Laboratorio Progettazione del telaio

Lezione: 01/06/17

(Continuazione della lezione precedente di laboratorio)

Scopo lezione: analisi statica e dinamica di una monoscocca semplificata tipo formula SAE.

Scarico da wiki, nella sezione “FEM: telaio tipo formula SAE semplificato”, i seguenti file:

* <https://cdm.ing.unimo.it/dokuwiki/_media/wikitelaio2017/telaio_monocoque_2017_v009b.mud>
* <https://cdm.ing.unimo.it/dokuwiki/_media/wikitelaio2016/inerzia_parallelepipedo_equivalente_motore.ods>
* <https://cdm.ing.unimo.it/dokuwiki/_media/wikitelaio2016/inerzia_parallelepipedo_equivalente_gruppi_mozzo.ods>
* <https://cdm.ing.unimo.it/dokuwiki/_media/wikitelaio2016/telaio_monocoque_solomasse.mfd>

1. Apro con Marc\_Mentat il file *telaio\_monocoque\_2017\_v009b*
2. Aggiungiamo i gradi mancanti all’ RBE2 del portamozzo

* LINKS

🡪 RBE2

🡪 EDIT

🡪 (aggiungiamo gradi di libertà 4, 5, 6)

1. Controlliamo condizioni al bordo 🡪 ok, sono corrette.

Una volta controllato che il modello sia completo e giusto, passiamo ad analizzare la struttura:

1. Impostiamo il JOBS:

* JOBS

🡪 NEW

🡪 STRUCTURAL

🡪 name: *calcolo\_kt*

* + PROPERTIES

🡪 INITIAL LOAD

🡪 selezionare tutti i carichi iniziali

* + JOB RESULTS

🡪 selezioniamo:

* + - STRESS (MAX & MIN)
    - EQUIVALENT VON MISSES (MAX & MIN)

1. Lancio la simulazione:

* premo comandi CHECK, RENUMBER ALL (solito passaggio prima del SUBMIT)
* premo RUN

🡪 SUBMIT

1. Apriamo la deformata per vedere se hanno senso i risultati: “direi di sì” (cit. professore)
2. Effettuiamo calcolo della rigidezza torsionale attraverso la formula:

Poiché Marc ci fornisce solamente gli spostamenti (displacement), calcoliamo la rotazione attraverso la lunghezza della *careggiata* (c) e lo *spostamento sull’asse z* (dz). Poiché siamo in presenza di angoli piccoli possiamo approssimare la tangente all’angolo in radianti:

[rad]

quindi

[rad] = [deg] = 0,00104643

dove:

* dz = 0,0253191 mm
* c = 1387, 02 mm

dz è stato ricavato attraverso:

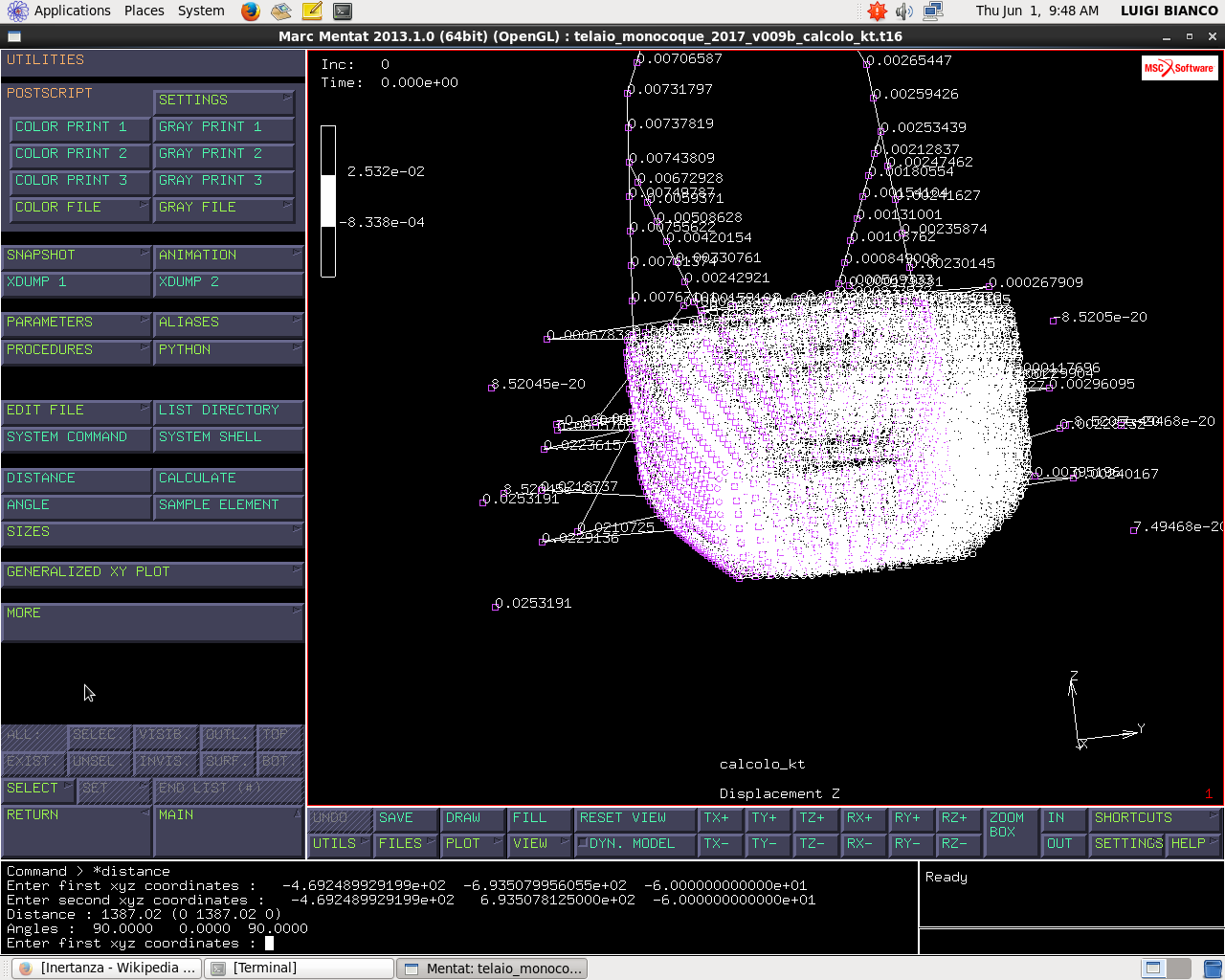
* selezionare NUMERICS dal menù e leggere il numero relativo allo spostamento (displacement Z) del portamozzo anteriore destro (vedi freccia verde immagine)

c è stato ricavato attraverso:

* UTILS (menù in basso)

🡪 DISTANCE

🡪 selezionare i punti a terra dx e sx (vedi freccia rossa immagine)



Quindi la rigidezza torsionale risulta:

1. Dal menù RESULTS, selezioniamo il sottomenù SCALAR PLOT:

* SCALAR

🡪 *Max Equivalent Von Mises Stress Across Layers.*

il quale ci da un’idea della distribuzione delle tensioni: in questo modo possiamo capire dove sarebbe meglio utilizzare dei rinforzi per la struttura

NOTA: è sbagliato utilizzare RBE3 tra attacchi sospensioni e centro-ruota nel calcolo di Kt perché in questo modo la sospensione risulterebbe scarica, e quindi non trasmetterebbe le reazioni al telaio.

