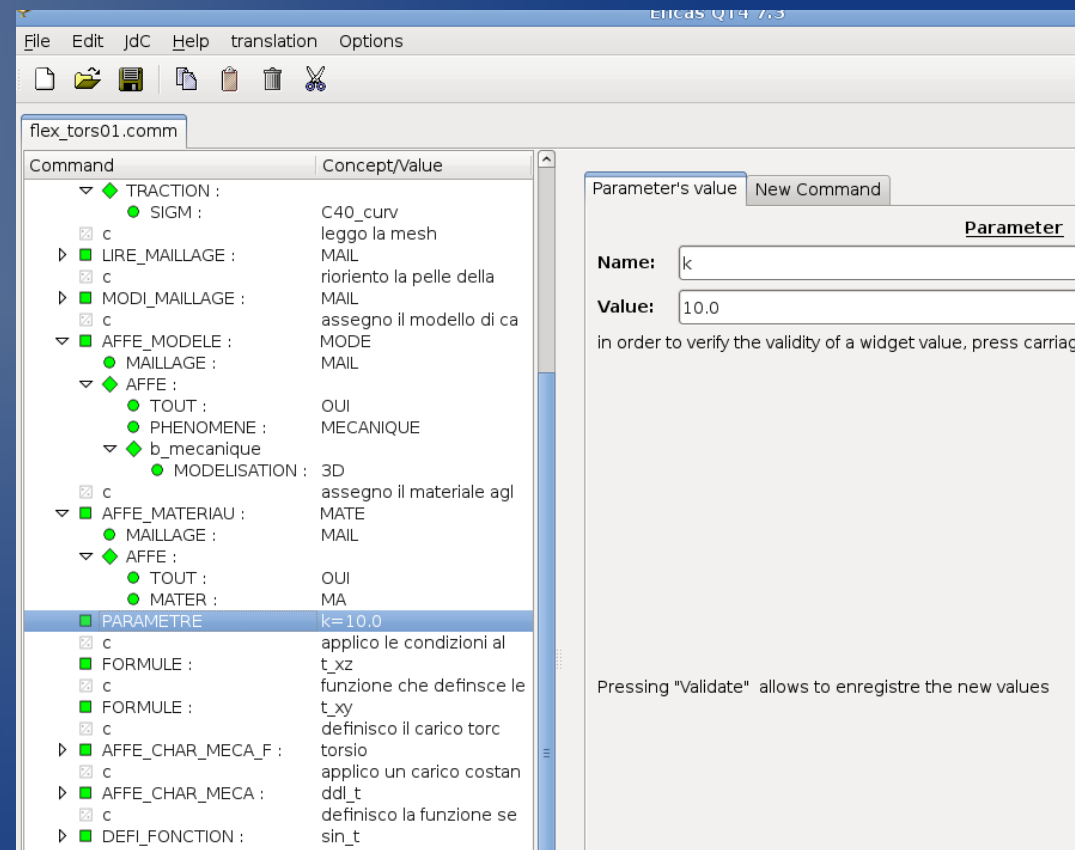
# Assegniamo il materiale agli elementi

- Il comando “AFFE\_MATERIAU” assegna il materiale definito in “DEFI\_MATERIAU” alla mesh o ad un suo gruppo purché definito



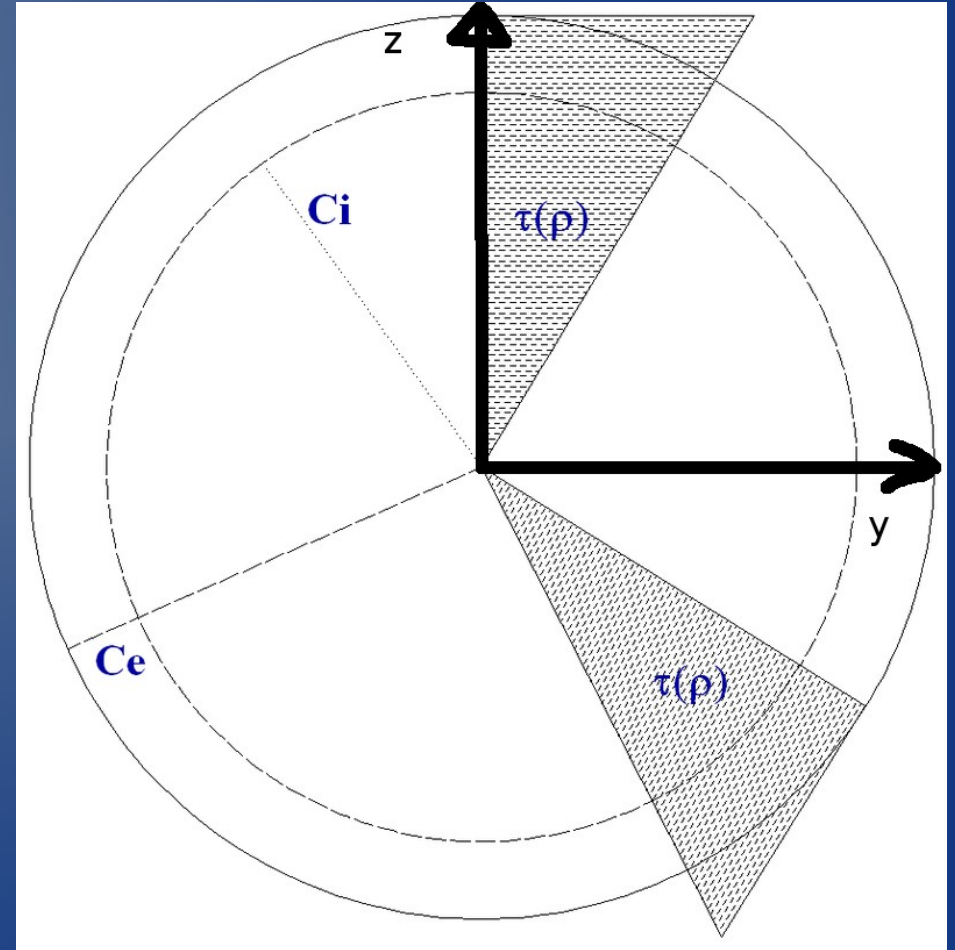
# Definire un parametro

- Click destro nell'albero dei comandi poi “parameter” apre la maschera per definire una variabile
- Utile per valori ripetuti in vari comandi o per “sottolineare” l'importanza di alcuni dati
- Diamo “k” come nome e 10.0 come valore
- Questo parametro moltiplicherà le funzioni di carico delle tensioni taglianti



# La torsione

- Le tensioni taglienti dovute a torsione pura sono proporzionali alla distanza dal centro:  $\tau(\rho)$  ed ortogonali al raggio vettore uscente dal centro
- Scomponendo la generica  $\tau(\rho)$  nelle direzioni  $y$  e  $z$  si ottiene:  
$$\tau_{xy} = k \cdot z$$
$$\tau_{xz} = -k \cdot y$$
- Il coefficiente  $k$  dipende dalla  $\tau_{\max}$  al bordo della sezione



# La torsione

- La formula che lega momento torcente e tensione massima ci permette di risalire al momento torcente applicato all'albero

$$\tau_{max} = \frac{M_t}{W_p}$$

- $M_t = \tau_{max} * W_p =$

$$= 100 * 12546 =$$

$$= 1.25 \cdot 10^6 \text{ [N*mm]}$$

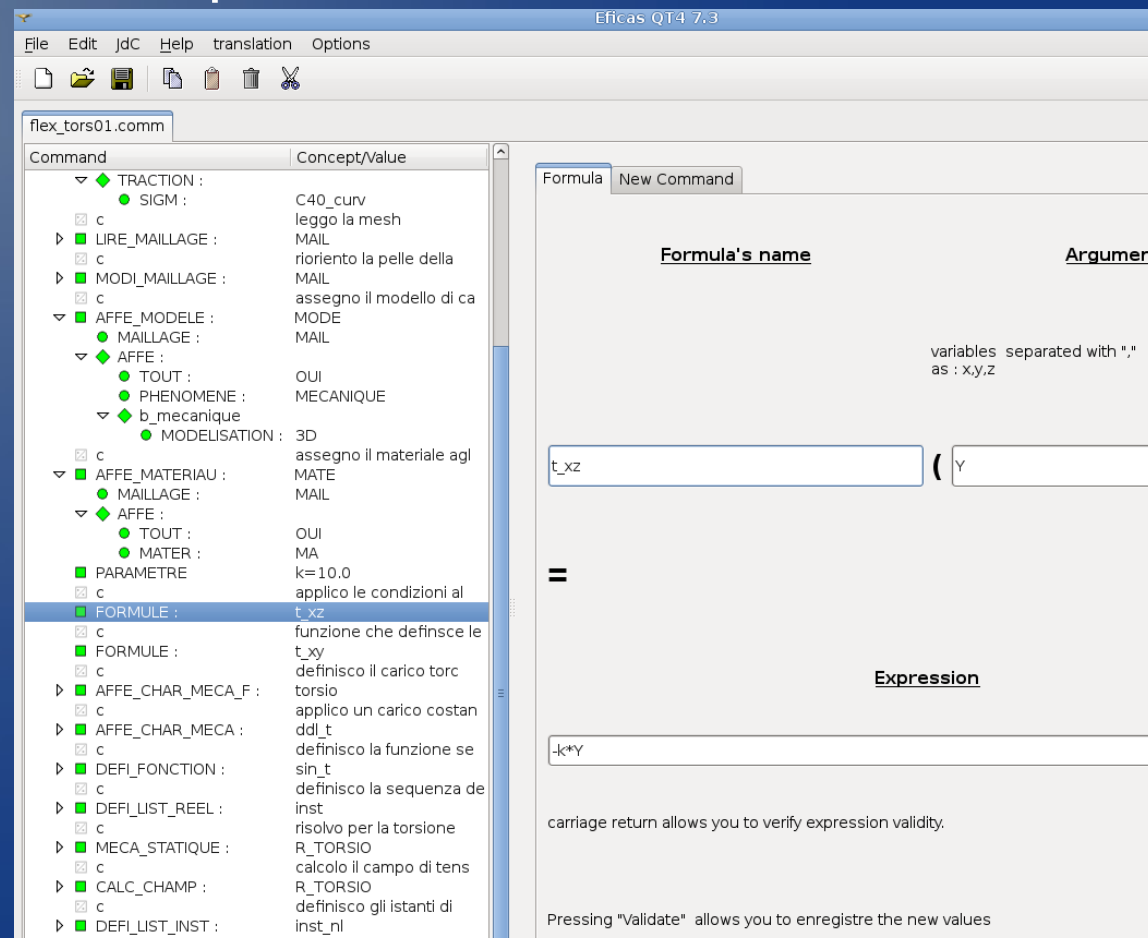
$$W_p = \frac{\pi \cdot D^3}{16} \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right]$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot 40^3}{16} \left[ 1 - \left( \frac{8}{40} \right)^4 \right] = 12546 \text{ [mm}^3\text{]}$$

# Funzioni di carico per la torsione

- Per la torsione le  $\tau_{xz}$  risultano funzione della sola coordinata Y
- Assegniamo un nome mnemonico come:  $t_{xz}$
- Inseriamo Y maiuscolo nel campo delle variabili e la formula:  $-k*Y$  nel campo della espressione
- Il fattore k porta il valore della tensione sul bordo dell'albero a 200 [MPa]. Infatti  $10*20=200$

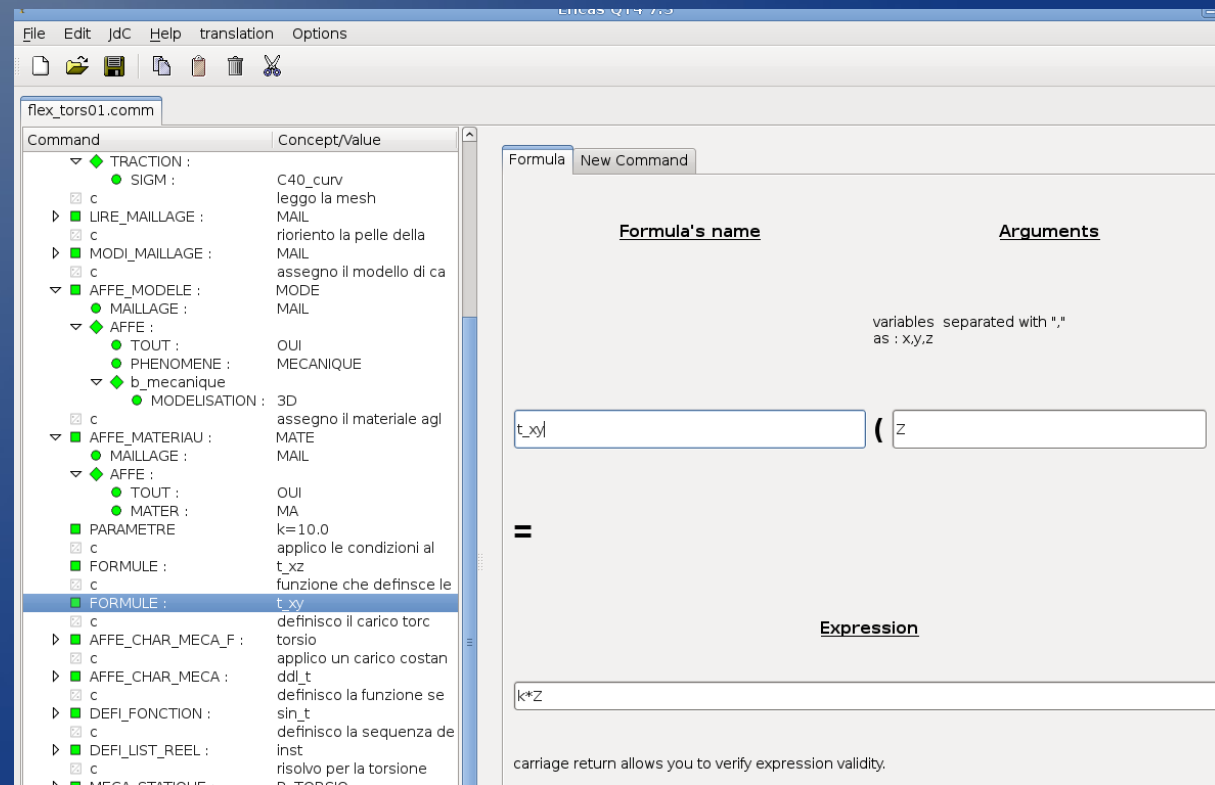
- Il comando FORMULE specifica una formula con variabili, nome ed espressione