1. Facciamo una prova cambiando modulo di Young al materiale della molla e verifichiamo che RBE2 funziona correttamente:

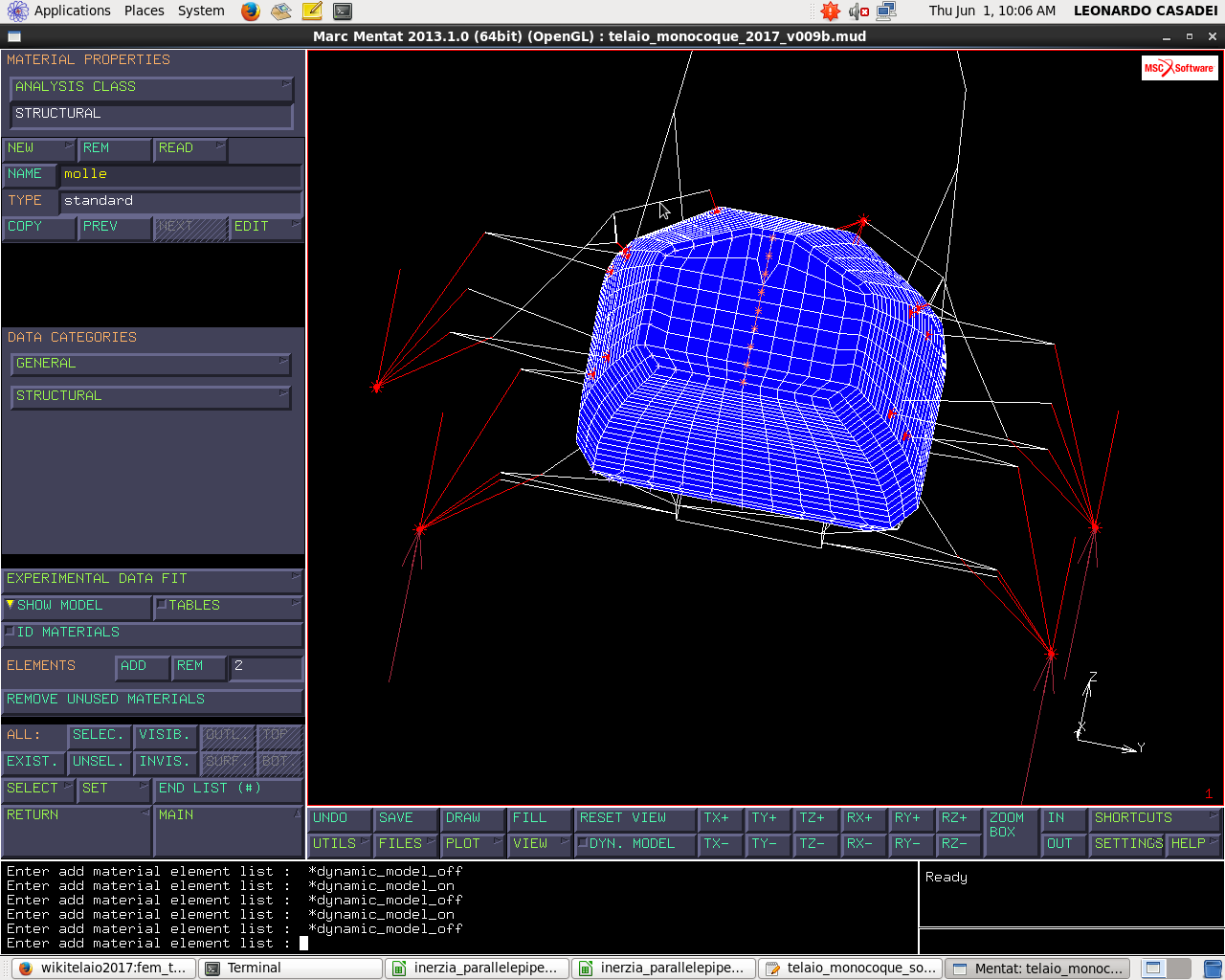
* MATERIAL PROPERTIES

🡪 NEW

🡪 STANDARD

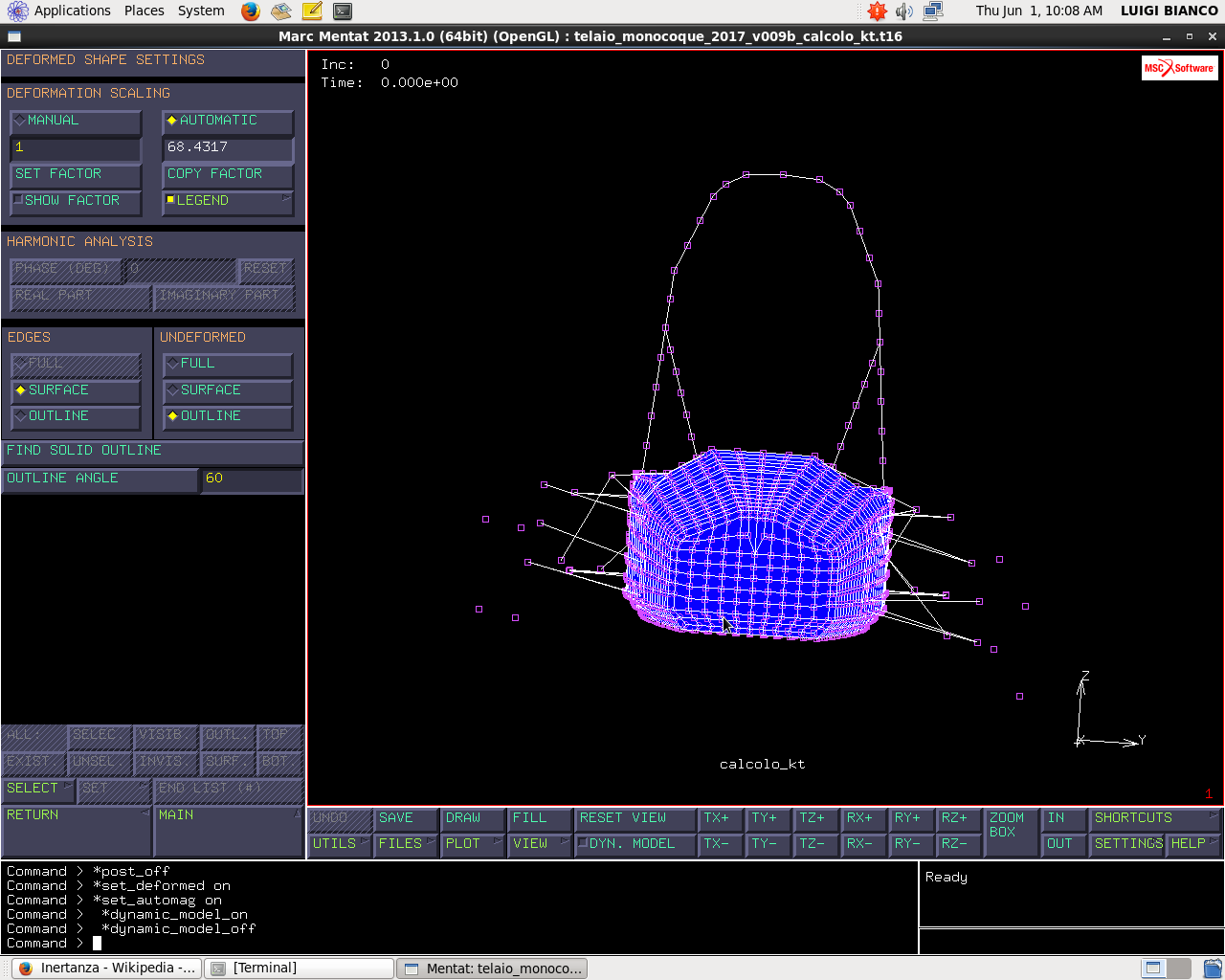
🡪 name: molle

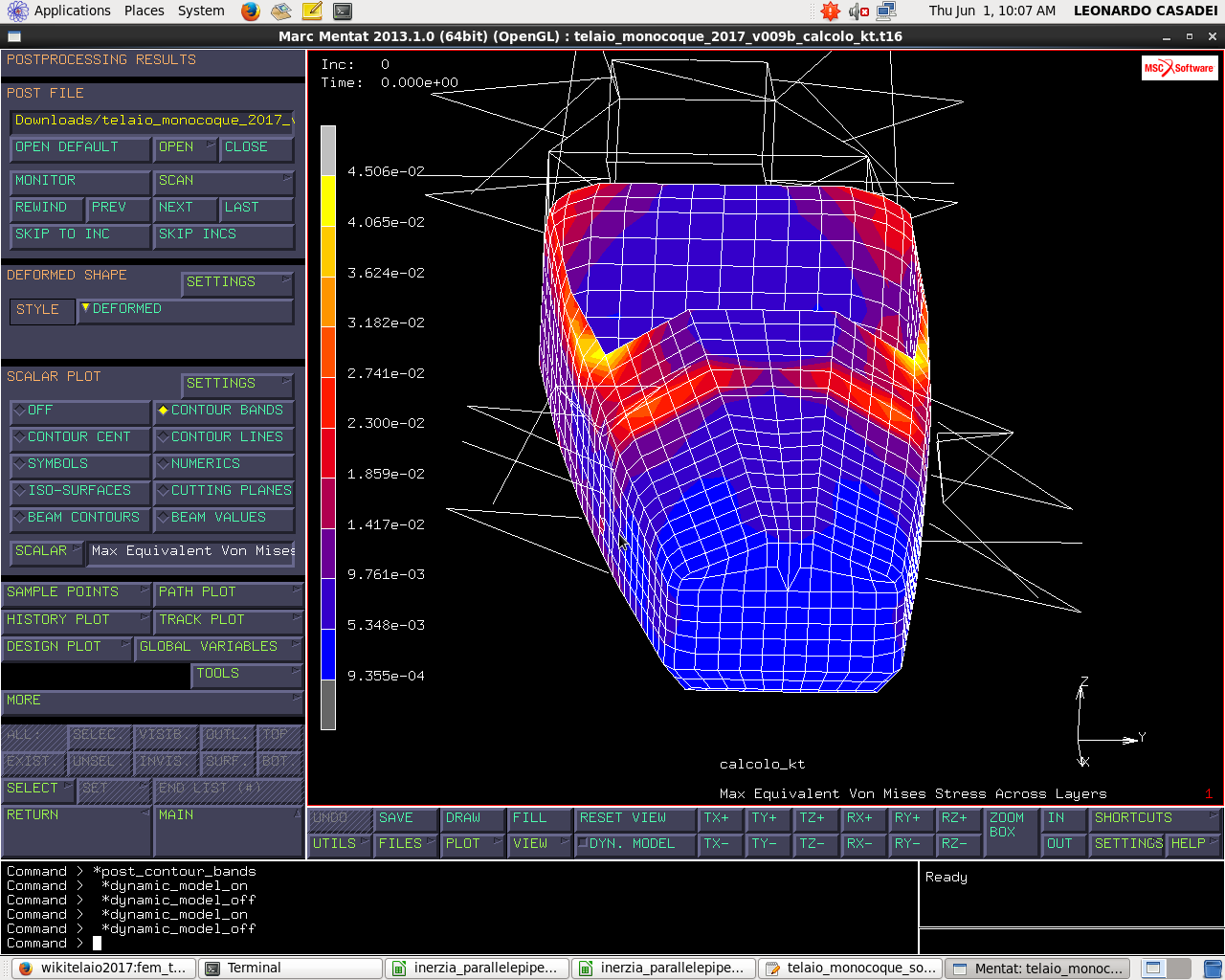
* + STRUCTURAL
    - YOUNG’S MODULS 🡪 porre 1 (molti ordine di grandezza inferiore a quello dell’acciaio);
    - POISSON’S RATIO 🡪 0
  + ADD 🡪 selezionare come elementi i due puntoni (vedi in figura);



1. Rilancio il JOBS:

* per visualizzare meglio la deformata cambio scala 🡪 manual: 100;
* dall’immagine (vedi figura) si nota:
  + tutta la rotazione è concentrata sulle molle: una si comprime e l’altra si espande;
  + la distribuzione delle tensioni è identica a prima, ciò vuol dire che il sistema di sospensioni funziona correttamente e trasmette bene le forze al telaio (verifica dell’RBE2 eseguita)





1. Verificato l’RBE2 reimpostiamo il materiale delle molle come in precedenza (alluminio);
2. Mentre è facile valutare il comportamento statico del veicolo, poiché nel calcolo della rigidezza torsionale dobbiamo considerare elementi del veicolo che hanno rigidezza paragonabile a quella del telaio (esempio motore), il comportamento dinamico è più difficile da valutare in quanto entrano in gioco masse e inerzie rilevanti (il veicolo infetti è soggetto ad accelerazioni).

Le masse rilevanti possono essere:

* gruppi ruota;
* motore (in Formula SAE costituisce ¼ della massa totale);
* serbatoio;
* pilota;
* pacchetto aerodinamico.

1. Nel caso trattato in questa lezione si esegue un analisi semplificata inserendo solo gruppo ruota e motore:

* Apriamo file scaricato ad inizio lezione: *telaio\_monocoque\_solomasse;*

Come si può vedere il file è già composto di:

* 4 nodi che corrispondono ai centri delle 4 ruote di cui uno è coperto da un elemento cubico rappresentativo della ruota (rappresentazione stilizzata);
* un altro cubo rappresentativo il motore.

1. Impostiamo RBE2 per il gruppo ruota e per il motore:

* LINKS

🡪 RBE2

🡪 NEW

🡪 NODE REFERENCE 🡪 selezionare centro del cubo della ruota

🡪 NODES ADD 🡪 selezionare i vertici del cubo della ruota (NO il centro!!)