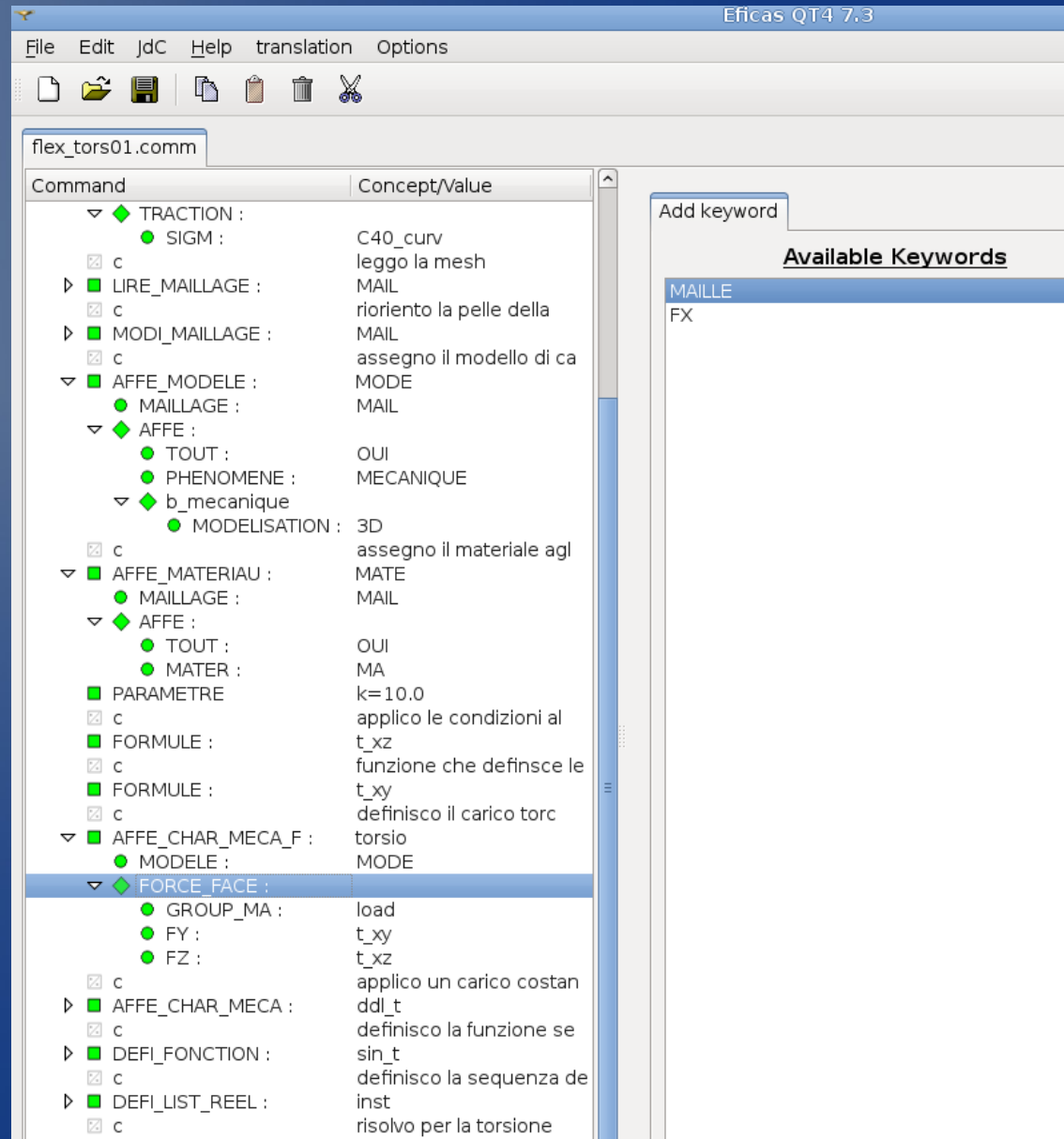
# Funzioni di carico per la torsione

- Per la torsione le  $\tau_{xy}$  risultano funzione della sola coordinata Z
- Assegniamo un nome mnemonico come:  $t_{xy}$
- Inseriamo Z maiuscolo nel campo delle variabili e la formula:  $k*Z$  nel campo della espressione



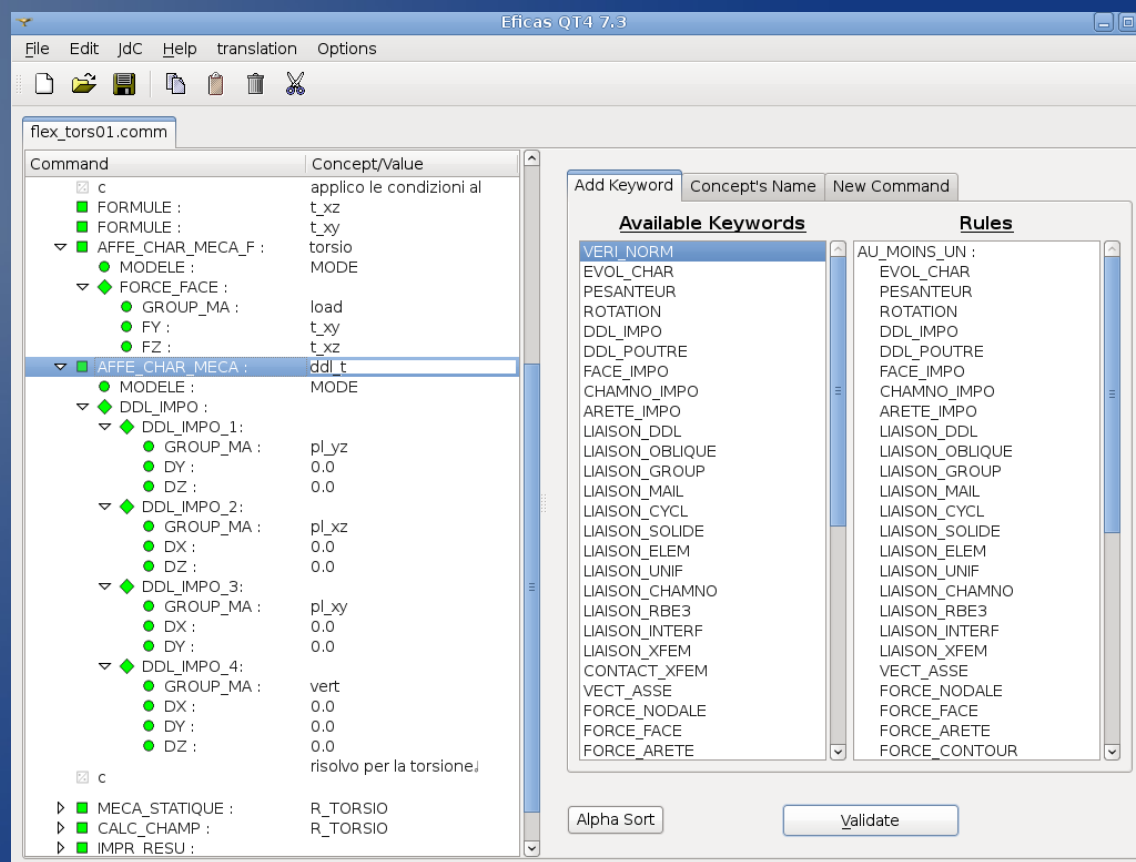
# Applichiamo il carico torcente

- Il comando `AFFE_CHAR_MECA_F` applica un carico variabile
- `FORCE_FACE` applica un carico distribuito
- $FY = t_{xy}$  e  $FZ = t_{xz}$  applicano alle componenti del carico distribuito le espressioni funzione delle coordinate cartesiane



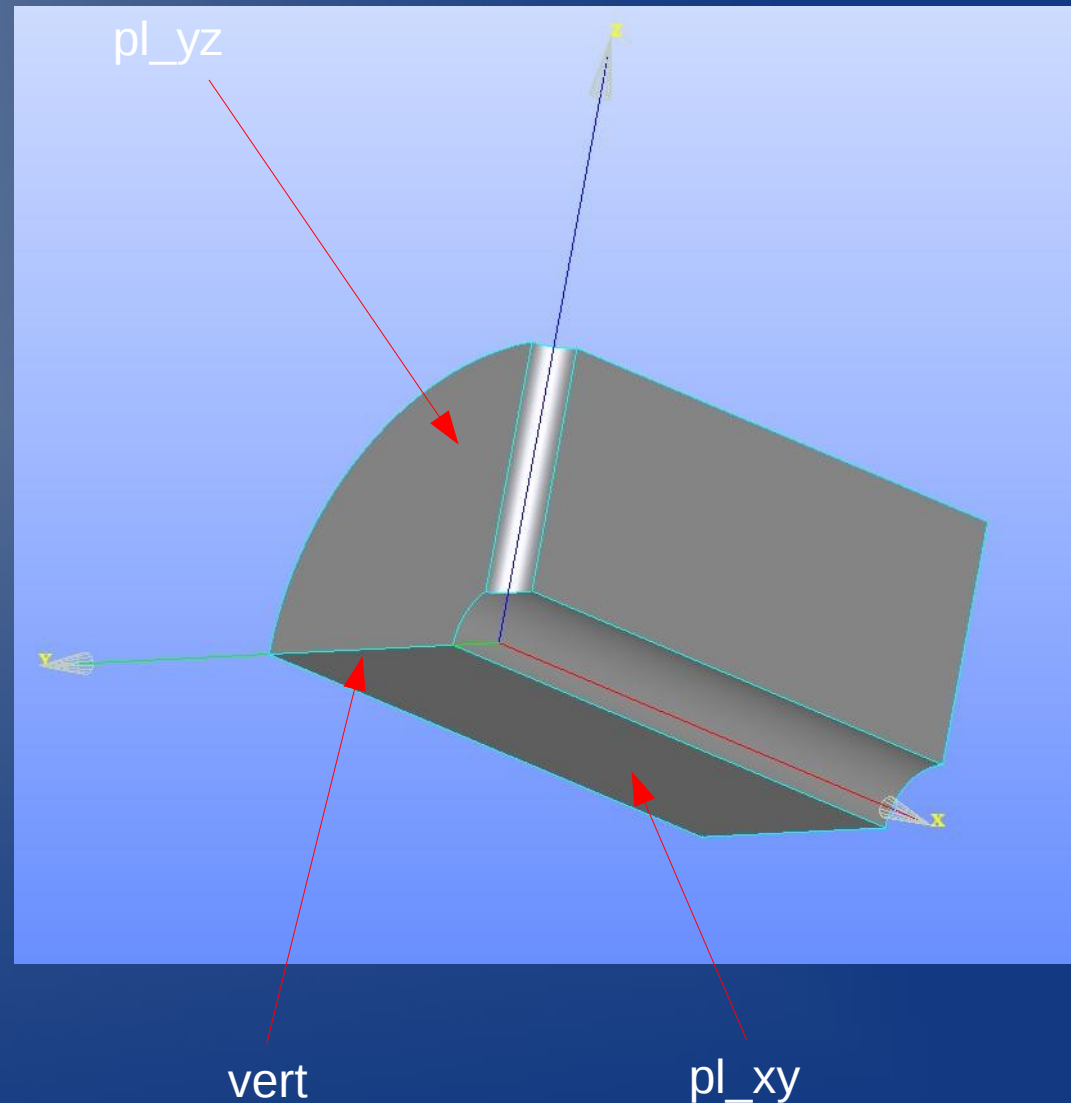
# I vincoli per la torsione

- La torsione richiede vincoli antisimmetrici su ogni piano di simmetria geometrico
- Attenzione alle assegnazioni del gruppo “vert” intersezione dei gruppi “pl\_xy” e “pl\_yz”
- Il gruppo “pl\_yz” richiede spostamenti nulli nel suo piano, ovvero:  $DY=DZ=0.0$
- Il gruppo “pl\_xz” analogamente richiede:  $DX=DZ=0.0$
- Il gruppo “pl\_xy” richiede:  $DX=DY=0.0$