🡪 attivare tutti i GDL (DOF)

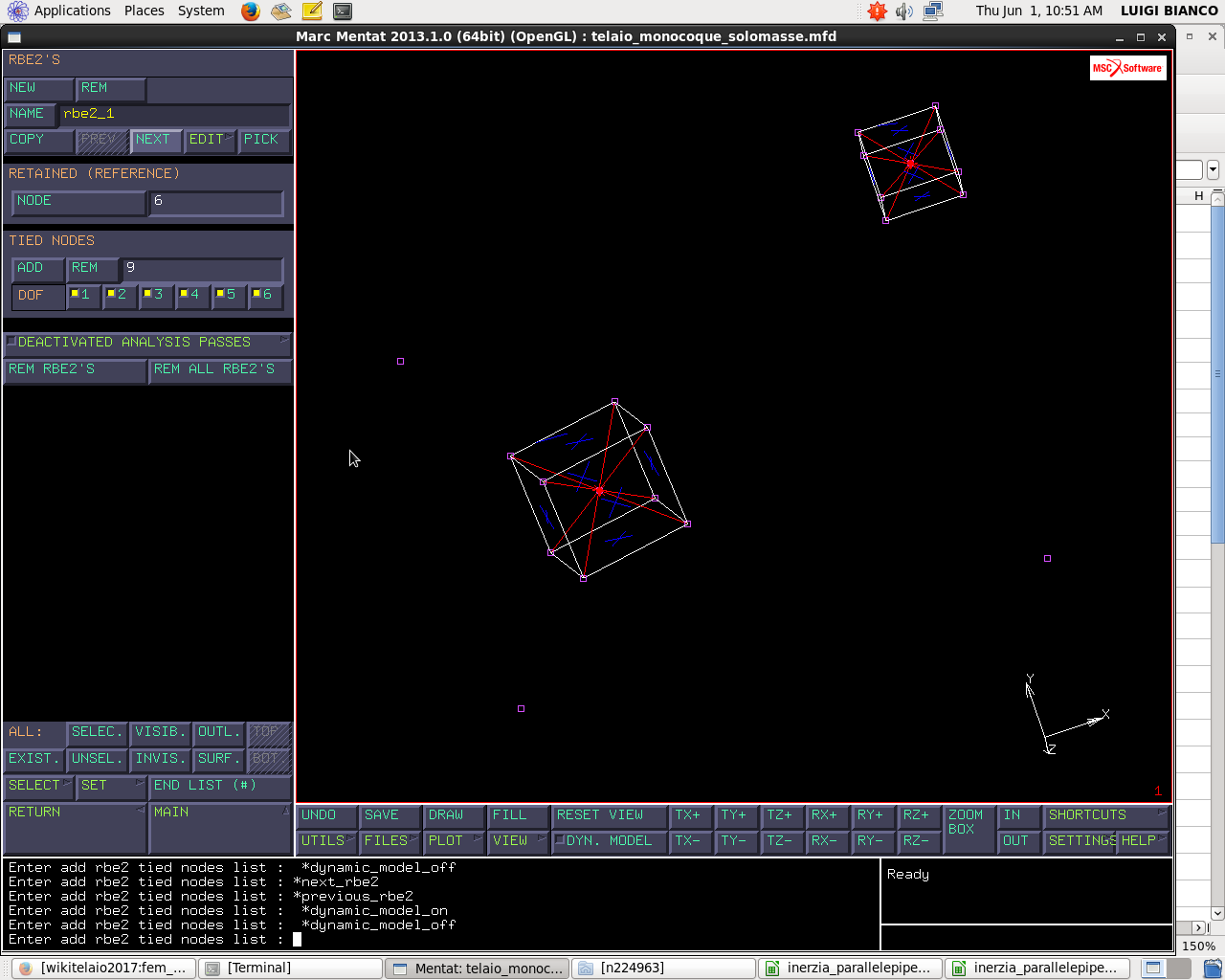
🡪 NEW

🡪 NODE REFERENCE 🡪centro del motore

🡪 NODE ADD 🡪 selezionare i vertici del cubo del motore (NO il

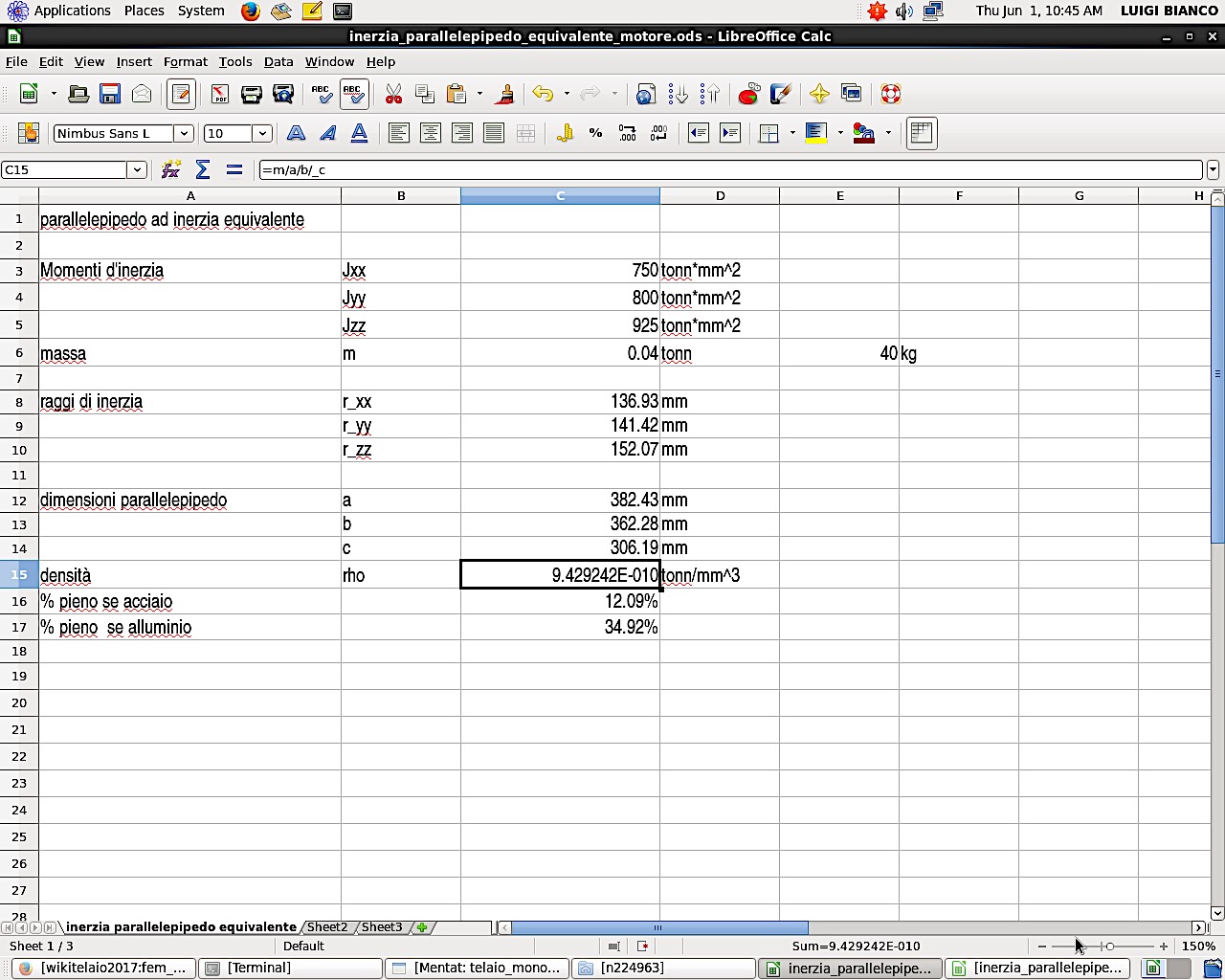
centro!!)

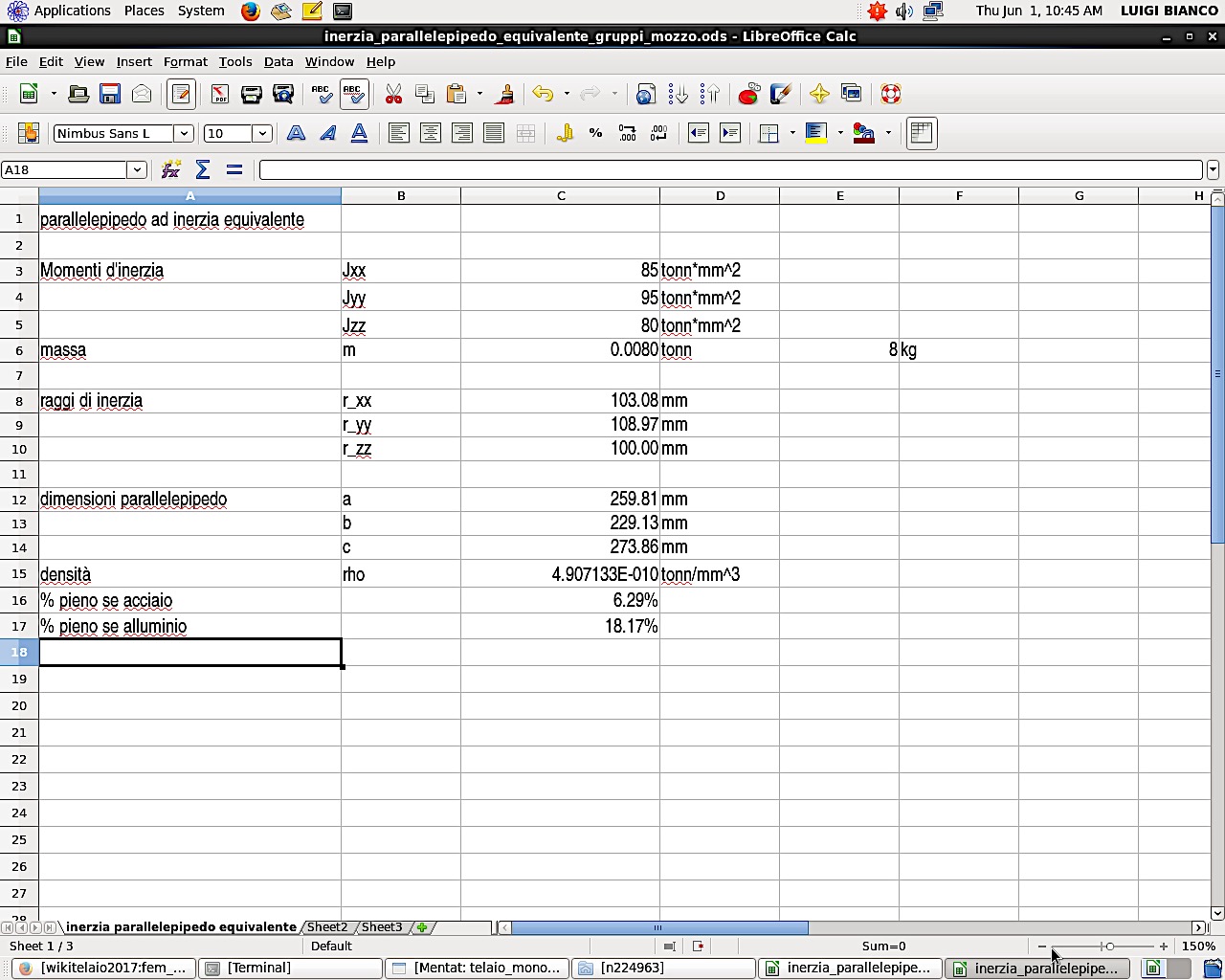
🡪 attivare tutti i GDL (DOF)



1. Applichiamo proprietà dei materiali gruppo-ruota e blocco-motore:

I valori vengono presi dai fogli di calcolo scaricati a inizio lezione in modo che i cubi approssimino fisicamente le ruote reali e il motore rispettivamente.





**Ruota**:

* MATERIAL PROPERTIES

🡪 NEW

🡪 STANDARD

🡪 name: ruota

* + GENERAL

🡪 MASS DENSITY: porre valore foglio calcolo: 4.907133e-10

* + STRUCTURAL

🡪 YOUNG’S MODULUS: porre valore: 1

(per il modulo di Young basta porre qualsiasi valore diverso da zero, in quanto l’RBE2, essendo infinitamente rigido, non risente del modulo di Young).

🡪 ELEMENTS

🡪 ADD

🡪 selezioniare l’elemento ruota

**Motore**:

* MATERIAL PROPERTIES

🡪 NEW

🡪 STANDARD

🡪 name: motore

* + GENERAL

🡪 MASS DENSITY: porre valore: 9.429242-10

* + STRUCTURAL

🡪 YOUNG’S MODULUS: porre valore: 1

(stesse considerazioni del Modulo di Young viste per il gruppo-ruota)

🡪 ELEMENTS

🡪 ADD

🡪 selezionare l’elemento motore

1. Duplichiamo il gruppo ruota sugli altri centro-ruota:

* MESH GENERATION

🡪 DUPLICATE

🡪 FROM/TO: selezionare il centro cubo-ruota e il nuovo centro ruota

🡪 DUPLICATE 🡪 selezionare il cubo-ruota

🡪 END LIST

Stesso procedimento per gli altri 2 centri-ruota.