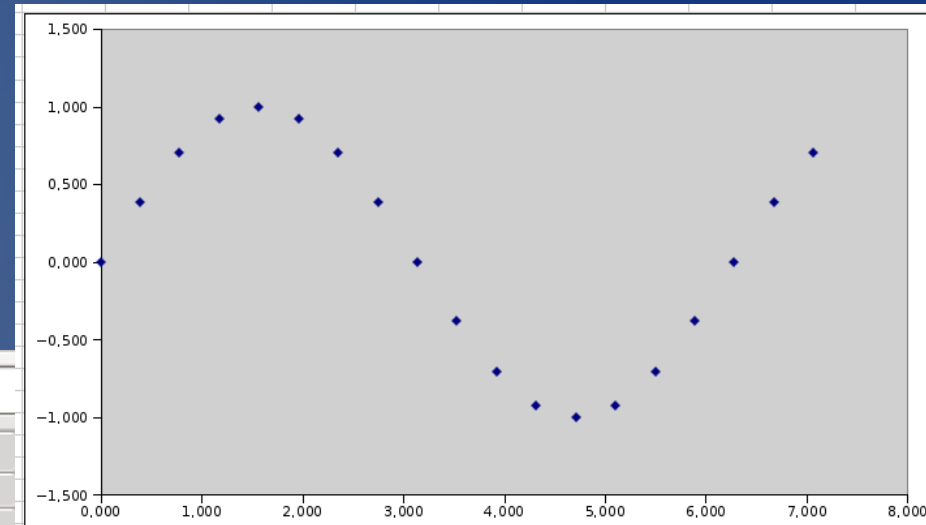
# I vincoli per la torsione

- L'ultima assegnazione al gruppo "pl\_xy" cancella i vincoli in direzione DZ del gruppo "vert" intersezione fra i piani pl\_xy e pl\_yz
- Dobbiamo riassegnare il vincolo cancellato con una nuova assegnazione al solo gruppo "vert" che applichi tutti i gdl necessari
- Al gruppo "vert" applichiamo pertanto  $DX=DY=DZ=0.0$



# Il carico variabile

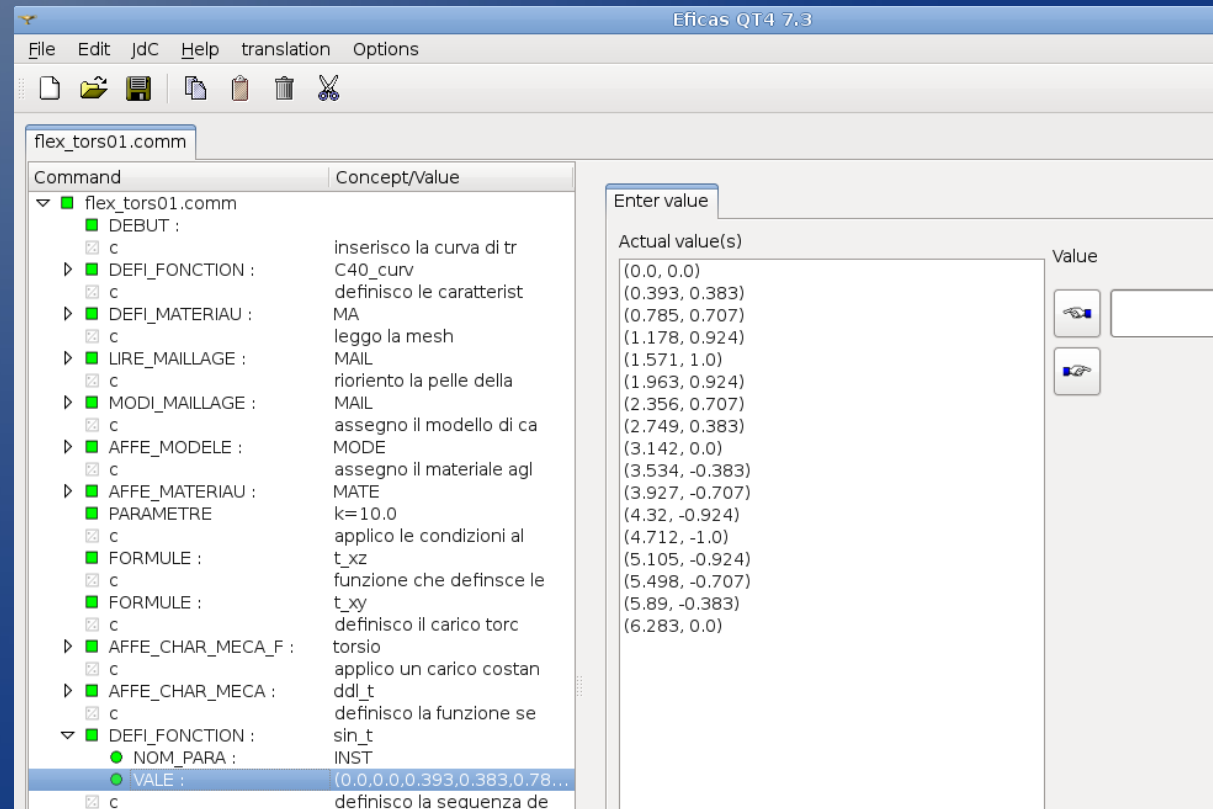
- Quando il materiale è non lineare è necessario applicare gradualmente il carico
- Si crea una lista di istanti temporali ed una funzione del tempo che moltiplicherà il carico
- Gli istanti non rappresentano un tempo reale ma ordinano gli eventi di carico
- Poiché la funzione di carico sarà lineare a tratti, creiamo una funzione sinusoidale con abbastanza punti da coglierne la forma



C7	
1	
2	
3	8 intervalli per pi greco
4	
5	0,392699082 intervallo angolare
6	
7	x sen(x)
8	0,000 0,000
9	0,393 0,383
10	0,785 0,707
11	1,178 0,924
12	1,571 1,000
13	1,963 0,924
14	2,356 0,707
15	2,749 0,383
16	3,142 0,000
17	3,534 -0,383
18	3,927 -0,707
19	4,320 -0,924
20	4,712 -1,000
21	5,105 -0,924
22	5,498 -0,707
23	5,890 -0,383
24	6,283 0,000
25	6,676 0,383
26	7,069 0,707

# Creiamo la funzione di carico

- Il comando `DEFI_FONCTION` accetta coppie di valori
- Nel comando `VALE` inseriamo le coordinate dei punti della funzione seno
- Poiché si tratta di una funzione del tempo assegniamo a `NOM_PARA` il valore `INST`



# Gli istanti del tempo

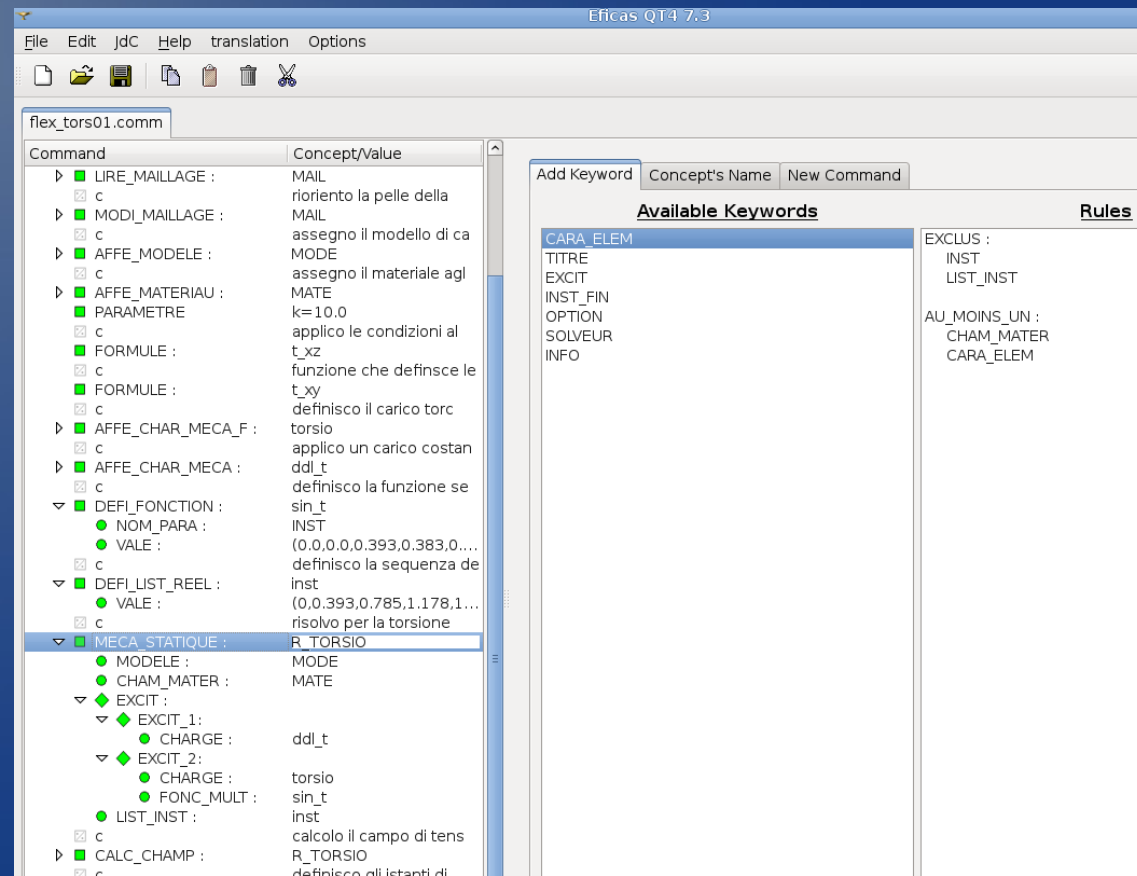
- Il comando `DEFI_LIST_REEL` crea una sequenza di numeri crescenti
- Lo utilizziamo per creare la nostra sequenza di istanti temporali
- Nel comando `VALE` inseriamo gli stessi valori delle ascisse della funzione di carico sinusoidale

Command	Concept/Value
flex_tors01.comm	
DEBUT :	
c	inserisco la curva di tr
DEFI_FONCTION :	C40_curv
c	definisco le caratterist
DEFI_MATERIAU :	MA
c	leggo la mesh
LIRE_MALLAGE :	MAIL
c	rioriento la pelle della
MODI_MALLAGE :	MAIL
c	assegno il modello di ca
AFFE_MODELE :	MODE
c	assegno il materiale agl
AFFE_MATERIAU :	MATE
PARAMETRE	k= 10.0
c	applico le condizioni al
FORMULE :	t_xz
c	funzione che definisce le
FORMULE :	t_xy
c	definisco il carico torc
AFFE_CHAR_MECA_F :	torsio
c	applico un carico costan
AFFE_CHAR_MECA :	ddl_t
c	definisco la funzione se
DEFI_FONCTION :	sin_t
NOM_PARA :	INST
VALE :	(0,0,0,0,0,0,393,0,383,0,78...
c	definisco la sequenza de
DEFI_LIST_REEL :	inst
VALE :	(0,0,393,0,785,1,178,1,5...
c	risolvo per la torsione
MECA_STATIQUE :	R_TORSIO
c	calcolo il campo di tens
CALC_CHAMP :	R_TORSIO

Enter value
Actual value(s)
0
0.393
0.785
1.178
1.571
1.963
2.356
2.749
3.142
3.534
3.927
4.32
4.712
5.105
5.498
5.89
6.283

# Risolviamo in lineare elastico

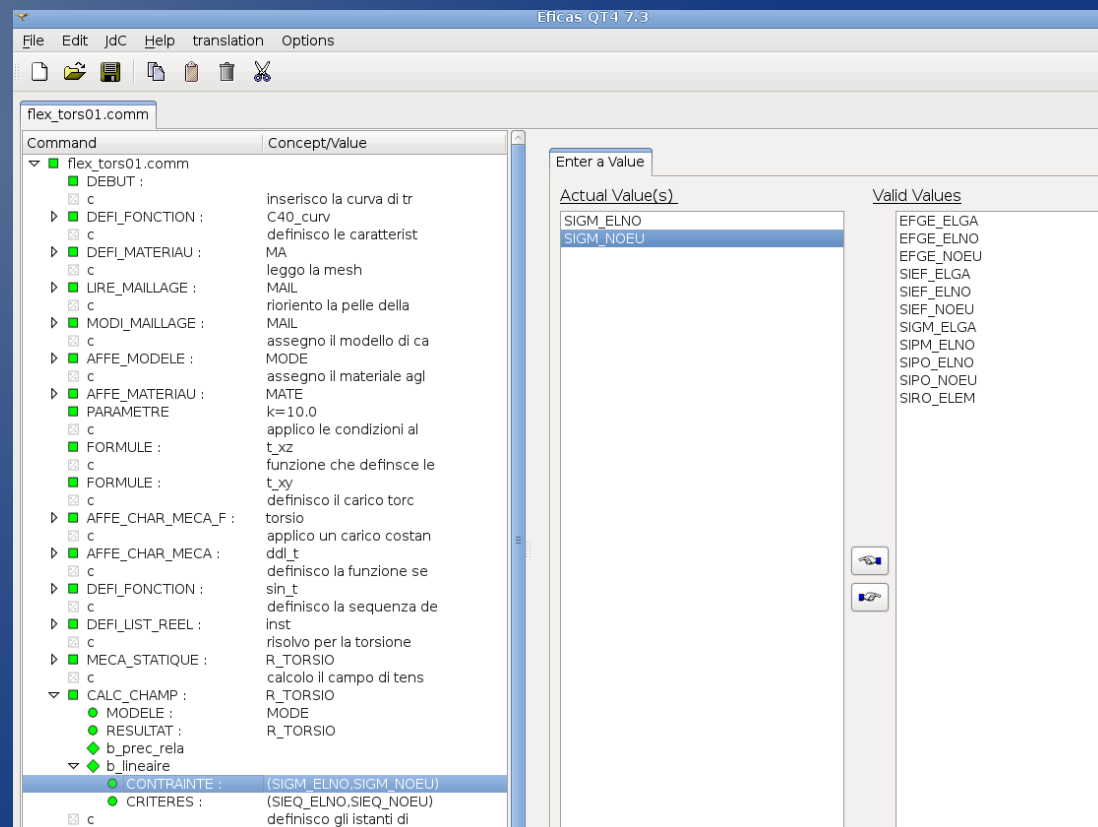
- Creiamo un'istanza del comando MECA\_STATIQUE per “testare” le condizioni al contorno e per avere dei risultati di confronto con la soluzione in campo plastico
- Dopo le parole chiave obbligatorie applichiamo i carichi con EXCIT
- Moltiplichiamo il carico “torsio” per la funzione sinusoidale con la parola chiave FONC\_MULT
- LIST\_INST specifica la sequenza degli istanti di tempo





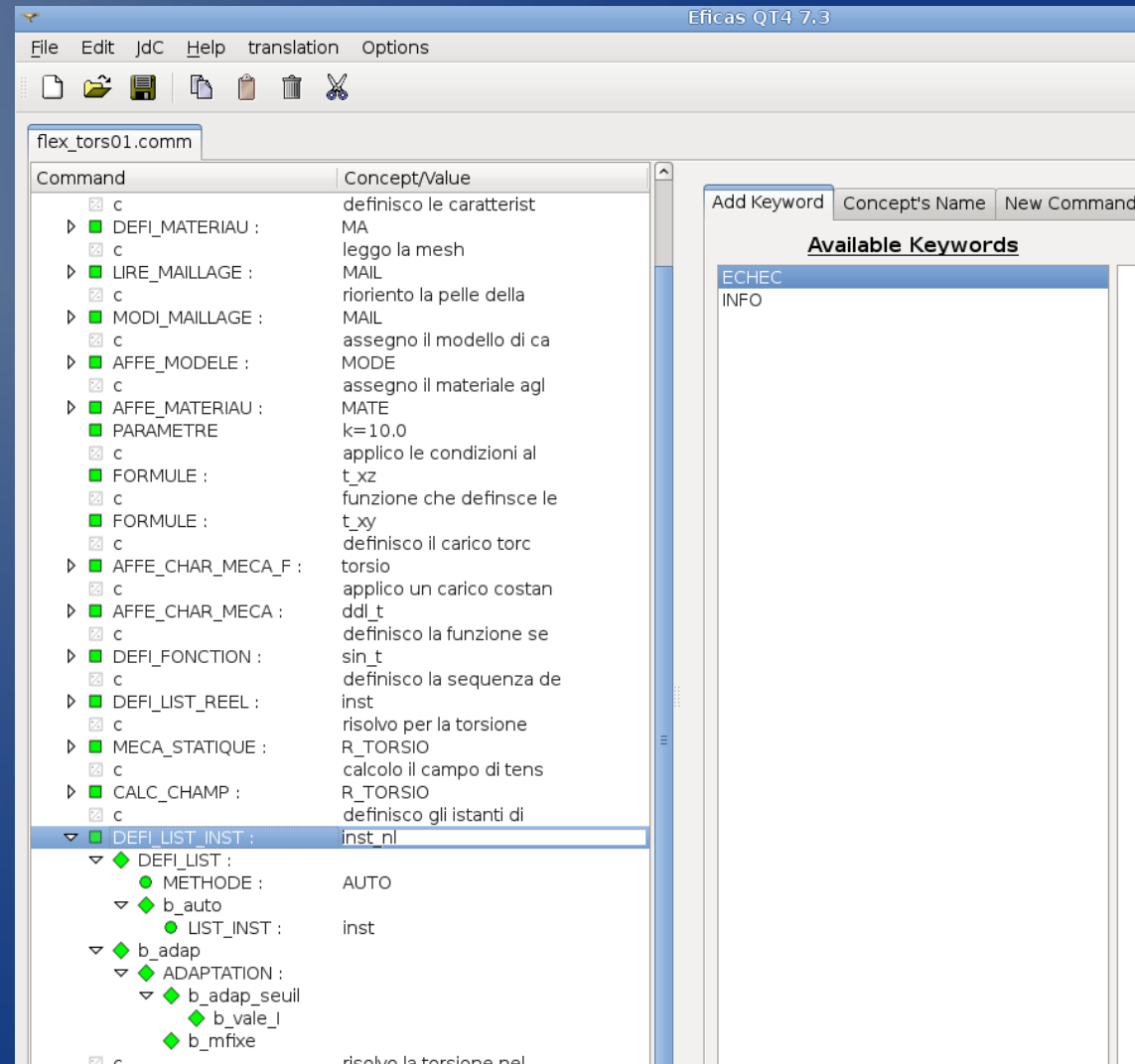
# Arricchire i risultati standard

- CALC\_CHAMP arricchisce i risultati standard del MECA\_STATIQUE
- CONTRAINTE con le opzioni SIGM\_ELNO e SIGM\_NOEU calcola le componenti di tensione agli elementi e poi ai nodi
- CRITERES con le opzioni SIEQ\_ELNO e SIEQ\_NOEU calcola la tensione equivalente agli elementi e poi ai nodi



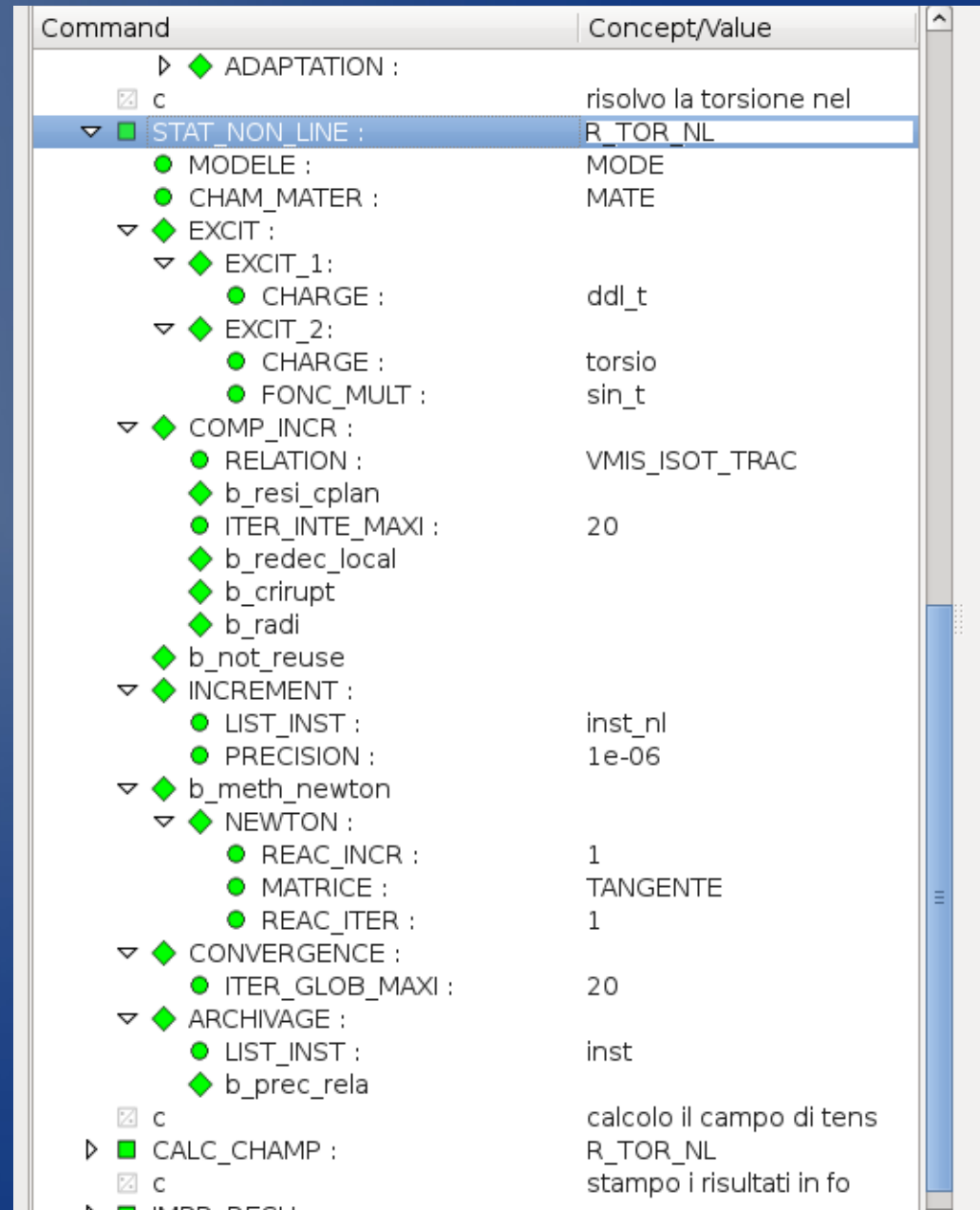
# Riduzione del passo degli istanti di tempo

- In generale in caso di non convergenza il solutore salva i dati precedenti e si ferma
- DEFI\_LIST\_INST specifica il comportamento del solutore in caso di mancata convergenza
- Il metodo AUTO applica una riduzione automatica dell'intervallo degli istanti della lista indicata in LIST\_INST
- La parola chiave ADAPTATION definisce la riduzione dell'intervallo di calcolo (vedere documento U4.34.03)



# Risolviamo in non lineare I

- Creiamo una istanza del comando STAT\_NON\_LINE a cui assegneremo nome R\_TOR\_NL
- Applichiamo gli stessi carichi del calcolo lineare elastico (voce EXCIT) e la stessa funzione (sin\_t) che moltiplica il carico torcente
- Molto importante la voce COMP\_INCR Essa descrive le relazioni per le quali la storia del materiale influenza il suo comportamento
- ITER\_INTE\_MAXI è il numero di iterazioni massime per l'integrazione locale



Command	Concept/Value
ADAPTATION :	
c	risolvo la torsione nel
STAT_NON_LINE :	R_TOR_NL
MODELE :	MODE
CHAM_MATER :	MATE
EXCIT :	
EXCIT_1 :	
CHARGE :	ddl_t
EXCIT_2 :	
CHARGE :	torsio
FONC_MULT :	sin_t
COMP_INCR :	
RELATION :	VMIS_ISOT_TRAC
b_resi_cplan	
ITER_INTE_MAXI :	20
b_redec_local	
b_crirupt	
b_radi	
b_not_reuse	
INCREMENT :	
LIST_INST :	inst_nl
PRECISION :	1e-06
b_meth_newton	
NEWTON :	
REAC_INCR :	1
MATRICE :	TANGENTE
REAC_ITER :	1
CONVERGENCE :	
ITER_GLOB_MAXI :	20
ARCHIVAGE :	
LIST_INST :	inst
b_prec_rela	
c	calcolo il campo di tens
CALC_CHAMP :	R_TOR_NL
c	stampo i risultati in fo
IMPR_RESU :	

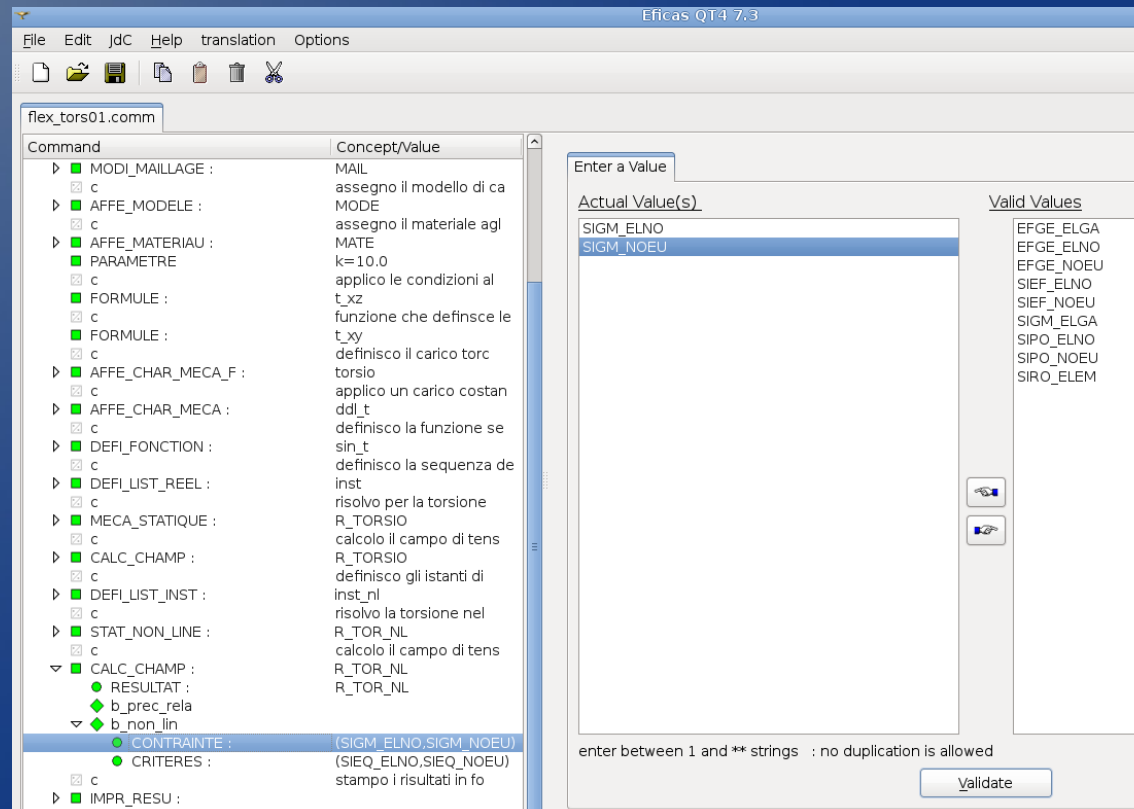
# Risolviamo in non lineare II

- INCREMENT specifica la lista di istanti temporali che seguirà il solutore
- NEWTON specifica il comportamento del solutore di Newton-Raphson  
La matrice di rigidità viene aggiornata ogni REAC\_INCR incrementi  
La matrice di rigidità viene aggiornata ogni REAC\_ITER iterazione del ciclo di newton
- ITER\_GLOB\_MAXI specifica il massimo numero di iterazioni del ciclo di newton
- ARCHIVAGE specifica i passi a cui effettuare il salvataggio dei risultati

Command	Concept/Value
▶ ◆ ADAPTATION :	
☒ c	risolvo la torsione nel
▼ ■ STAT_NON_LINE :	R_TOR_NL
● MODELE :	MODE
● CHAM_MATER :	MATE
▼ ◆ EXCIT :	
▼ ◆ EXCIT_1 :	
● CHARGE :	ddl_t
▼ ◆ EXCIT_2 :	
● CHARGE :	torsio
● FONC_MULT :	sin_t
▼ ◆ COMP_INCR :	
● RELATION :	VMIS_ISOT_TRAC
◆ b_resi_cplan	
● ITER_INTE_MAXI :	20
◆ b_redec_local	
◆ b_crirupt	
◆ b_radi	
◆ b_not_reuse	
▼ ◆ INCREMENT :	
● LIST_INST :	inst_nl
● PRECISION :	1e-06
▼ ◆ b_meth_newton	
▼ ◆ NEWTON :	
● REAC_INCR :	1
● MATRICE :	TANGENTE
● REAC_ITER :	1
▼ ◆ CONVERGENCE :	
● ITER_GLOB_MAXI :	20
▼ ◆ ARCHIVAGE :	
● LIST_INST :	inst
◆ b_prec_rela	
☒ c	calcolo il campo di tens
▶ ■ CALC_CHAMP :	R_TOR_NL
☒ c	stampo i risultati in fo
▶ ■ IMPR_RESU :	

# Aggiungiamo risultati

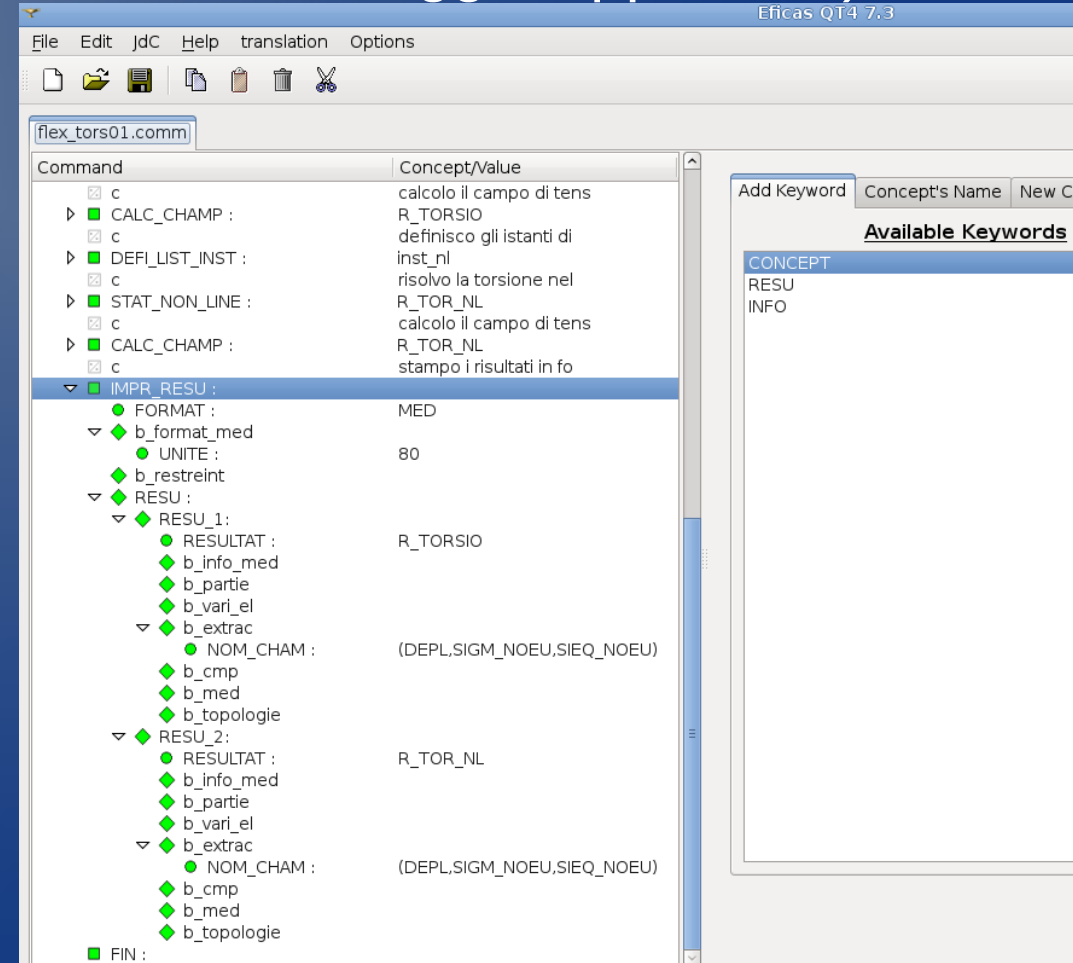
- Un altro comando `CALC_CHAMP` arricchisce i risultati non lineari
- Calcoliamo gli stessi campi di tensione del calcolo lineare
- `CONTRAINTE` => `SIGM_ELNO` e `SIGM_NOEU`
- `CRITERES` => `SIEQ_ELNO` e `SIEQ_NOEU`



# Stampa dei risultati

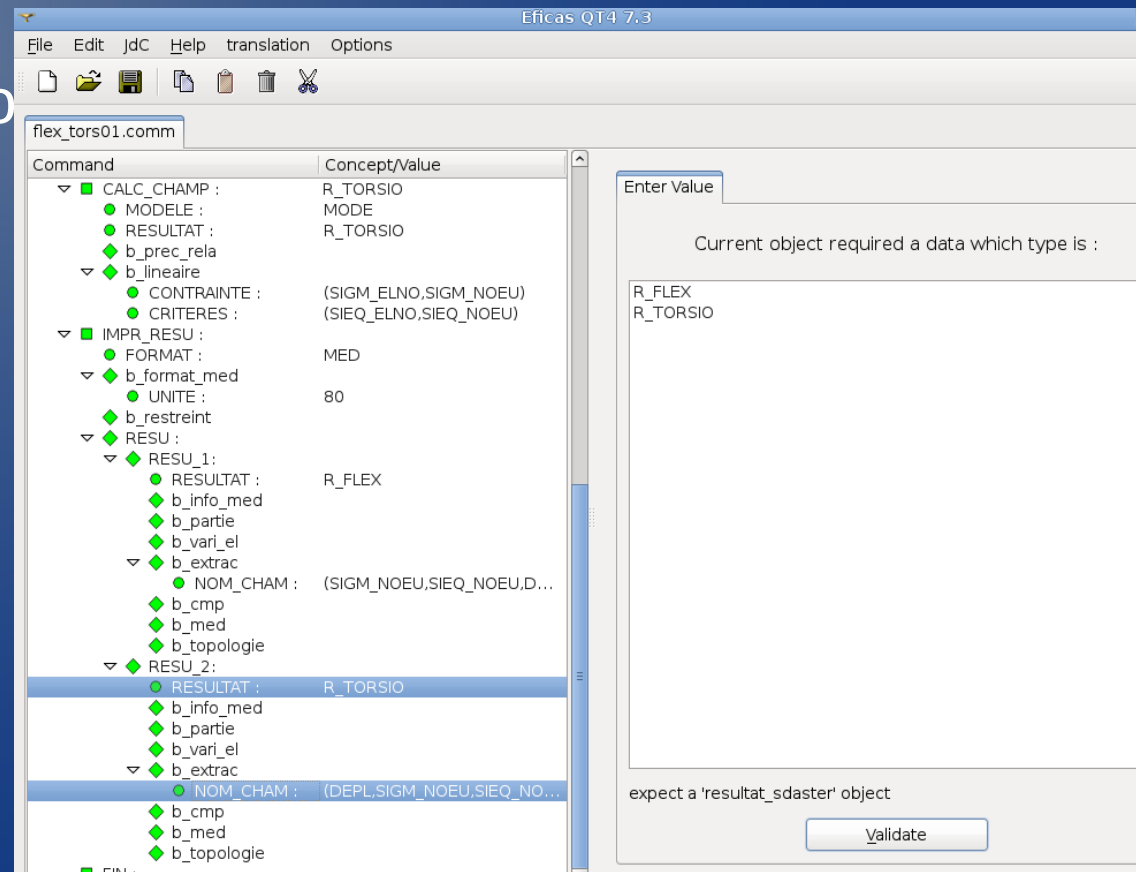
- Chiediamo di salvare anche i risultati calcolati nei comandi CALC\_CHAMP con il comando IMPR\_RESU
- Scegliamo MED come formato di salvataggio
- Scegliamo RESULTAT ed il nome dei risultati della flessione
- Alla voce NOM\_CHAMP scegliamo le tensioni ai nodi e gli spostamenti: SIGM\_NOEU, SIEQ\_NOEU, DEPL

- Il solutore restituisce gli spostamenti salvati nel data base (se si sceglie l'opzione di salvataggio opportuna)



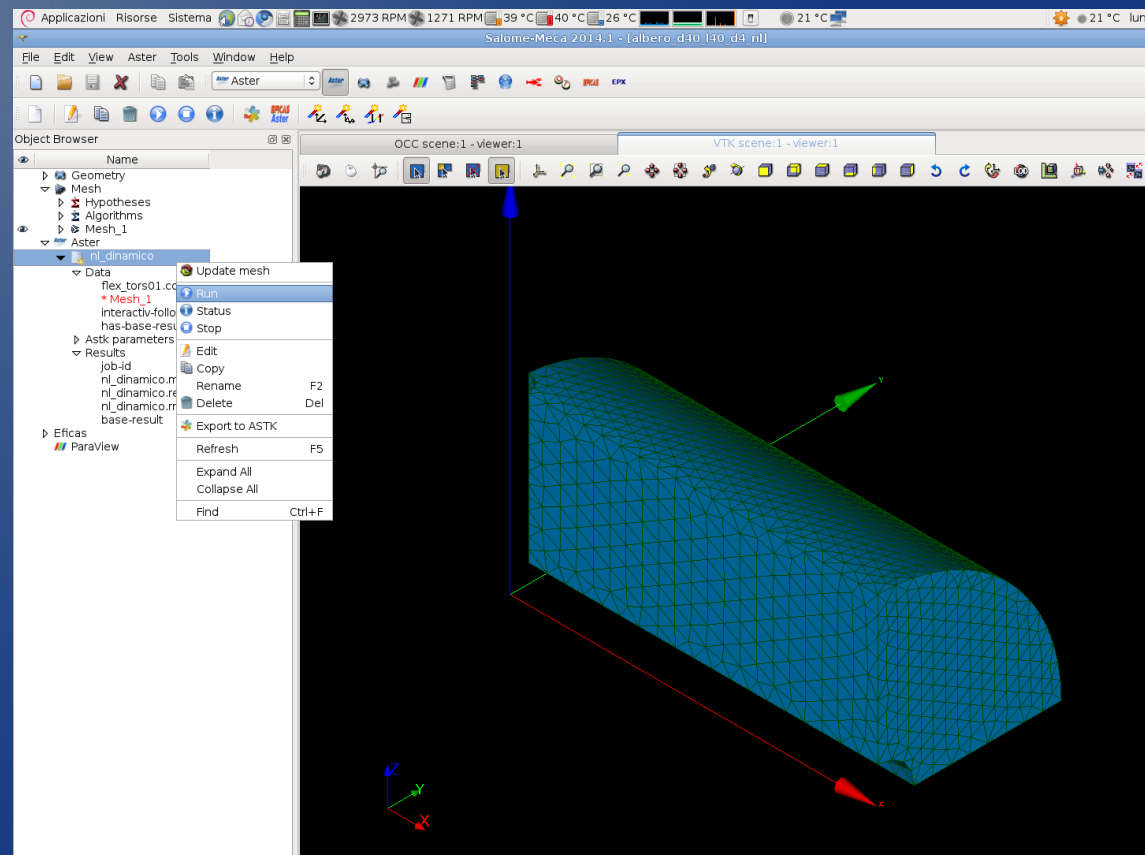
# Stampa dei risultati

- Una seconda istanza di RESULTAT ci permette di salvare anche i risultati della torsione: R\_TORSIO
- DEPL, SIGM\_NOEU, SIEQ\_NOEU sono le tensioni da scegliere alla voce NOM\_CHAMP sotto “b\_extrac”



# Lancio del calcolo

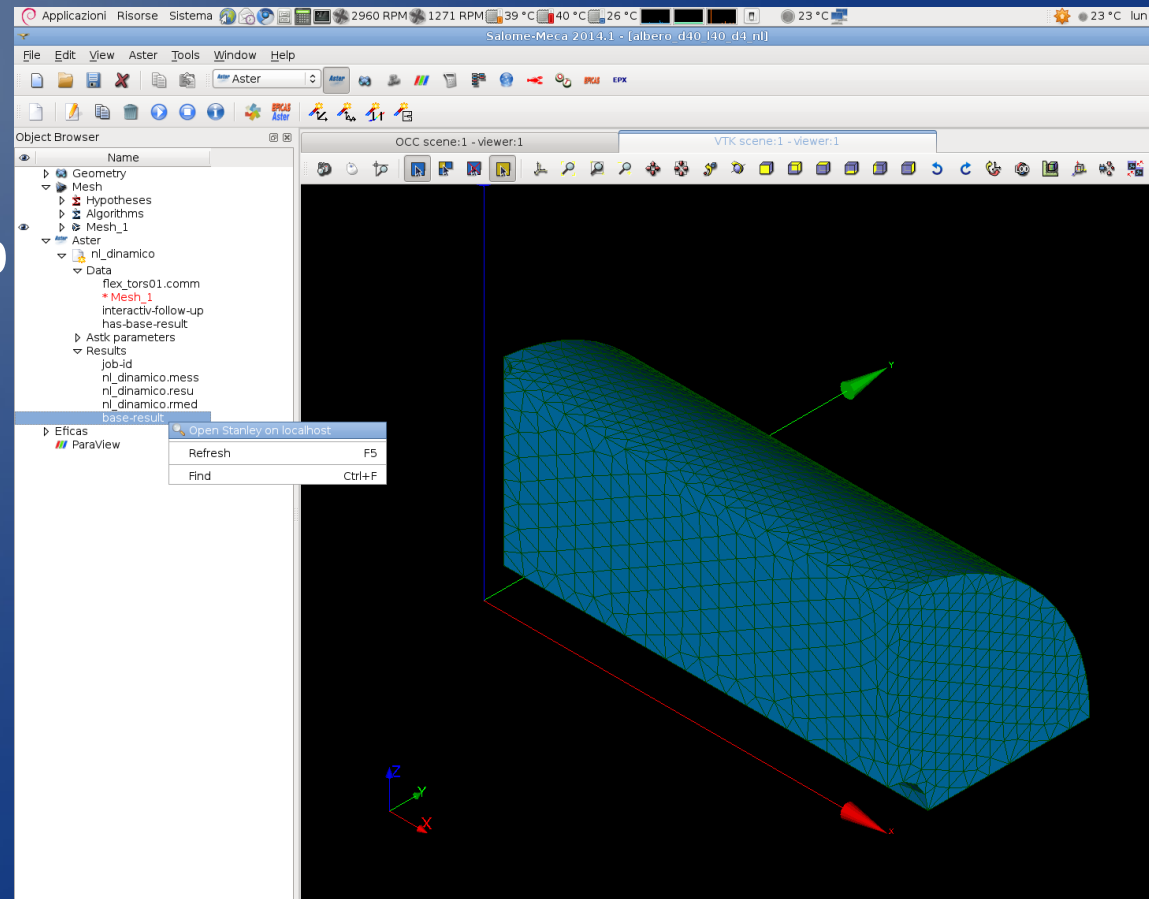
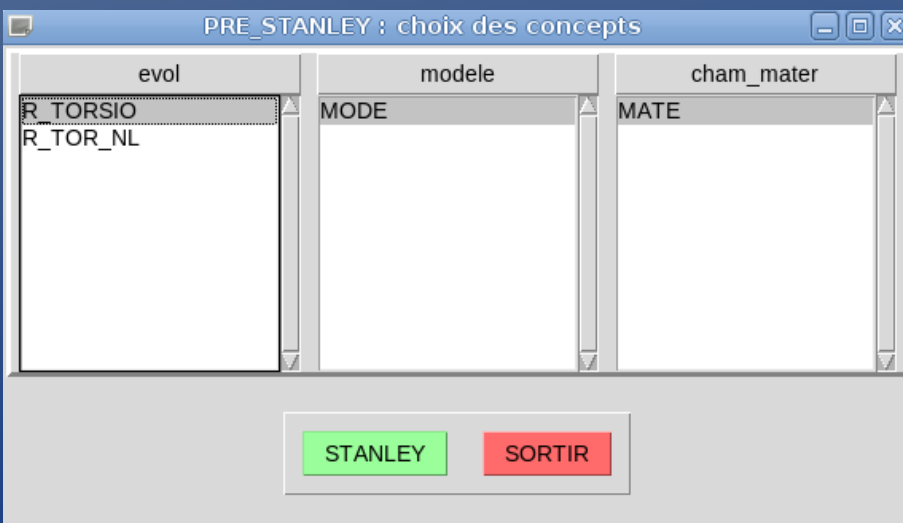
- Bottone destro sul nome dello studio
- “run” lancia l'esecuzione del calcolo e si apre una finestra di terminale che mostra l'output del solutore





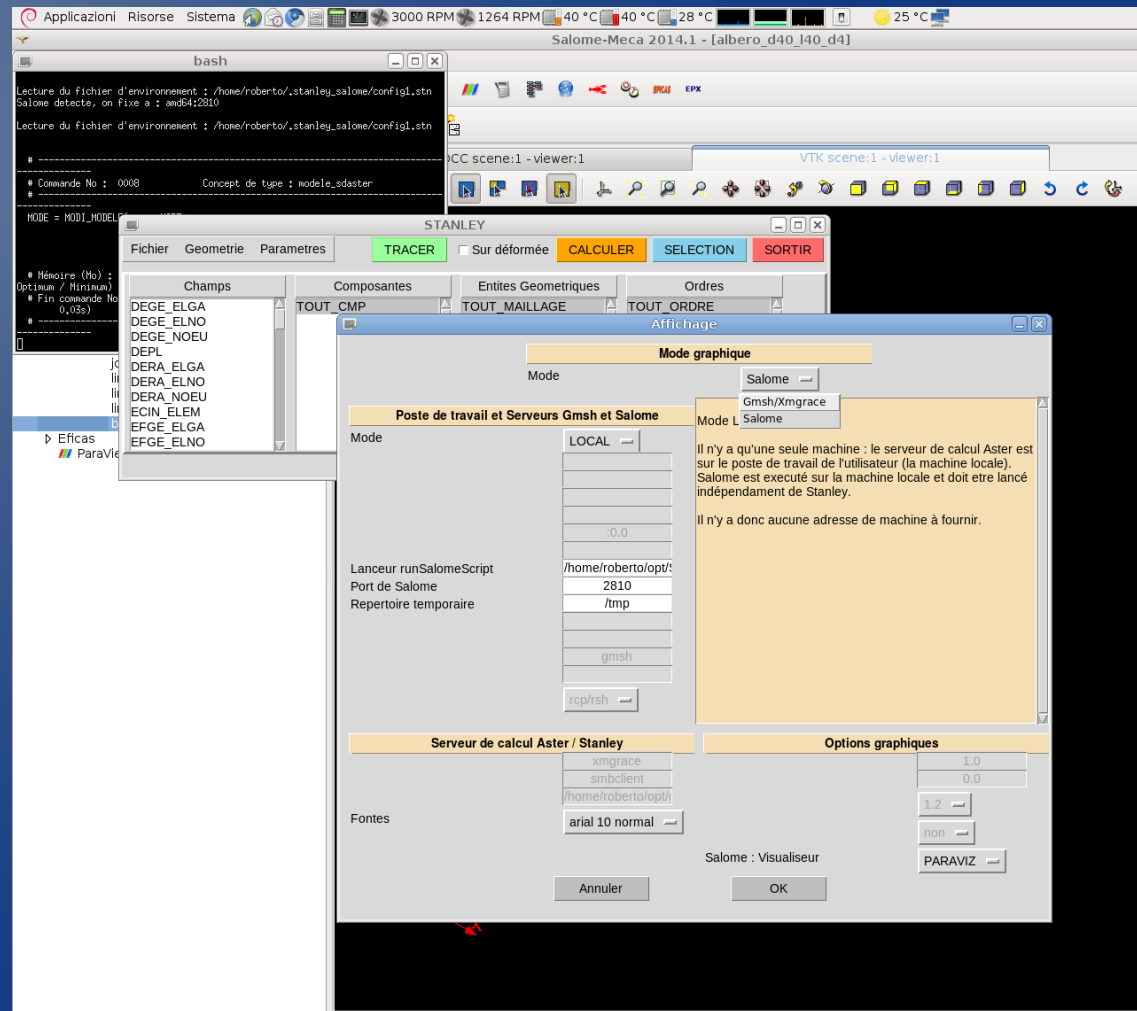
# Post processing con STANLEY

- Stanley è lo strumento di post processing degli studi eseguiti con code-aster
- Click dx sulla voce base-result lancia l'applicativo
- Scegliamo i risultati della torsione lineare e confermiamo cliccando su "STANLEY"



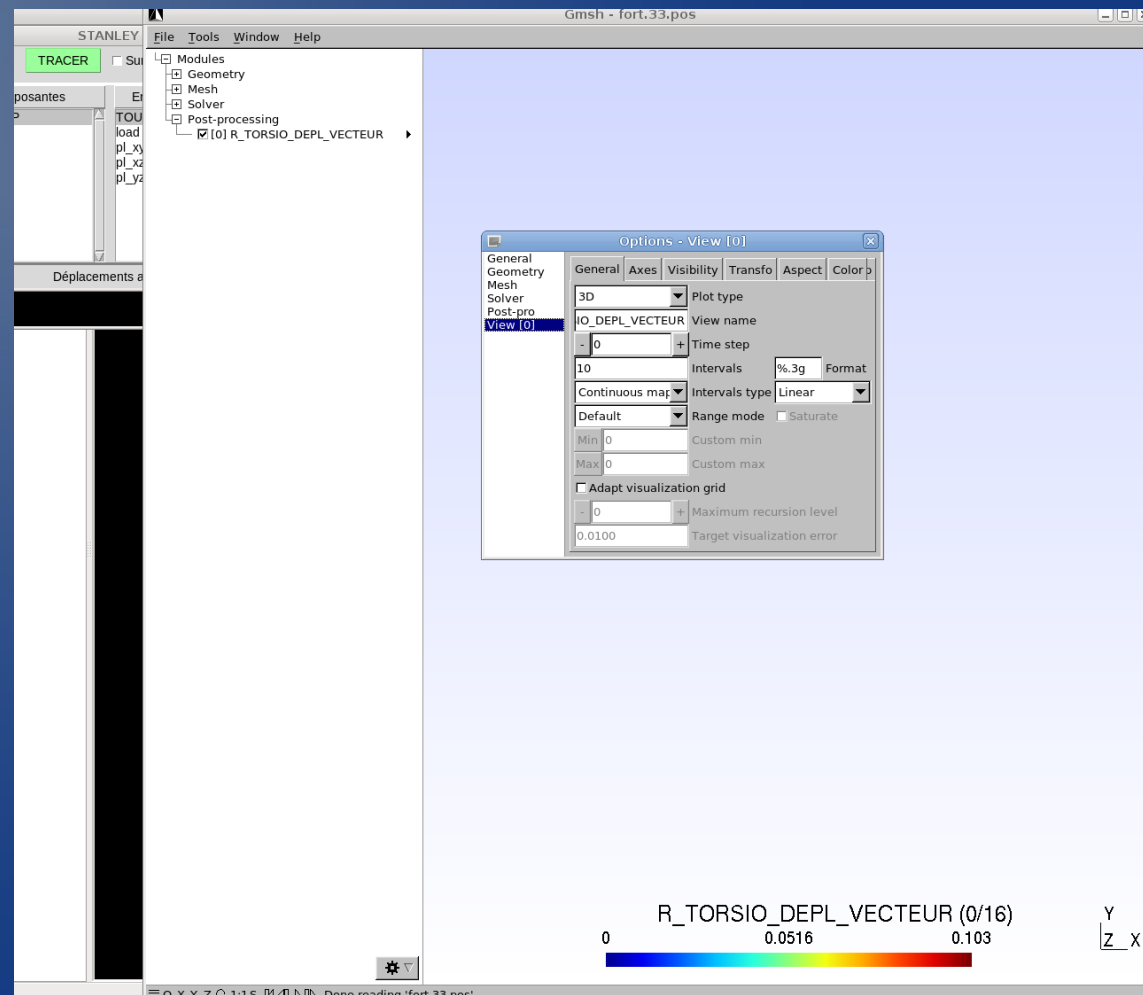
# Impostare Stanley per GMSH e Xgrace

- Il percorso Parameters/editer apre la finestra di impostazione di Stanley
- Click sul bottone Salome e scelgo Gmsh/Xmgrace
- Volendo salvo la configurazione per i lanci successivi
- Ora Stanley userà Gmsh per visualizzare i risultati e Xgrace per tracciare i grafici



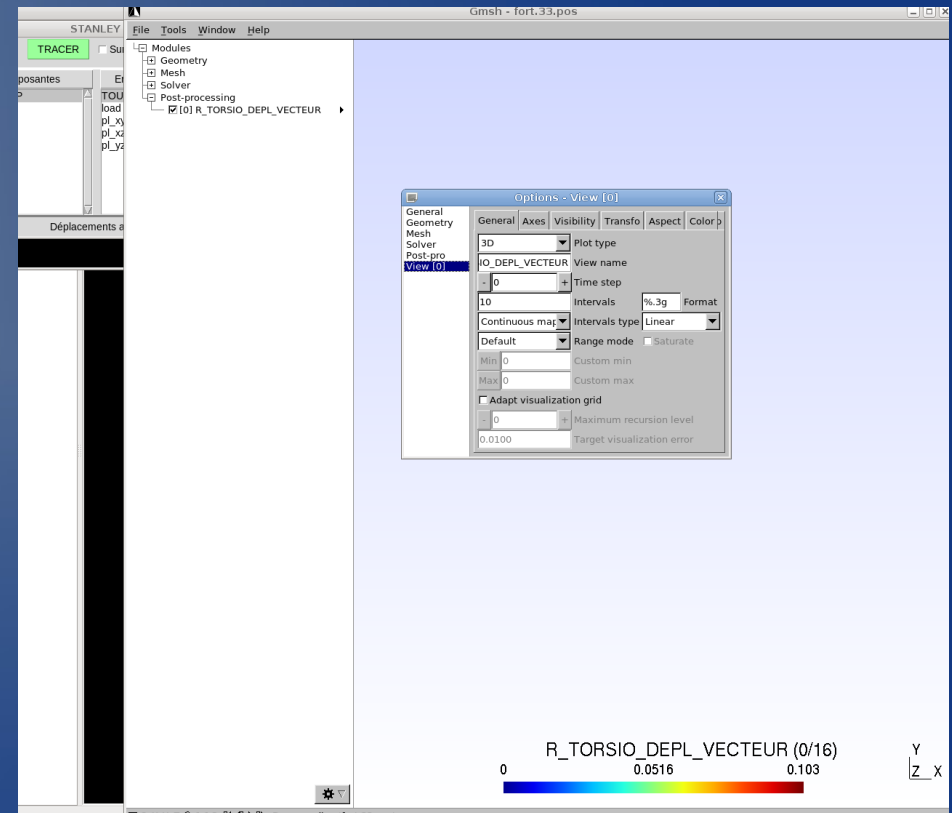
# Gli spostamenti

- Click su DEPL sceglie gli spostamenti come risultato da visualizzare
- Il semaforo verde dice che il risultato scelto è pronto per la visualizzazione
- Se fosse arancione sarebbe necessario calcolare il risultato cliccando il bottone CALCULER
- Click su TRACER lancia Gmsh e mostra i risultati del primo istante, di solito un campo nullo



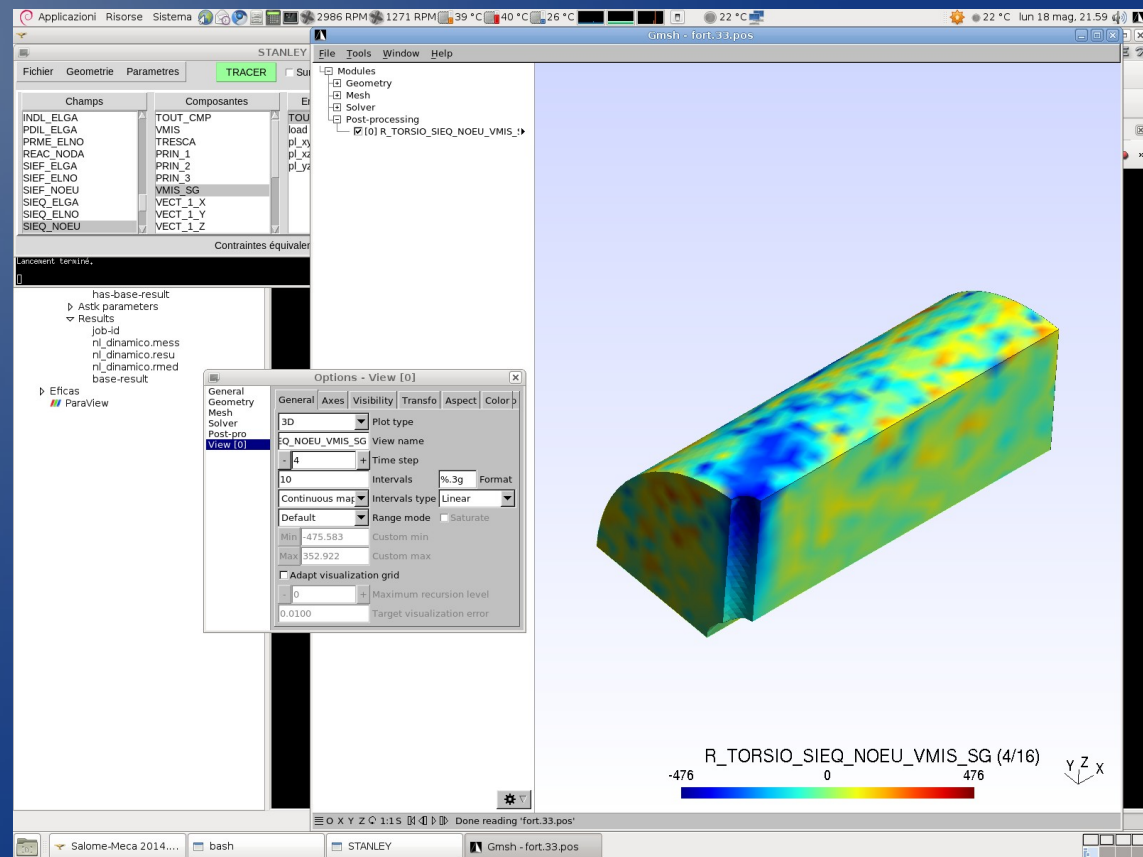
# Gli spostamenti

- Tools/option
- View [0]
- Linguetta “General”
- Click sul + di Time Step mostra in successione i risultati dei vari istanti di tempo
- Si noti che rimosso il carico gli spostamenti si annullano sempre



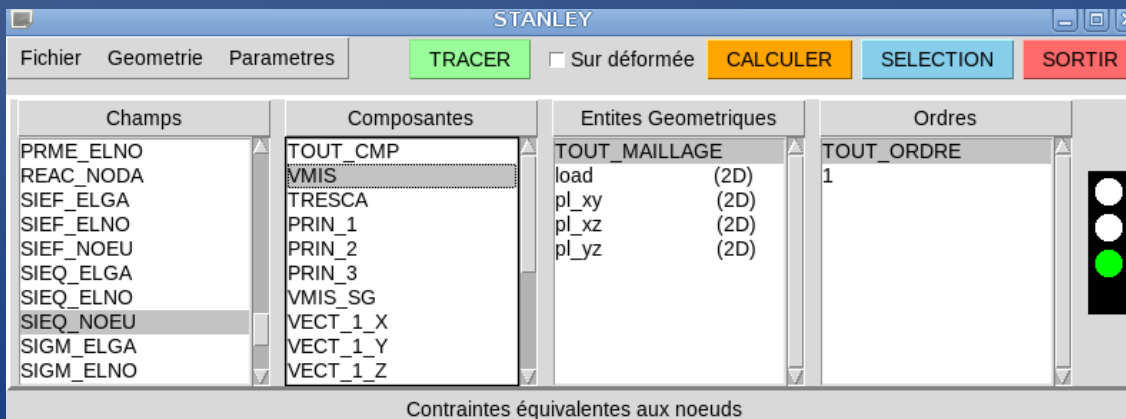
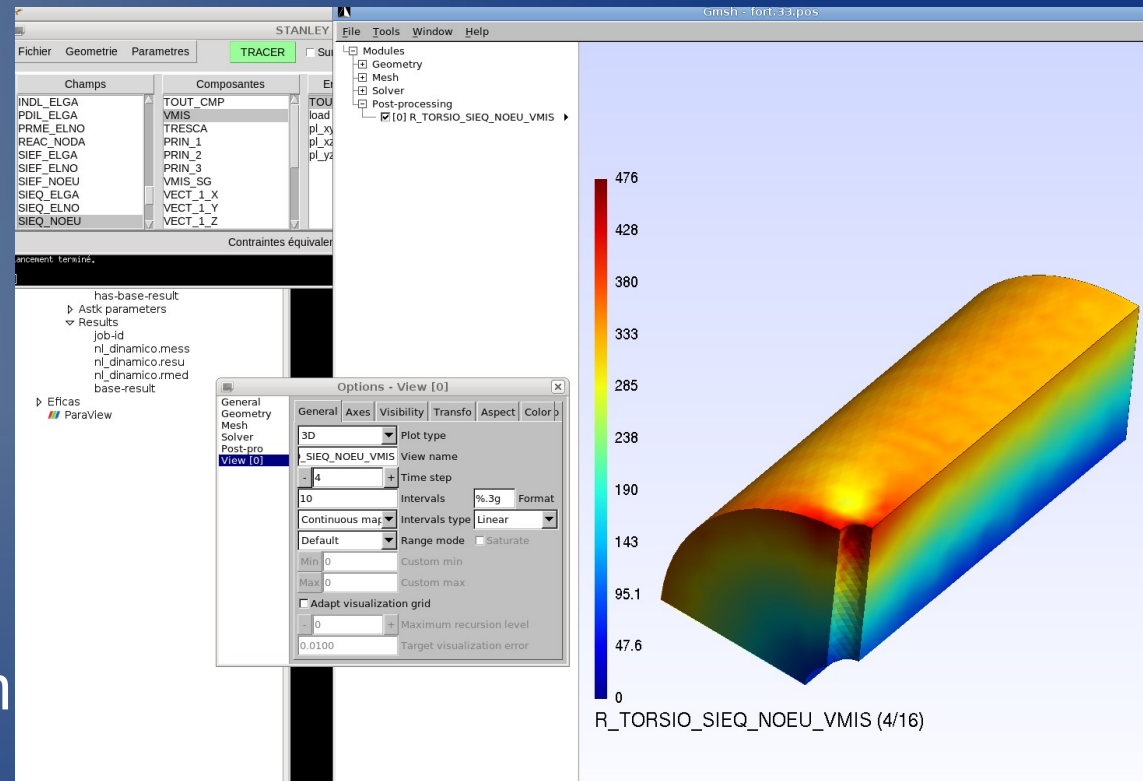
# La tensione ideale con segno

- Scelgo il campo SIEQ\_NOEU e la componente VMIS\_SG
- Tools/option/view[0]
- Aumento fino al passo 4 e noto una tendenza a comprimere al bordo esterno del foro trasversale



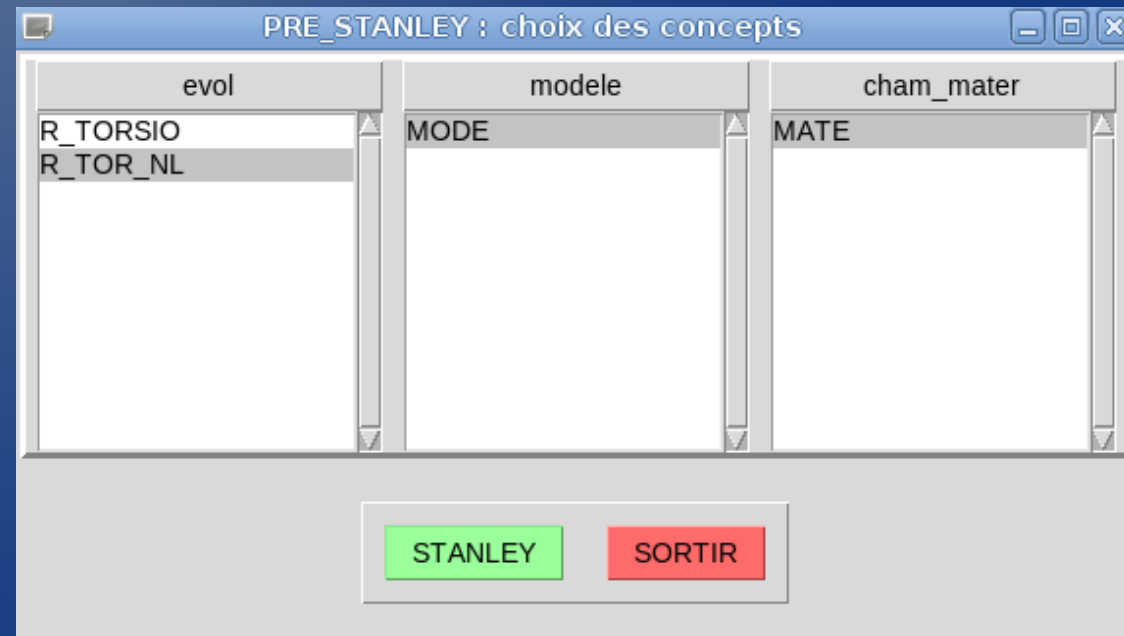
# Tensione ideale

- Cerchiamo nei “Champs” la voce SIEQ\_NOEU
- VMIS
- Entites Geometriques/isovaleur
- Semaforo verde quindi TRACER
- Gmsh mostra le frange colorate del campo di tensione ideale secondo Von Mises



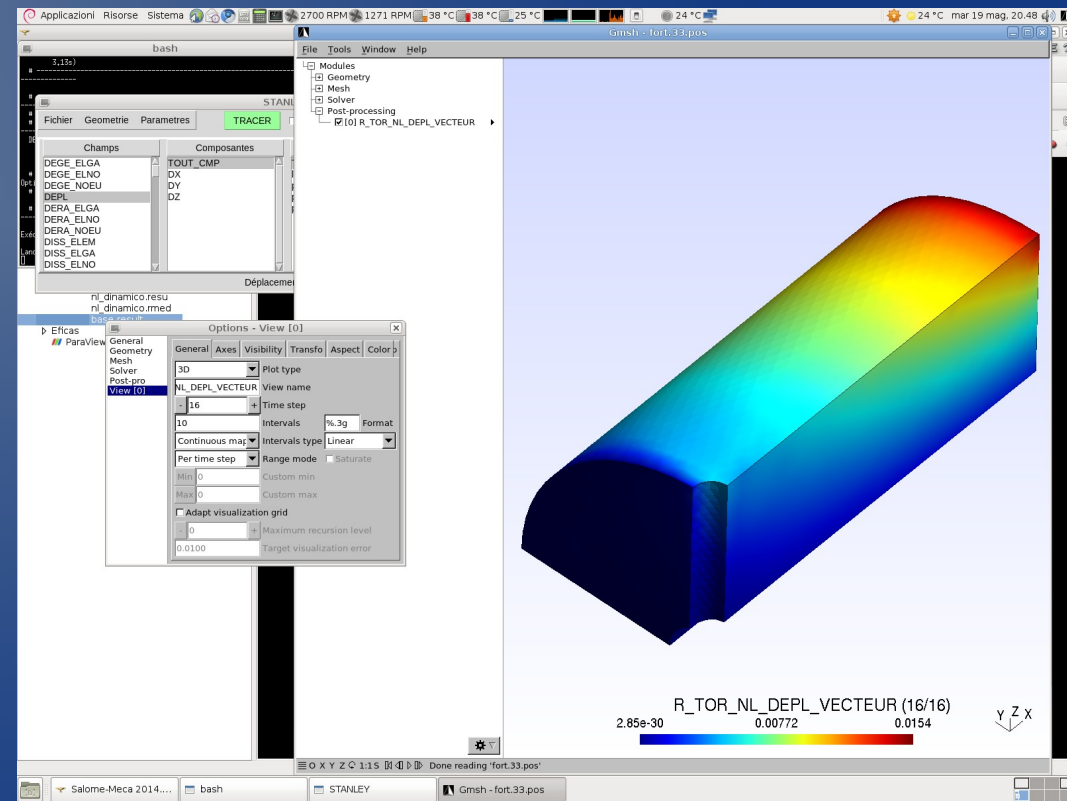
# Risultati del calcolo non lineare

- Click sul bottone azzurro SELECTION apre la maschera dei risultati
- Scegliamo R\_TOR\_NL per accedere ai risultati non lineari
- Una volta dentro stanley occorre impostare di nuovo gmsh e xgrace come visualizzatori



# Spostamenti

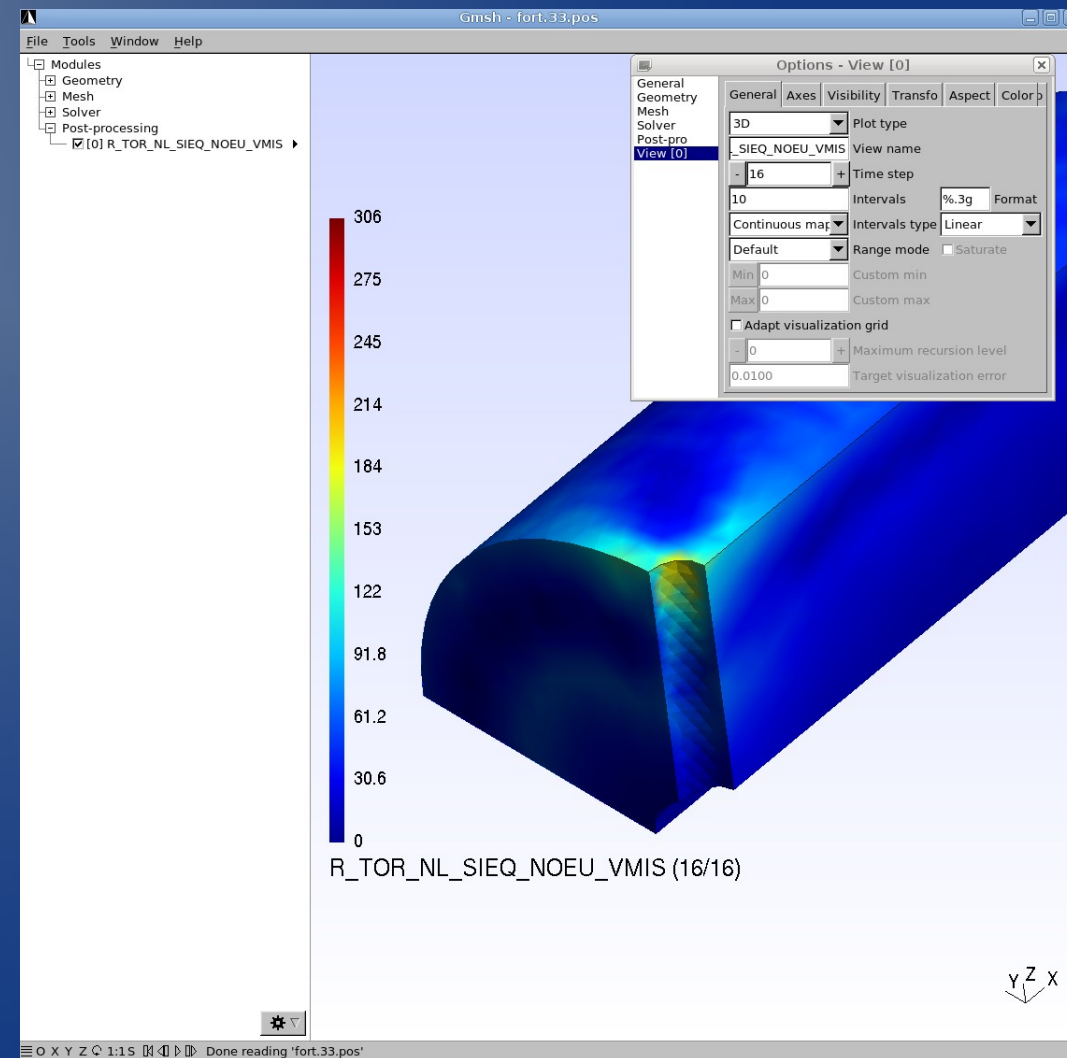
- Analogamente al calcolo lineare il campo DEPL e la voce TOUT\_CMP visualizza gli spostamenti
- Tools/option/view[0] apre la maschera dove mostrare i risultati relativi all'istante di tempo scelto
- Si noti la deformazione residua al passo nr 16 quando il carico è completamente rimosso





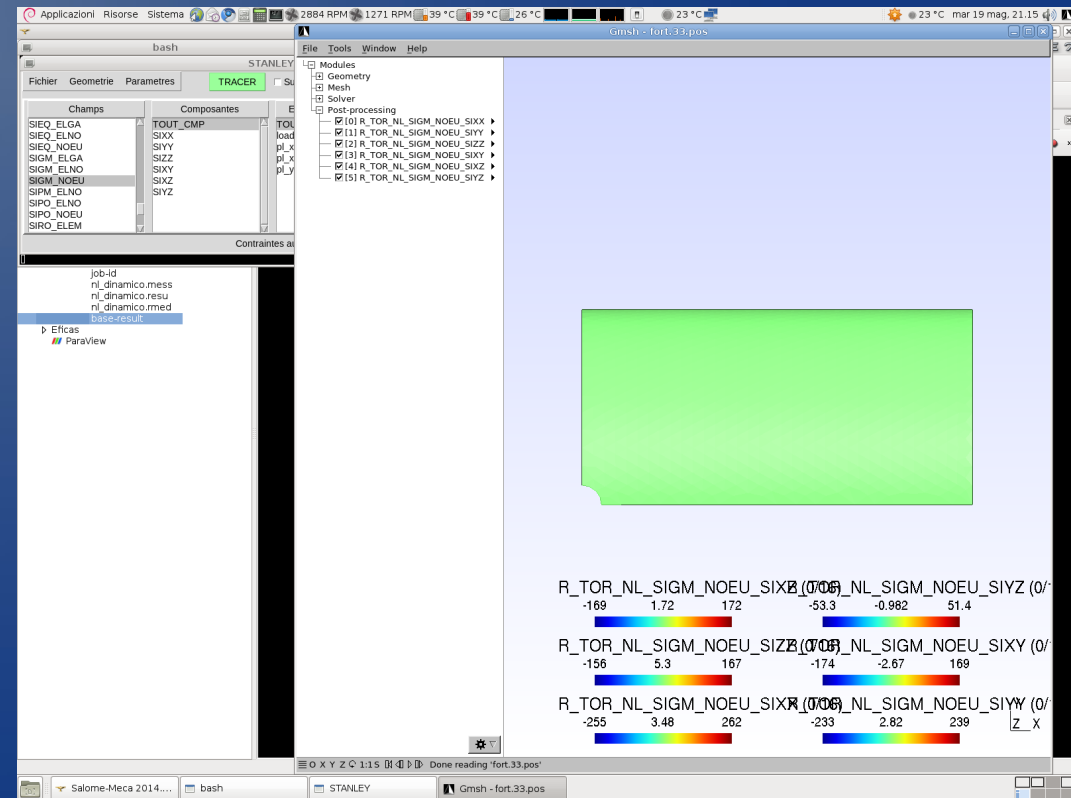
# Tensione equivalente

- Dal campo SIEQ\_NOEU la componente VMIS mostra il campo di tensione equivalente per ogni istante calcolato
- Nell'immagine si noti la tensione residua al passo 16 con il carico completamente rimosso



# Tensioni ai nodi

- Il campo SIGM\_NOEU mostra le tensioni ai nodi
- TOUT\_CMP mostra tutte le sei componenti di tensione
- Gmsh le mostra tutte insieme. Sbozzando la casella di controllo a fianco del risultato lo spengo.
- Tools/options poi scelgo la vista “accesa” per visualizzare le tensioni ai vari istanti



# Bibliografia

- [1] Jean-Pierre Aubry, “Beginning with Code\_aster”, Framabook, ISBN 979-10-92674-03-3
- [2] Angelo Di Tommaso, “Fondamenti di scienza delle costruzioni” parte II, Patron editore
- [3] Shigley, Mischke, “Mechanical engineering design”, McGraw-Hill Book, ISBN 0-07-100607-9

# Ringraziamenti

- Grazie ai presenti della pazienza e dell'attenzione
- Grazie all'università di Modena e Reggio Emilia nella persona del professor Bertocchi, per la disponibilità e lo spazio concesso