1. Eseguire uno SWEEP ALL e salvare.
2. Torniamo al modello monoscocca e inseriamo il gruppo ruote e motore:

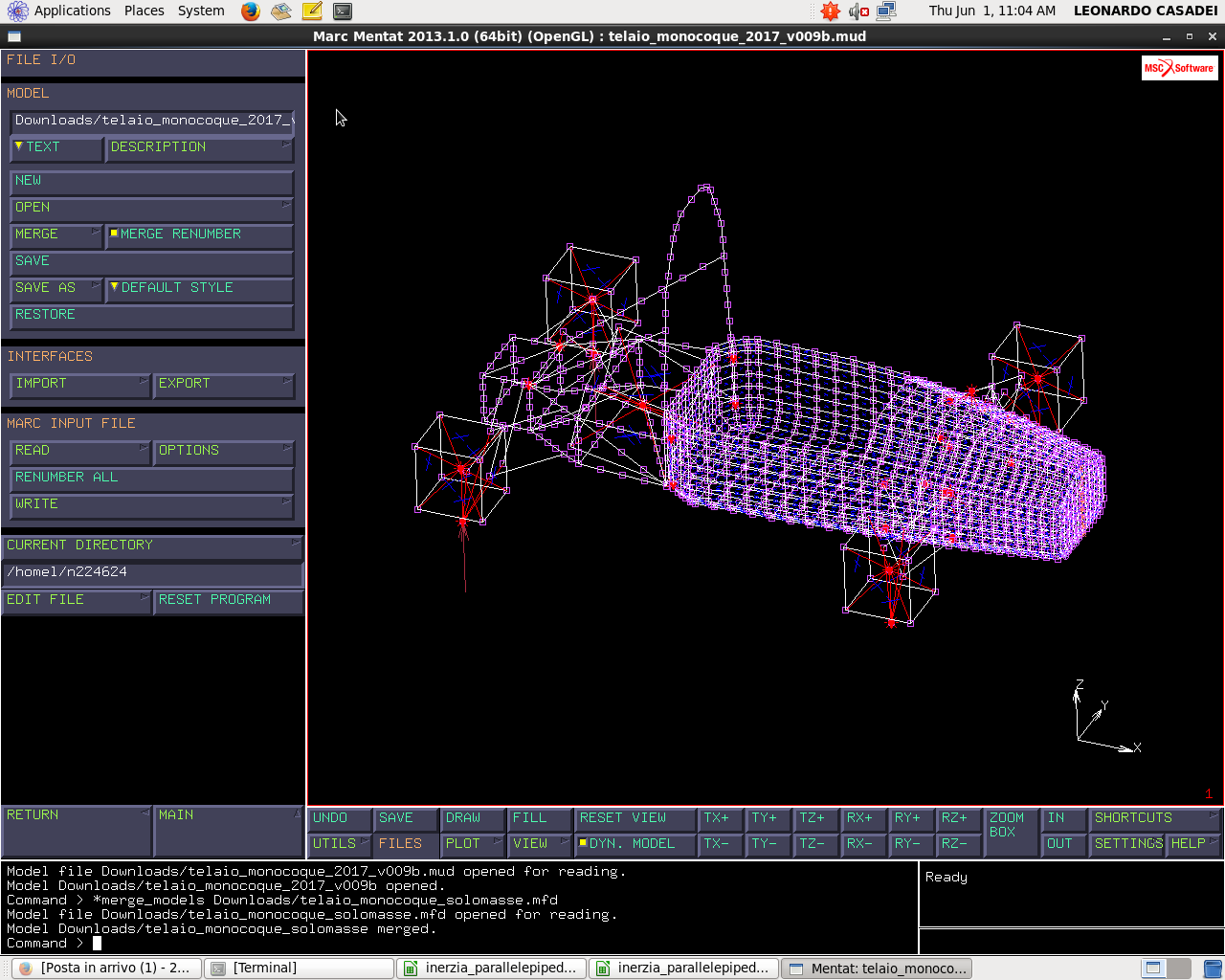
* FILES

🡪 OPEN

🡪 aprire *Telaio\_monocoque\_2017\_v009b*

🡪 MERGE

🡪 aprire *telaio\_monocoque\_solomasse*

**

1. Colleghiamo il motore al telaio attraverso RBE3 in modo da far passare solo le forze inerziali, senza andare a irrigidire il telaio:

* LINKS

🡪 RBE3

🡪 NEW

🡪 REFERENCE NODE

🡪 nodo centrale del motore

🡪 (attivare tutti e 6 i g.d.l.)

🡪 NODES

🡪 ADD

🡪 SET

🡪 selezionare

*punti\_attacco\_motopropulsore*

--> (attivare solo i primi 3 g.d.l. dei nodi appena aggiunti)

**Analisi Cinematica:**

* indaghiamo sui modi propri della struttura, in modo da valutare le frequenze proprie del sistema, dipendenti da:
  + rigidezza;
  + masse e inerzie.

E’ importante conoscere i modi propri del sistema per il fenomeno della risonanza.

Per l’analisi cinematica però togliamo i vincoli della prova statica poiché altrimenti avremo modi proprio della struttura diversi dalla realtà.

Esempi:

* Considerando una vettura che passa su un dosso, il sistema non è più vincolato a terra come in una prova statica poiché la vettura potrebbe sollevarsi, quindi non potremo studiare i modi propri del sistema vincolandolo a terra;
* Un elicottero essendo concepito per non avere vincoli, si distrugge se viene vincolato a terra (vedi video : <https://www.youtube.com/watch?v=-LFLV47VAbI>), questo perché ha modi propri diversi se vincolato o no.

1. Impostiamo l’analisi cinematica:

* LOADCASES

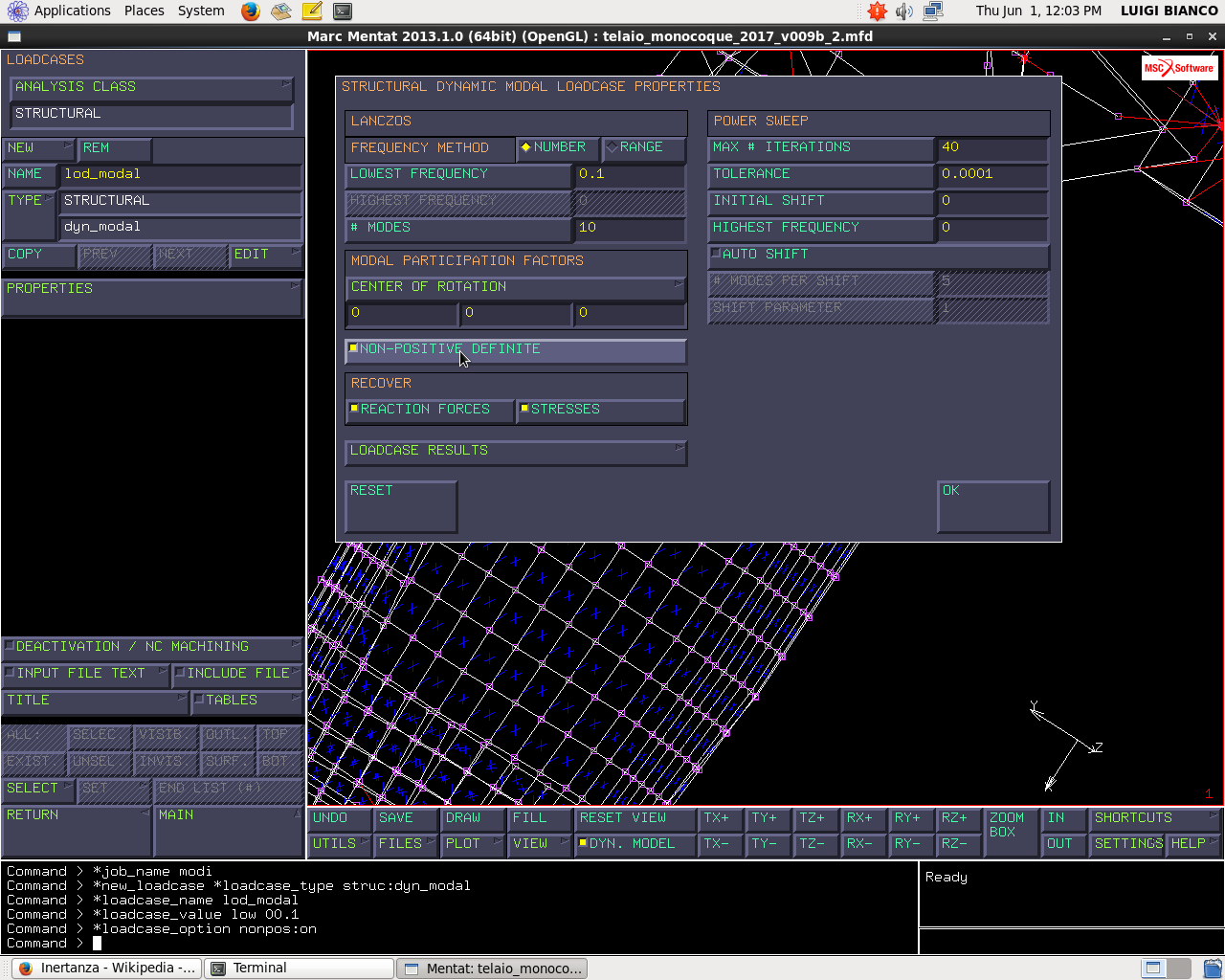
🡪 NEW

🡪 DYNAMIC MODEL

🡪 name: *lcase\_modal*

* + PROPERTIES:

🡪 (impostare come in figura)



* JOBS

🡪 NEW

🡪 STRUCTURAL

🡪 name: *modi\_propri*

* + PROPERTIES

🡪 attivare *lcase\_modal* (LOADCASE appena creato)

🡪 INITIAL LOADS

🡪 disattivare il tutto

🡪 JOB RESULTS

🡪 attivare:

*Equivalent Von Mises Stress*

*Stress*

1. Lancio la simulazione:

* premo comandi CHECK, RENUMBER ALL
* premo RUN

🡪 SUBMIT

Con i risultati ottenuti possiamo visualizzare i modi propri della struttura attraverso:

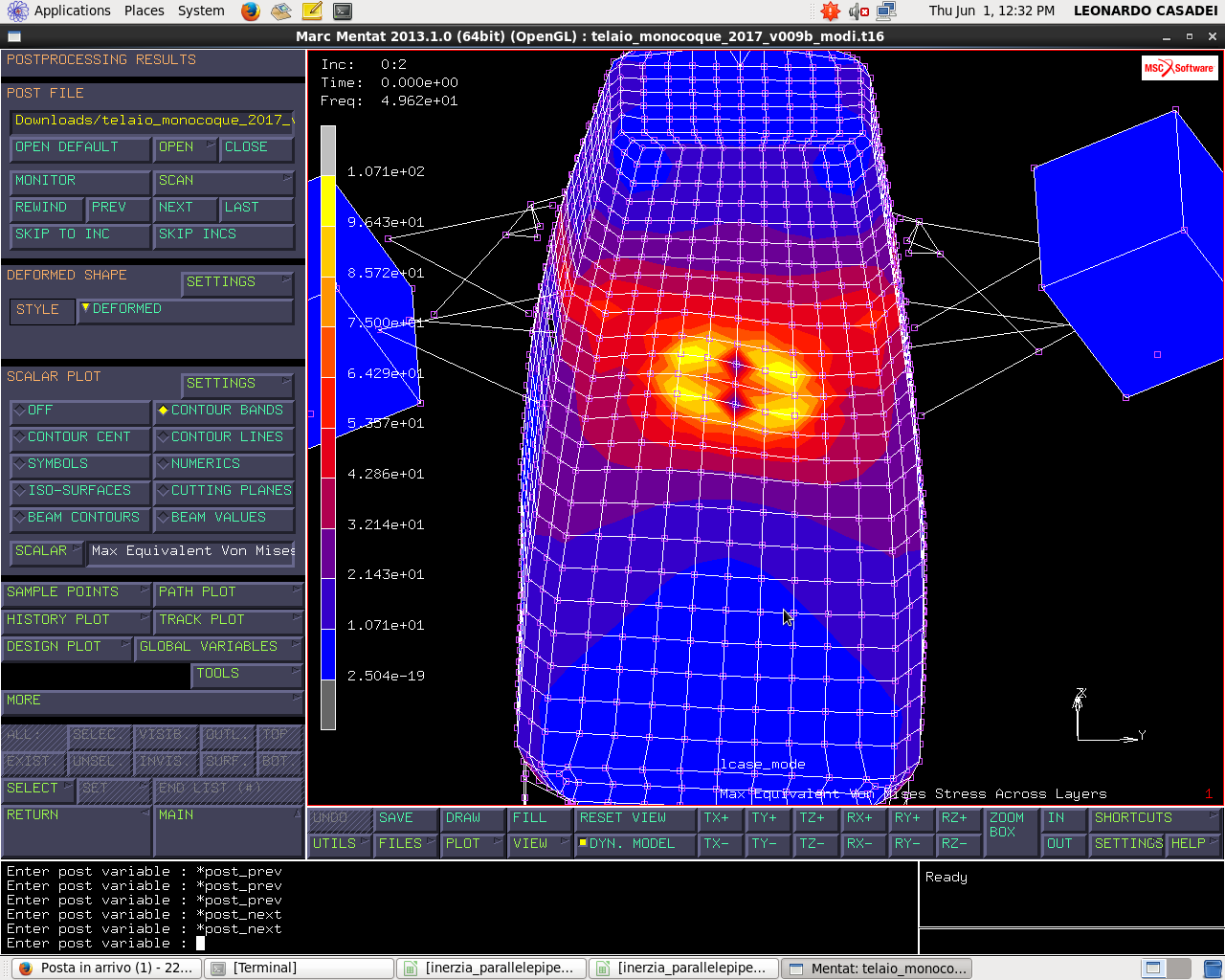
* JOB RESULTS

🡪 cliccando il tasto NEXT si possono scorrere tutti i 10 modi propri del sistema, anche se quelli importanti sono i primi 5, di cui i primi tre sono:

* + - * I MODO: TORSIONALE;
      * II MODO: STERZO;
      * III MODO: FLESSIONALE

Considerazioni e osservazioni:

* 1. per alzare la frequenza del primo modo (cioè quello torsionale) si può alleggerire o il gruppo-ruota o il telaio;
  2. per quanto riguarda il secondo modo (cioè quello di sterzo) si fanno sentire le inerzie delle ruote e si può osservare dai risultati la sovrasollecitazione sul fondo vettura (vedi figura)



* 1. per quanto riguarda il terzo modo (cioè quello flessionale) si nota la sovrasollecitazione nei punti di attacco della monoscocca.

Per continuare l’Analisi calcoliamo *l’****inertanza***, la quale è una quantità scalare e serve a valutare l’attitudine di una struttura a seguito di un’applicazione di una forza.

1. Per applicare una forza dinamica:

* BOUNDARY CONDITIONS

🡪 NEW

🡪 STRUCTURAL

🡪 HARMONIC POINT LOAD

🡪 name: *harmonic\_load*

* + PROPERTIES:

🡪 FORCE Z

🡪 MAGNITUDE: porre valore 1;

🡪 PHASE: porre valore 0.

🡪 ADD:

🡪 punto a terra ruota anteriore dx

1. Nuova analisi:

* LOADCASE

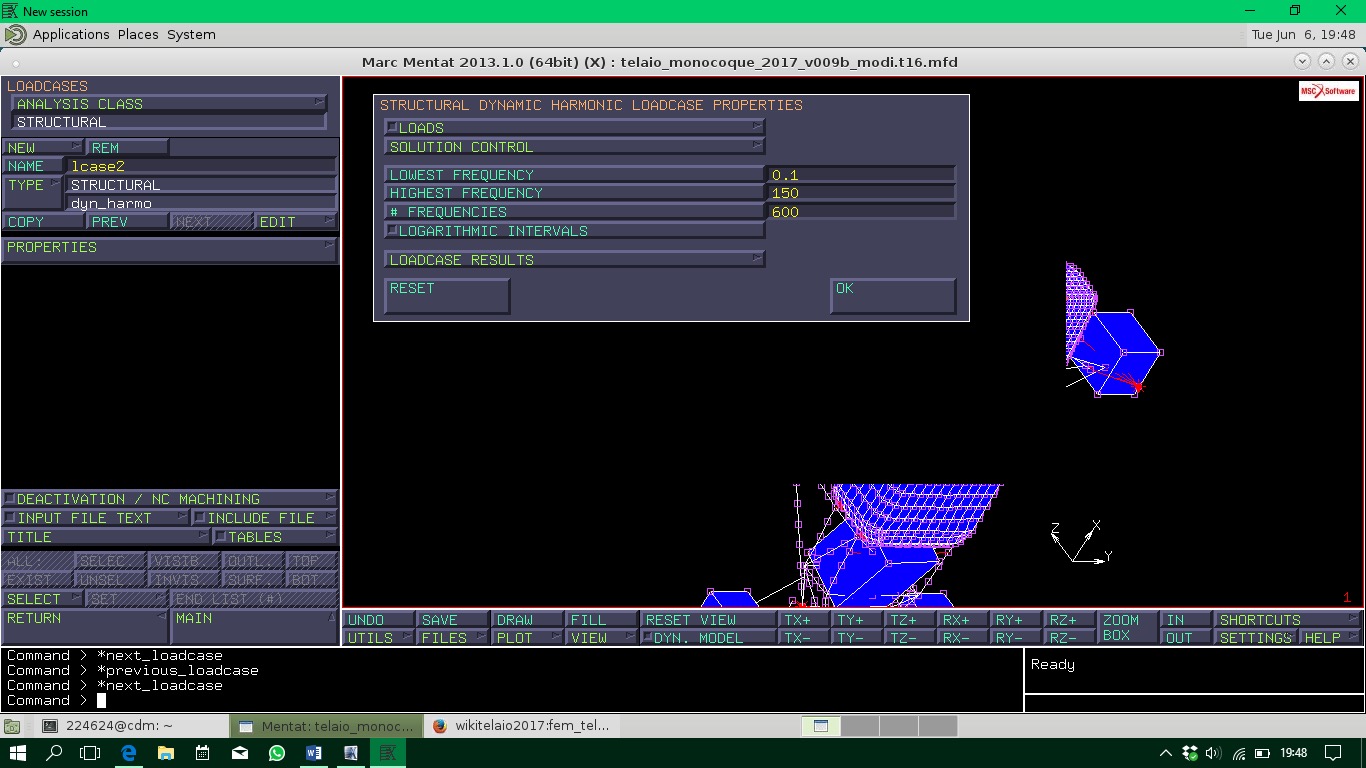
🡪 NEW

🡪 TYPE

🡪 DYNAMIC HARMONIC

🡪 name: *lcase2*

* + PROPERTIES

🡪 impostare come tabella sottostante

🡪 SOLUTION CONTROL

🡪 attivare NON-POSITIVE DEFINITE

In questo modo abbiamo applicato una forza al punto a terra della ruota anteriore dx modulata per un , facendo variare in frequenza da 1 Hz a 150 Hz con un passo di 0,25 Hz. Così facendo abbiamo applicato al sistema una forza a frequenze via via più alte e vediamo la risposta della struttura.

1. Andiamo a impostare il JOBS

* JOBS

🡪 NEW

🡪 STRUCTURAL

🡪 name: harmonic;

* + PROPERTIES

🡪 attivare *lcase2;*

🡪 INITIAL LOADS

🡪 eliminiamo tutto eccetto *armonic\_load* (boundary condition)

🡪 JOB RESULTS

🡪 attivare:

*Equivalent Von Mises Stress*

*Stress*

Per il calcolo dell’Inertanza abbiamo bisogno dell’accelerazione (vedi formula sopra), ma siccome Marc ci fornisce solo gli spostamenti allora ci calcoliamo le accelerazioni attraverso la derivata seconda degli spostamenti:

OSS.: quindi per passare dagli spostamenti alle accelerazioni basta moltiplicare per .

1. Andiamo a plottare gli spostamenti in funzione della frequenza:

* HISTORY PLOT

🡪 SET LOCATION

🡪 selezionare il punto a terra anteriore dx

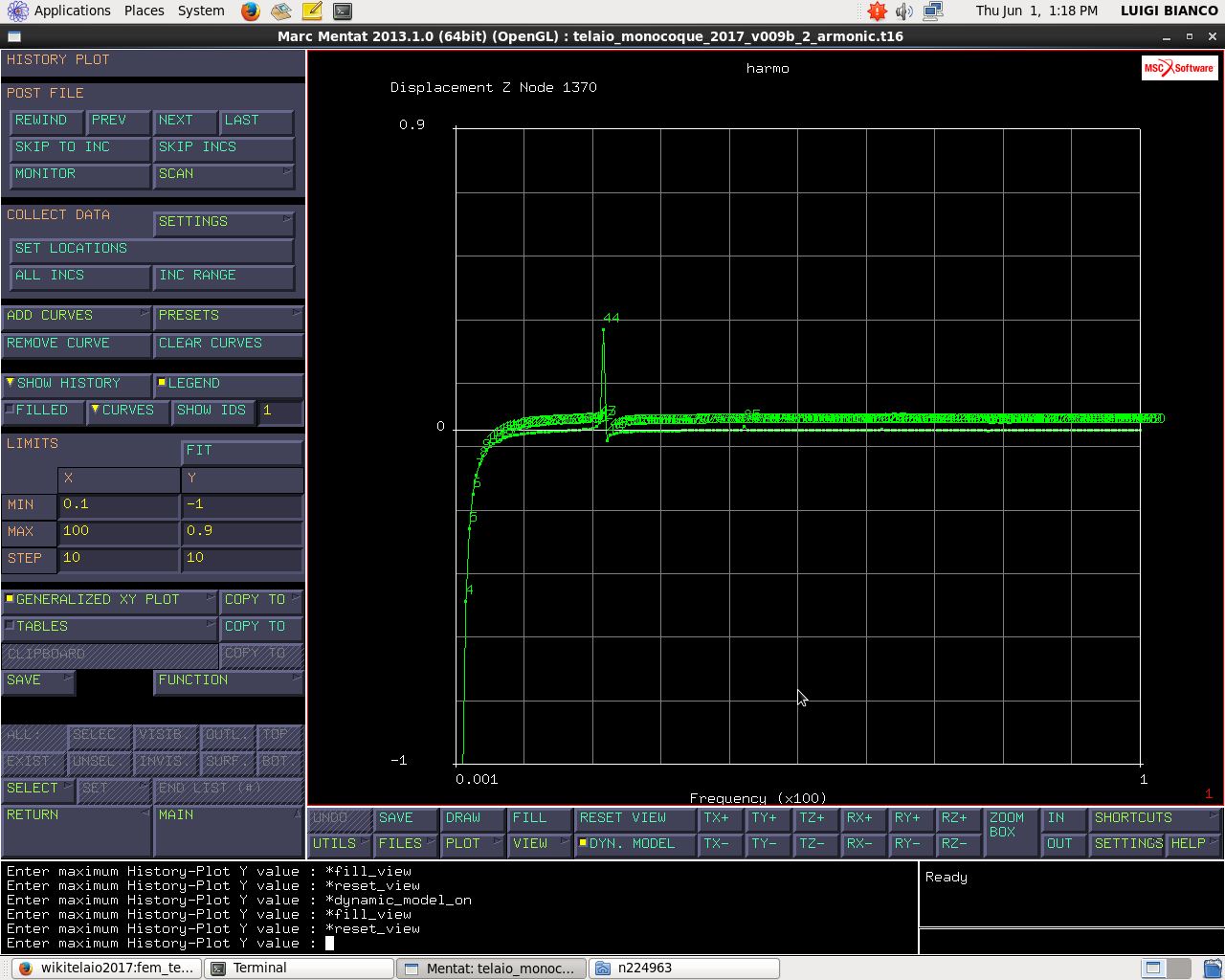
🡪 INC RANGE

🡪 nel terminal scrivo: 0:1 (premo invio), 0:150 (premo invio)

🡪 ADD CURVE

🡪 ALL LOCATION:

* + - * GLOBAL VARIABLES: *frequency;*
      * VARIABLES AT LOCATION: *displacement Z.*

Il quale grafico è: