



Barriere di sicurezza stradali

Quadro normativo e tipologie di dispositivi

Virtual Testing

Prof. Ing. Marco Anghileri.
Politecnico di Milano

Roma, 18 giugno 2024



- **Marco Anghileri:**
 - **Docente di “Sicurezza Passiva” e “Strutture Aerospaziali” al Politecnico di Milano.**
 - **Direttore del laboratorio di Sicurezza Passiva del Politecnico di Milano.**
 - **Coordinatore del CEN/TC226/WG1/TG5 (Computational Mechanics Europe)**
 - **Coordinatore dei gruppi di lavoro UNI:**
 - **UNI/CT 012/SC 01 "Attrezzature stradali"**
 - **UNI/CT 012/SC 01/GL01 “Barriere di sicurezza”,**
 - **UNI/CT 012/SC 01/GL07 “Meccanica computazionale”,**
 - **UNI/CT 012/SC 01/GL21 “Sicurezza passiva in ambito pali”,**
 - **UNI/CT 012/GL04 “Ricostruzione degli incidenti”**



Virtual testing

- **Modelli ad elementi finiti:**
 - **Tecnica nata 1950-1960.**
 - **Primo programma: NASTRAN (Nasa Strain Analysis).**
 - **Nessun pre-post processore.**
 - **Nessuna grafica.**
 - **Modelli su schede perforate**
 - **In uscita tabulati con spostamenti nodali e sforzi negli elementi.**
 - **Prime applicazioni a fenomeni di impatto: fine anni 80 (LLNL Dyna3d). Sicurezza centrali nucleari.**



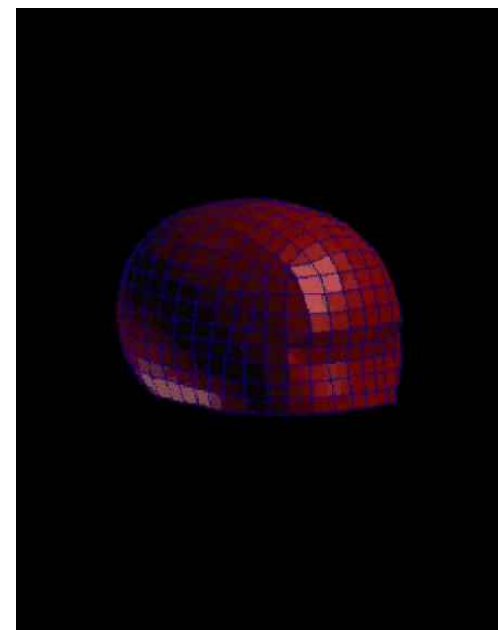
Virtual testing.

- Dal LLNL DYNA3D sono nati tutti i software commerciali esistenti:
 - ANSYS Ls_dyna
 - Radioss
 - Explicit Abaqus
 - Pamcrash
 - Dytran
- Prime applicazioni a sistemi di ritenuta stradale anni 1990-2000.
- Modelli multi-corpo per analisi di impatto:
 - Anni 70 (Vedyac o Madymo).
 - Pochi gradi di libertà .
 - Molto veloci.
 - Dettaglio non confrontabile con gli elementi finiti.
 - Ancora utilizzati per la ricostruzione degli incidenti (es. Pc-crash).



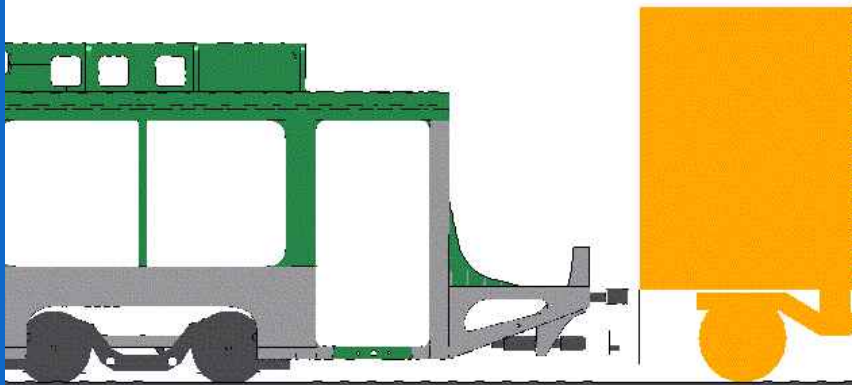
Le simulazioni ad elementi finiti

- I codici agli elementi finiti oggi permettono di simulare praticamente tutti gli eventi che ritroviamo durante un impatto.
- I modelli sono sempre più complicati e costosi.
- Purtroppo la bontà del modello è valutata a volte in base alla bellezza delle immagini create.

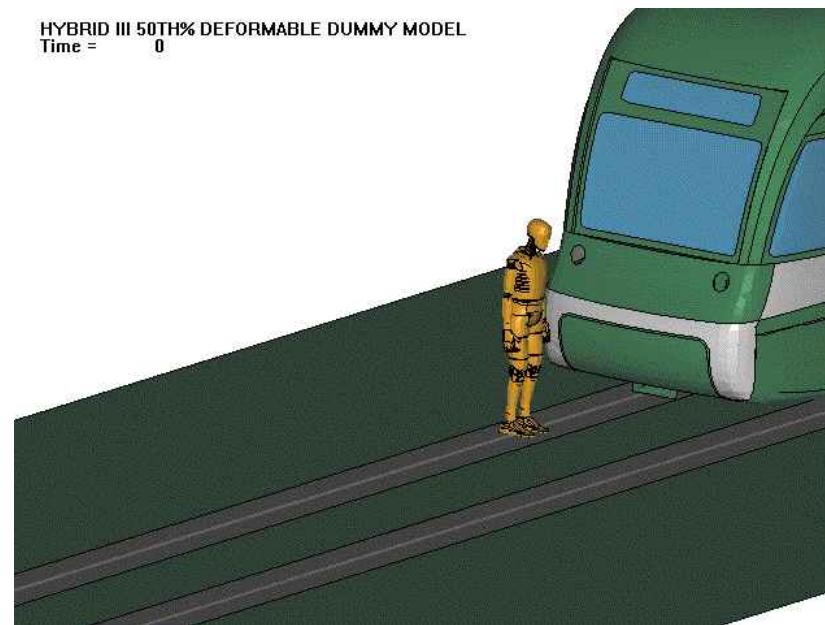




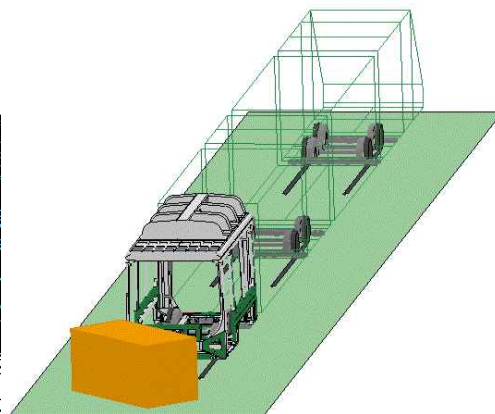
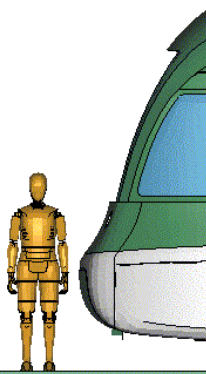
LS-DYNA user input
Time = 0



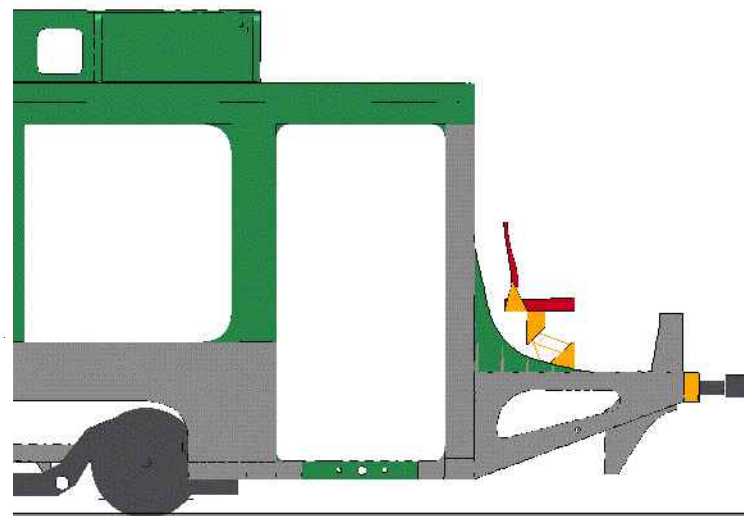
HYBRID III 50TH% DEFORMABLE DUMMY MODEL
Time = 0



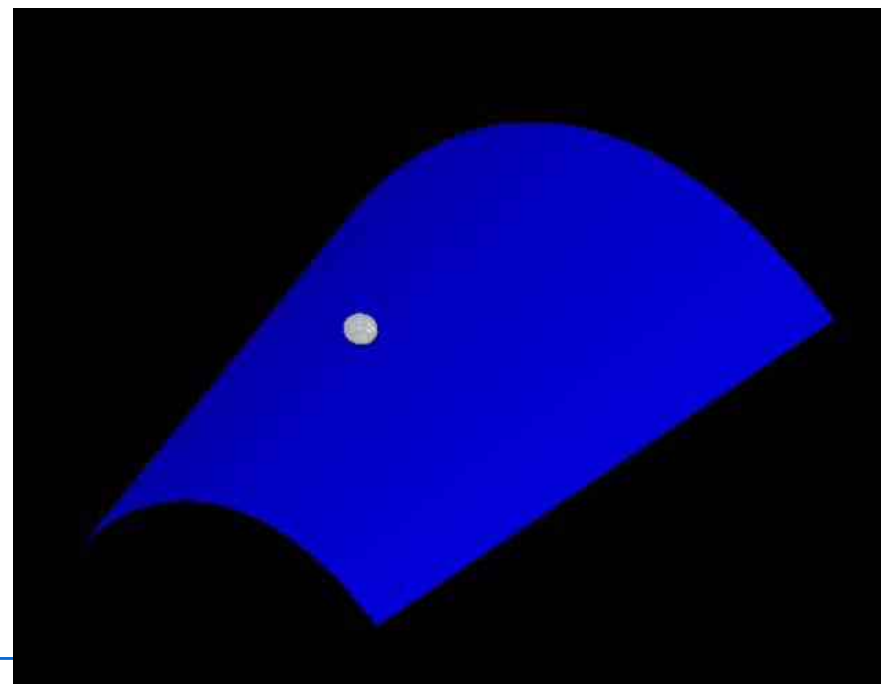
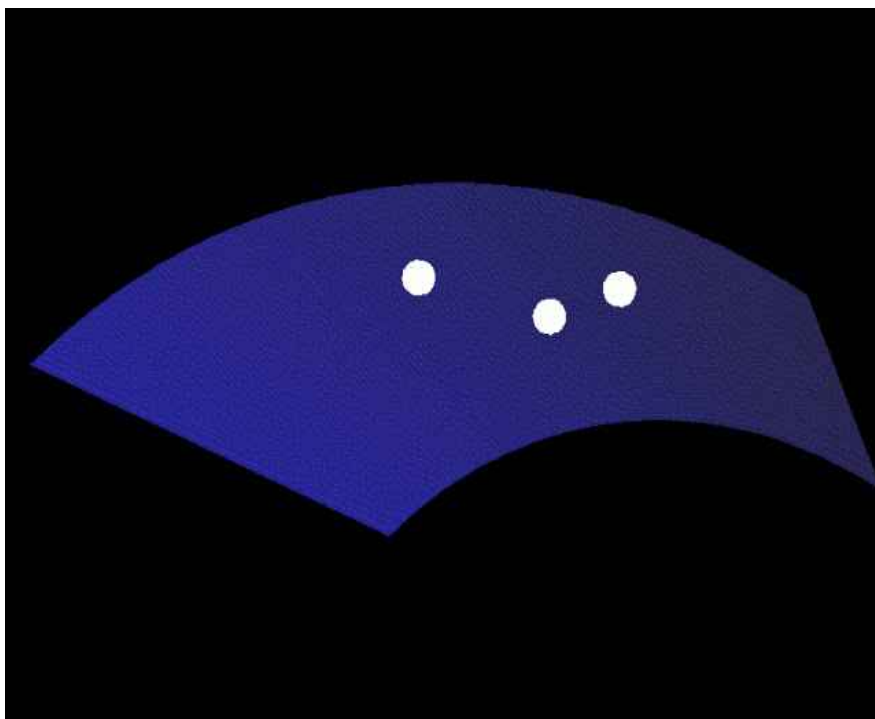
HYBRID III 50TH% DEFORMABLE DUMMY MODEL
Time = 0

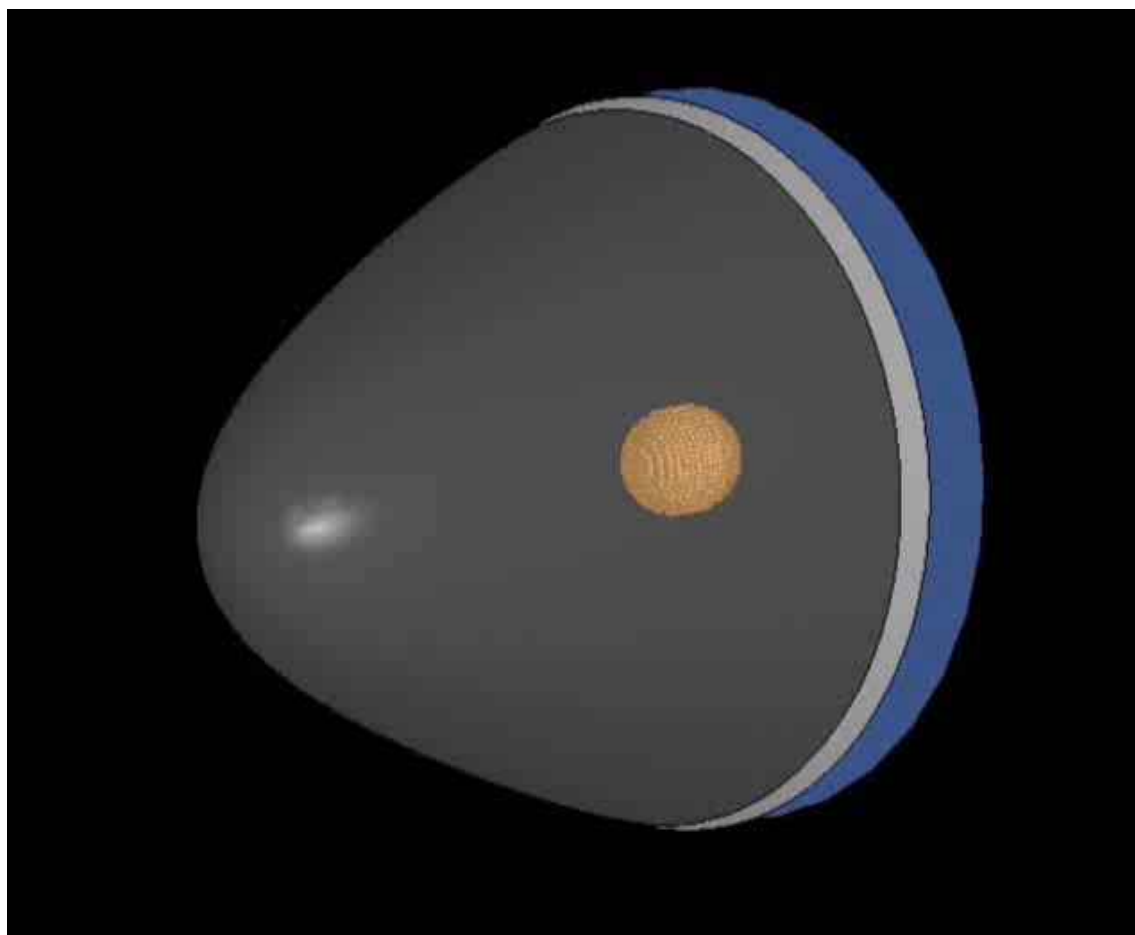
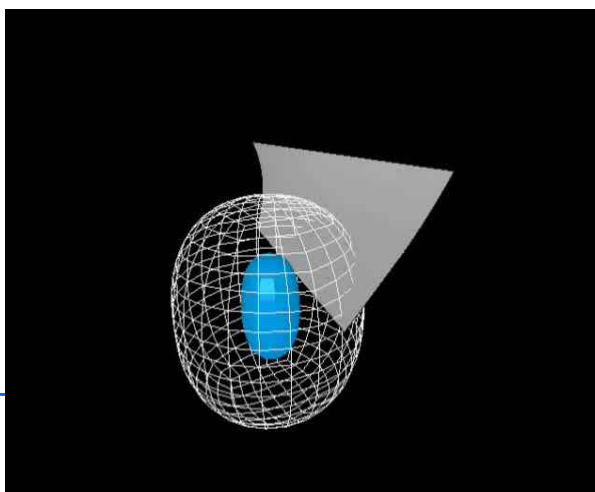
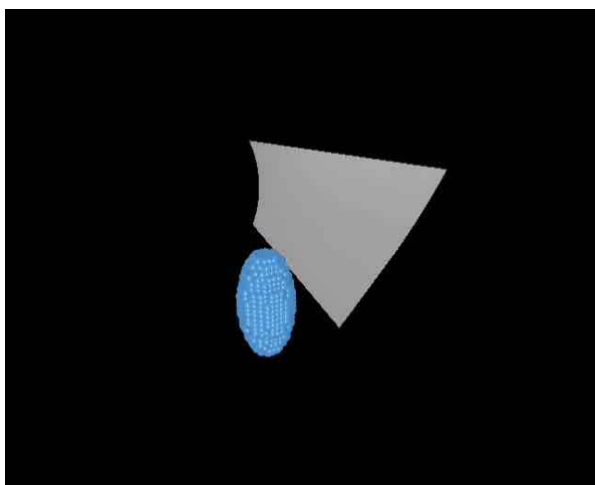
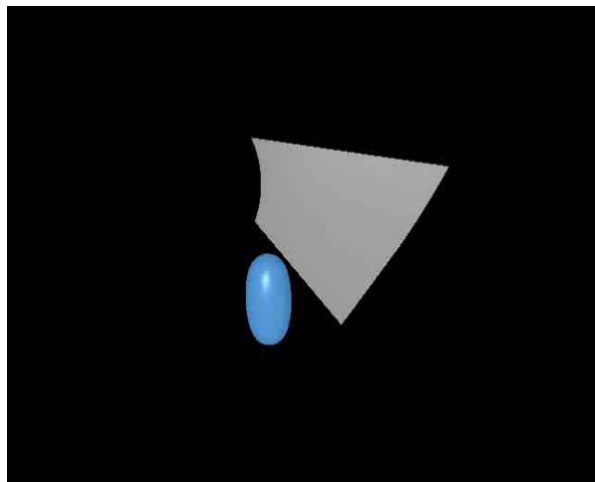


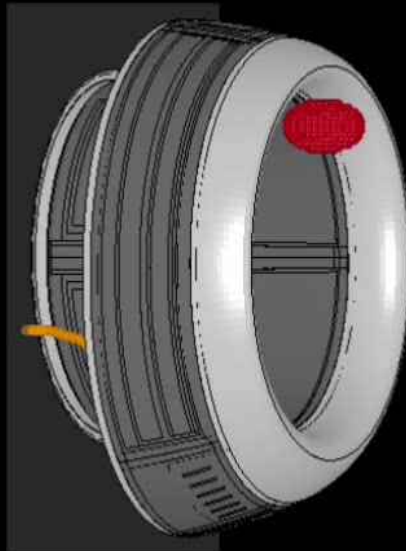
LS-DYNA USER INPUT
Time = 0



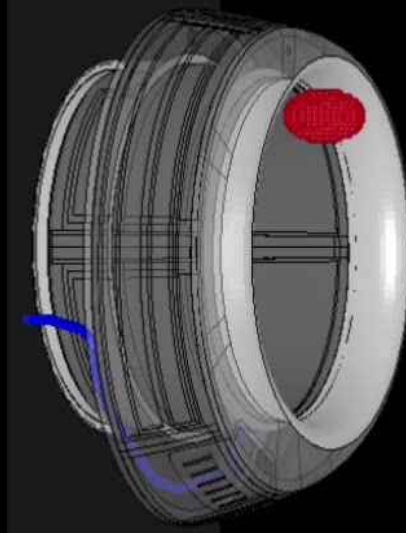






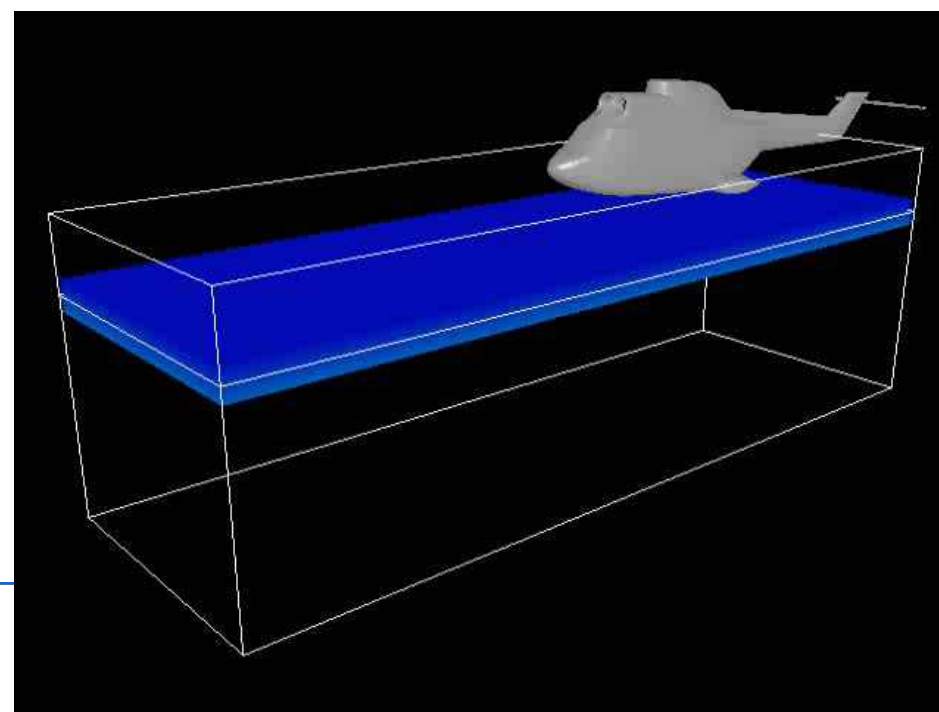
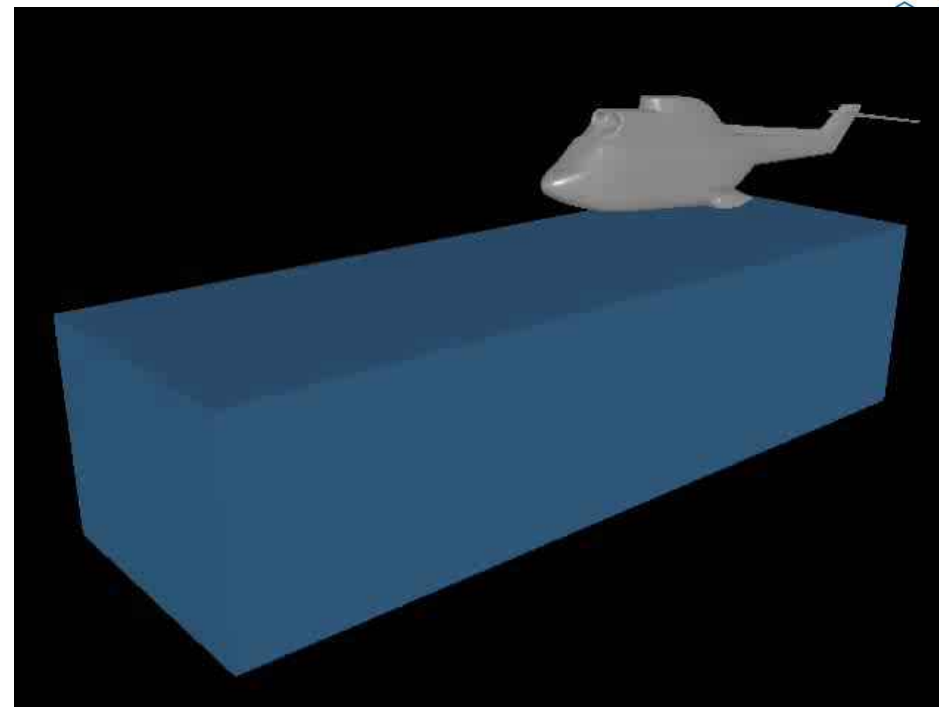
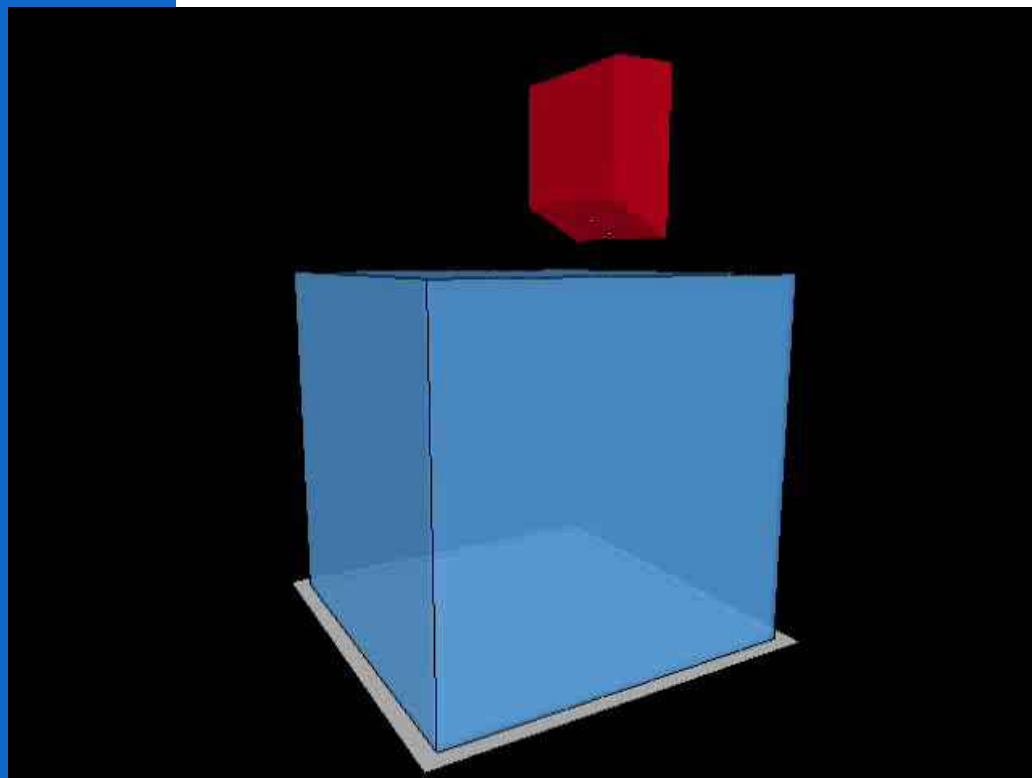


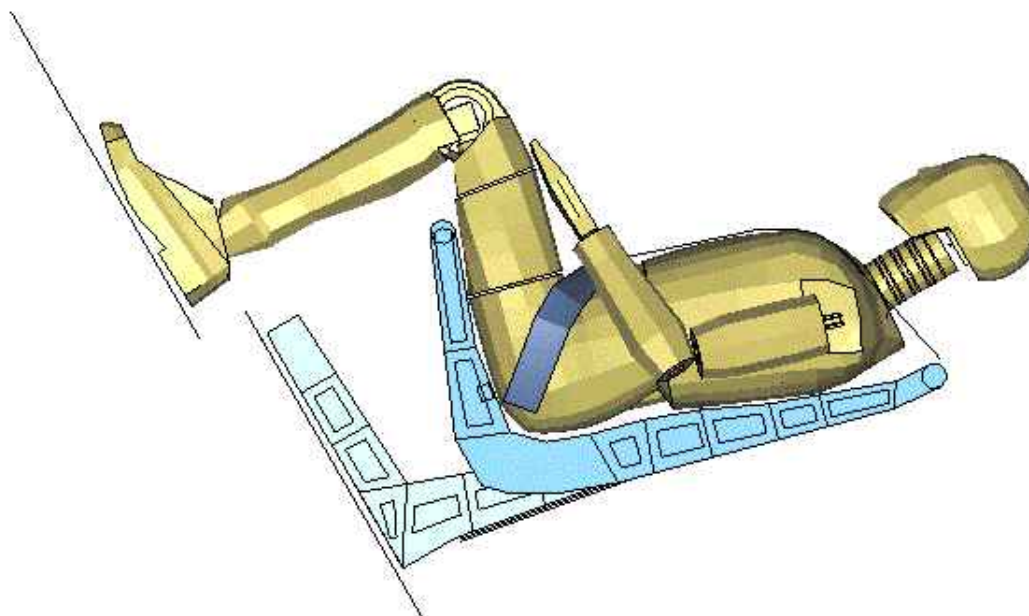
Contours of Effective Stress (v-m)
max tip value
min=0, at elem # 200000
max=0, at elem # 200000

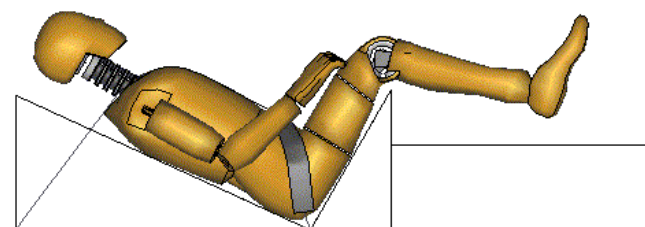


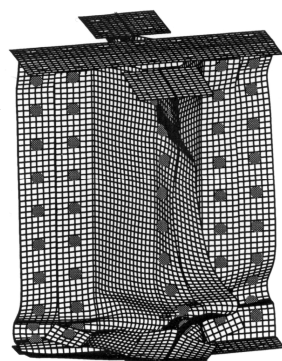
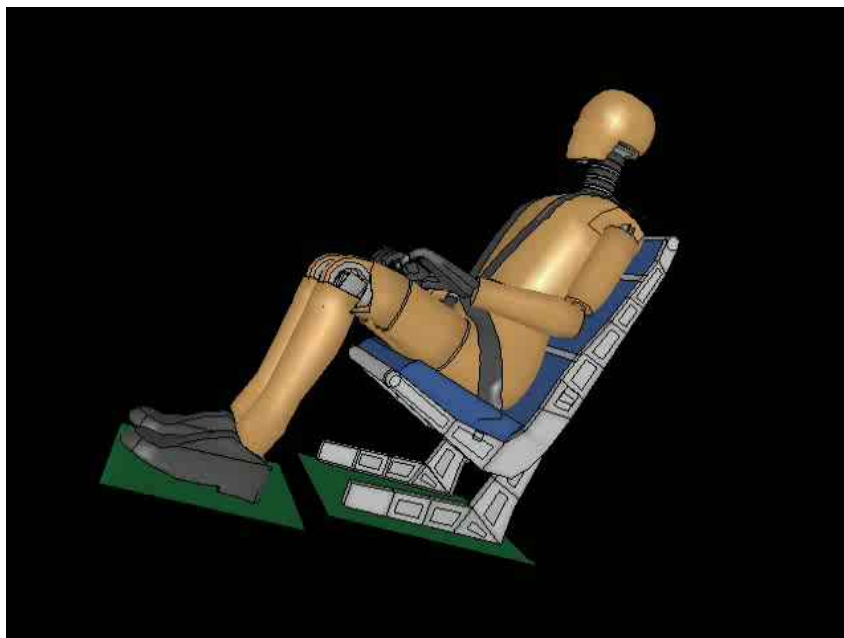
Effective Stress
1.000e+02
5.000e+01
2.000e+01
7.000e+01
6.000e+01
5.000e+01
4.000e+01
3.000e+01
2.000e+01
1.000e+01
0.000e+00



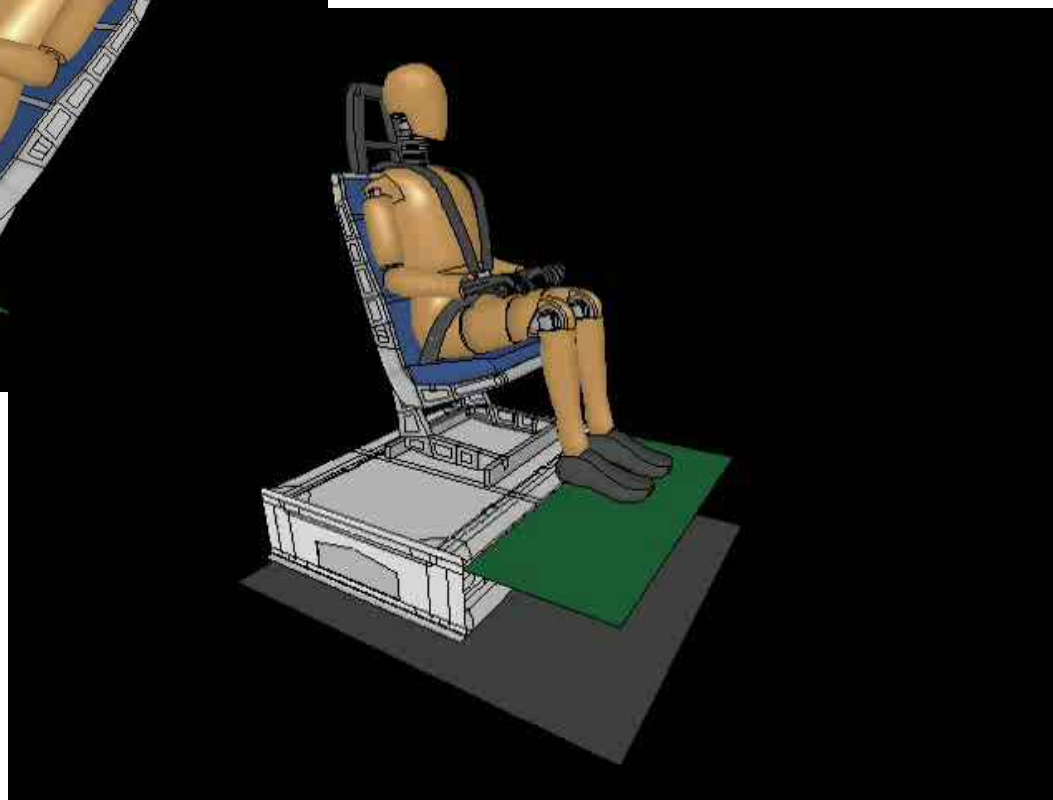








14

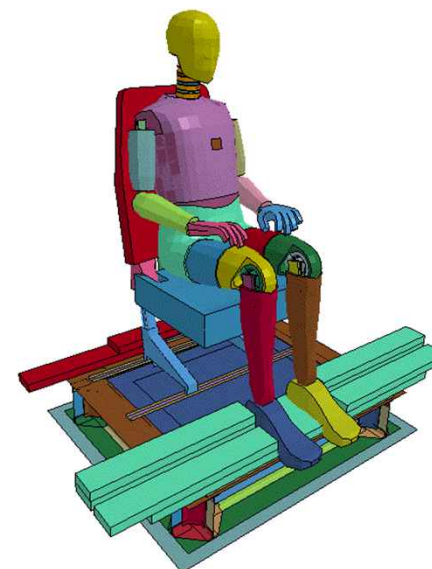




Drop test.



LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost
Time = 0





BIKE + HYBRID III MODEL



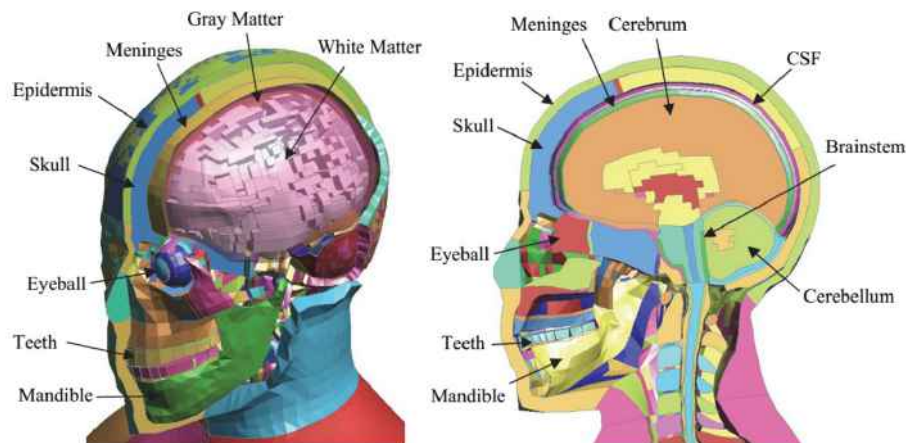


THums

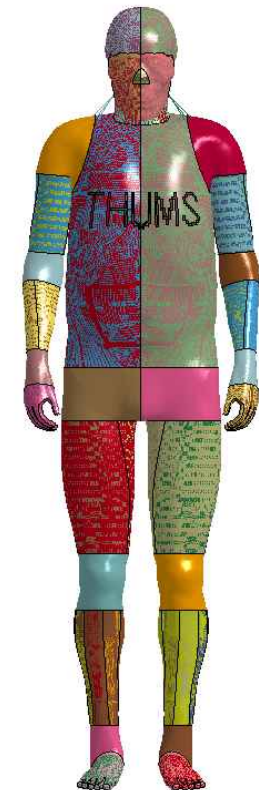
Developed by Toyota® R&D
Internal organs defined through HRCT*
Current version (4.02) implements:

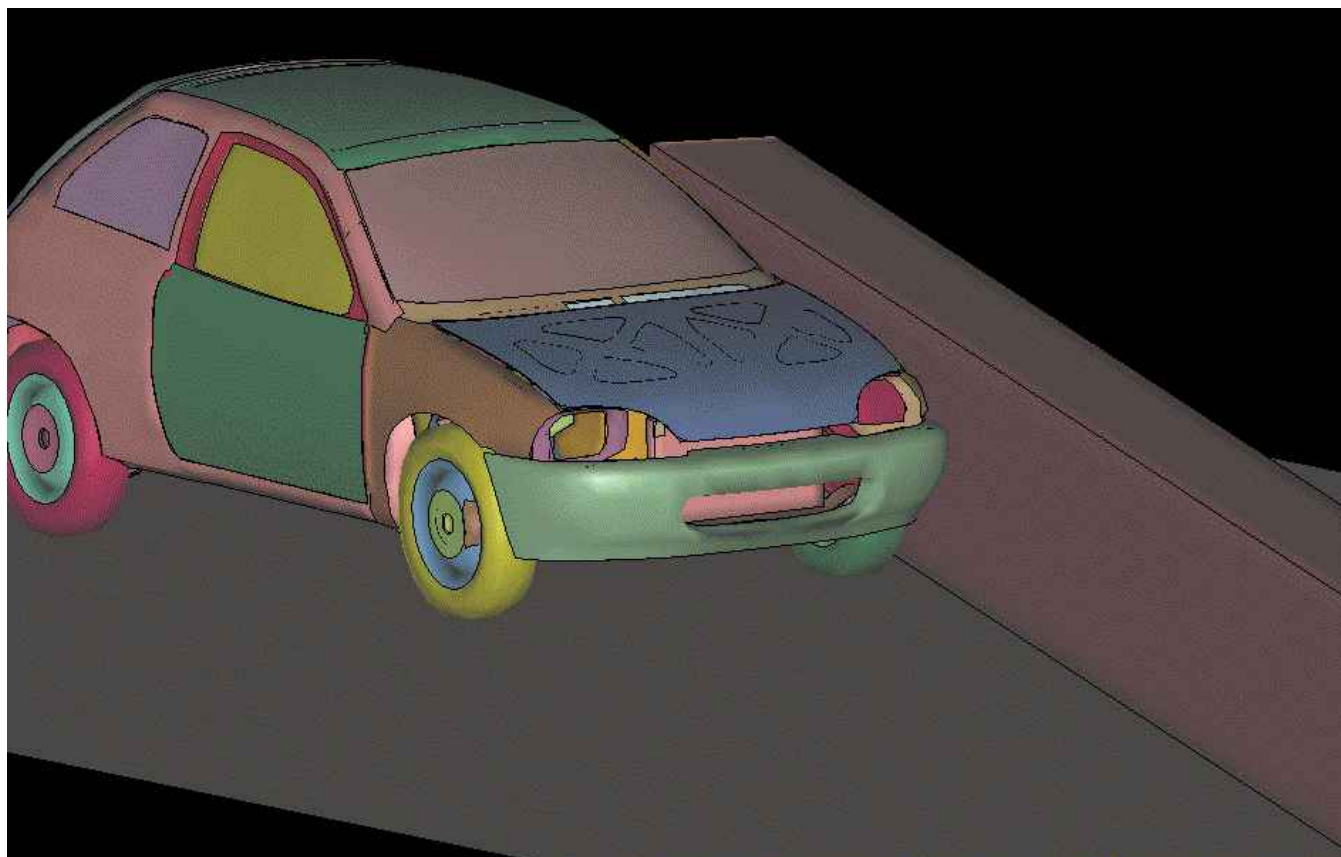
- Bones fracture
- Brain damage

**No sensors are
embedded by
default**



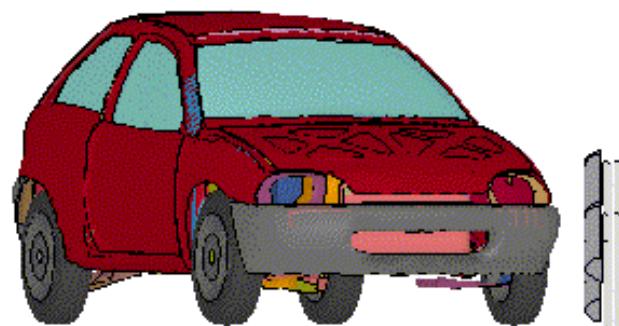
* High Resolution Computer Technology

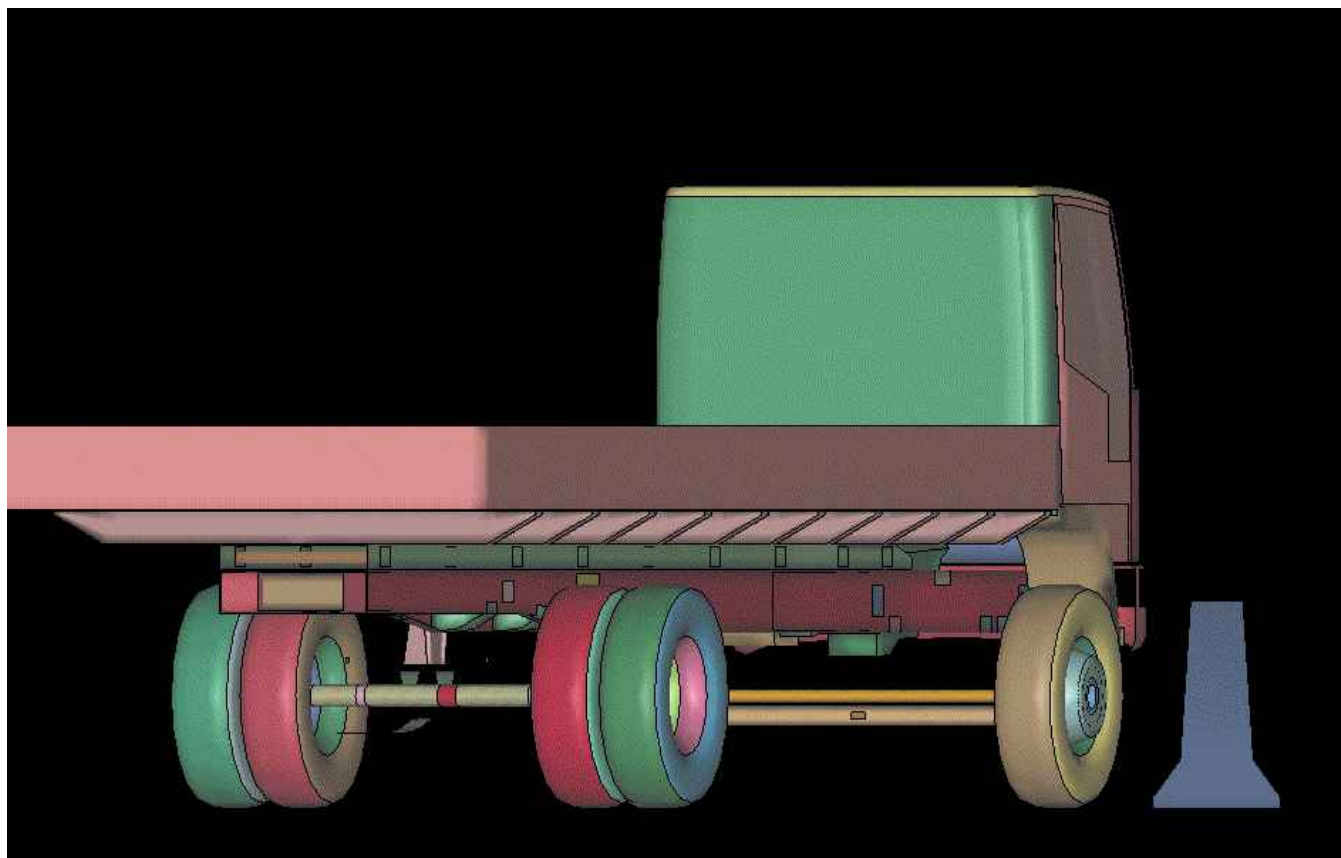


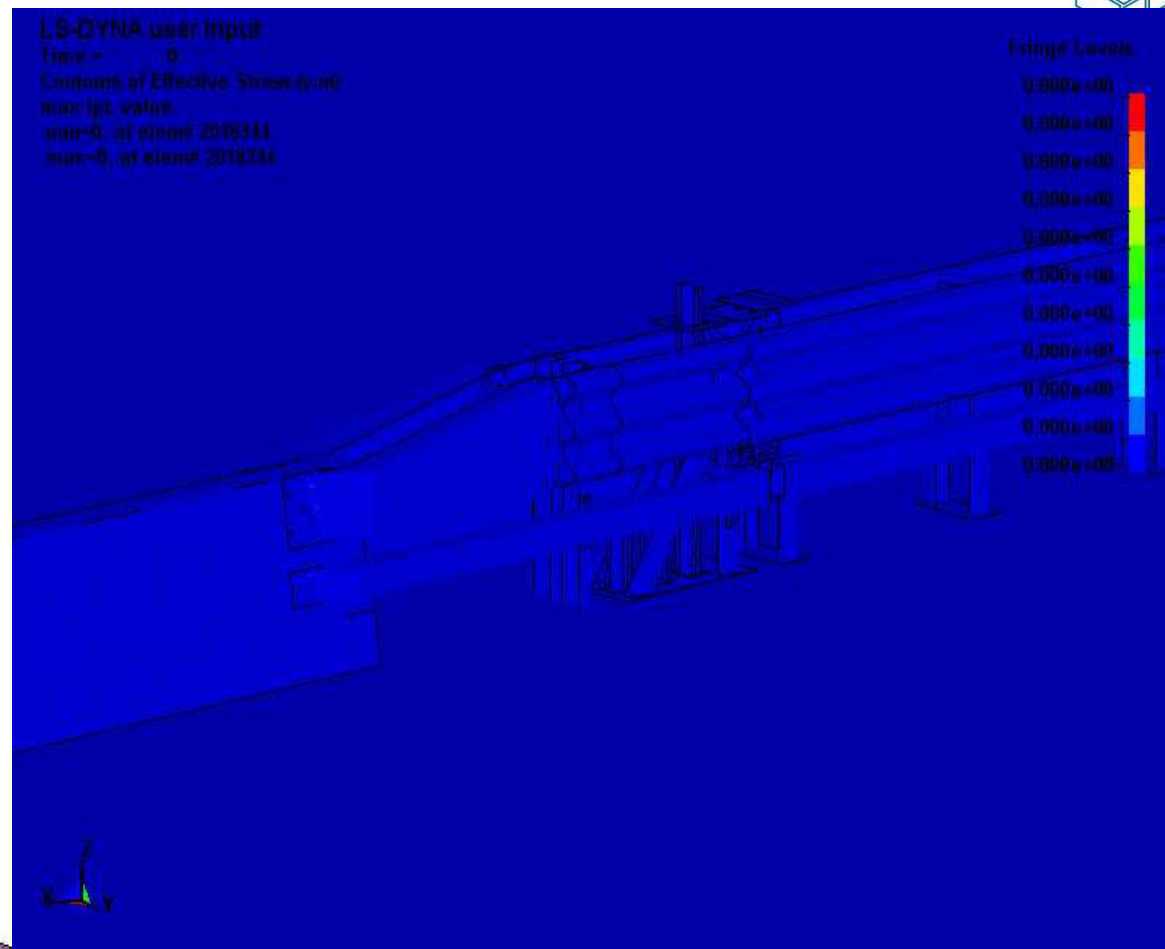




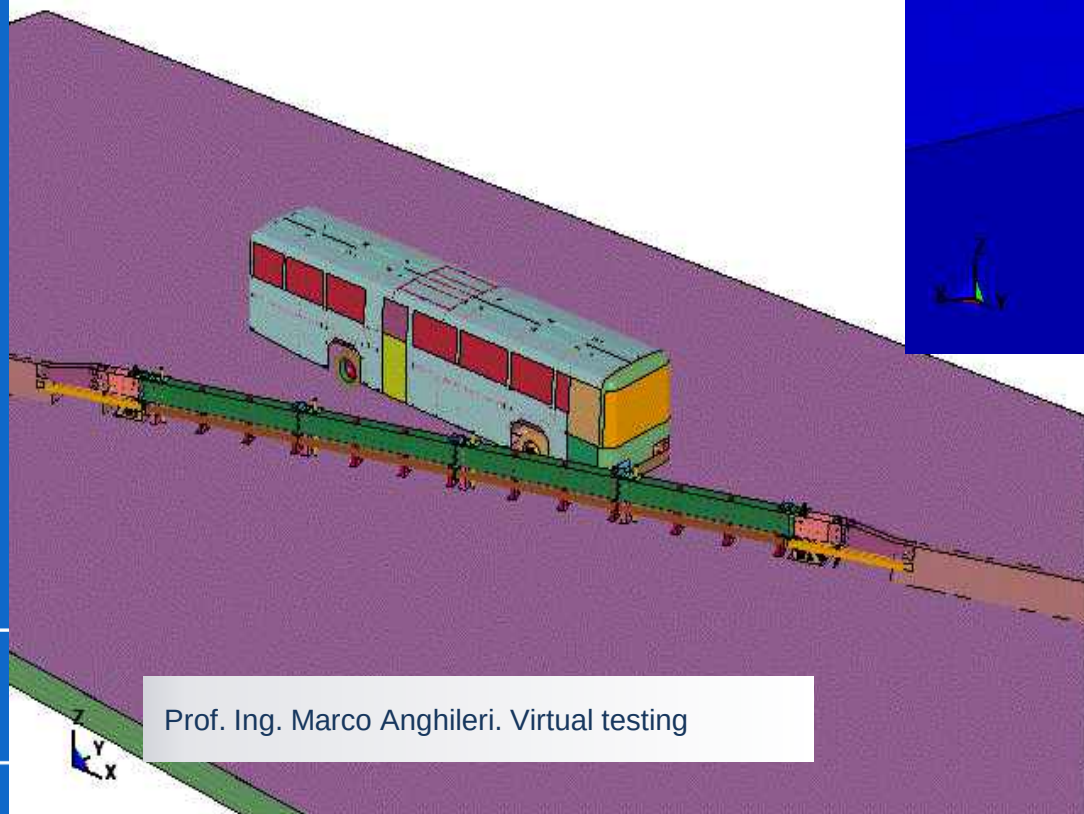
LS-DYNA user input





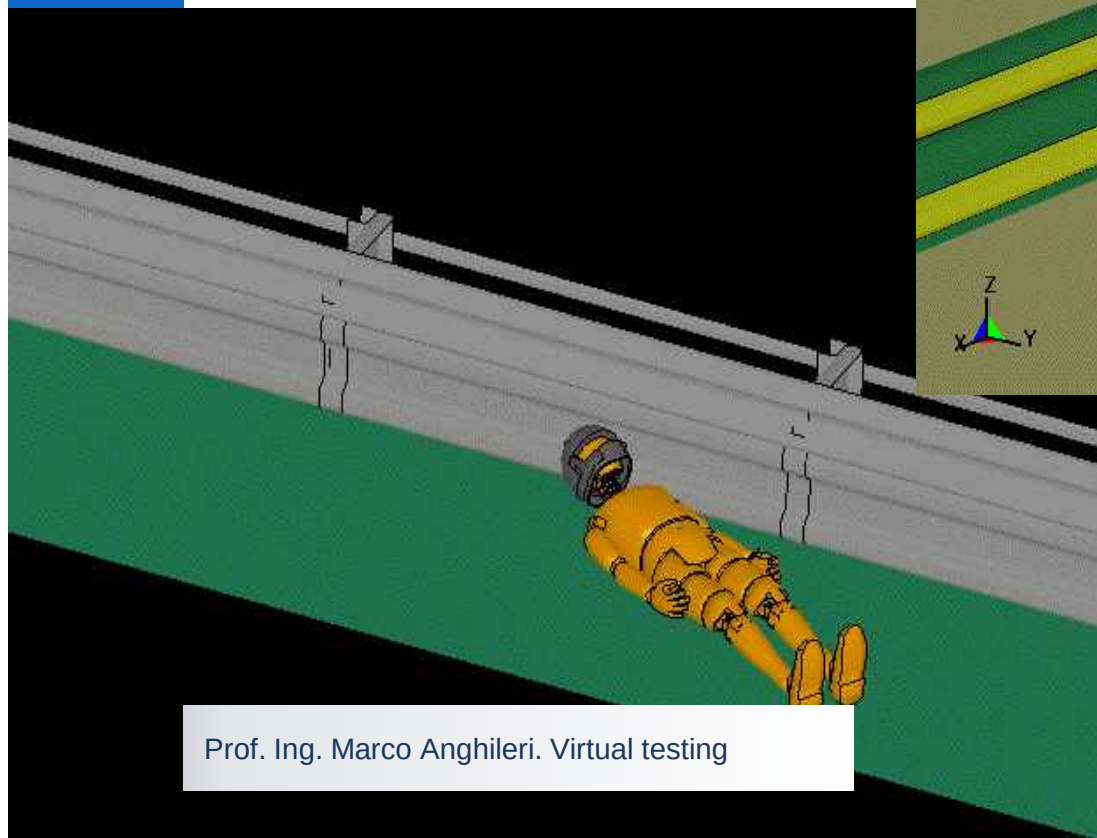
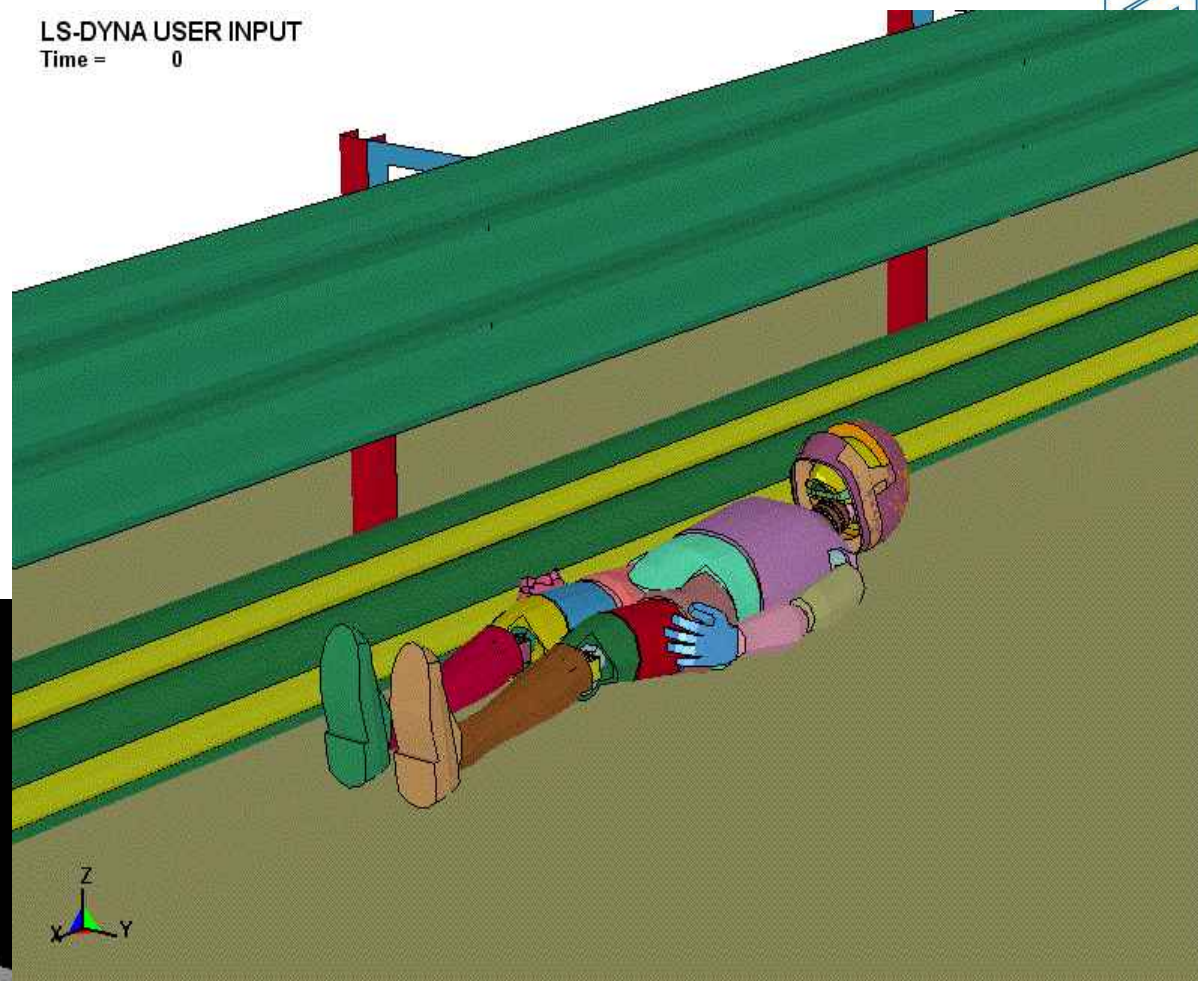


LS-DYNA user input
Time = 0



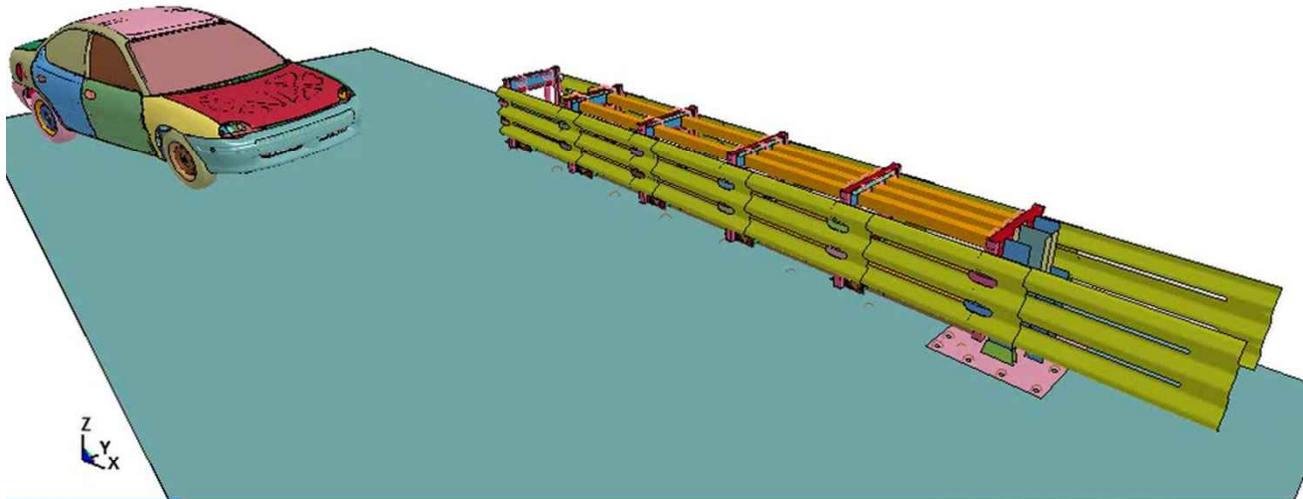


LS-DYNA USER INPUT
Time = 0

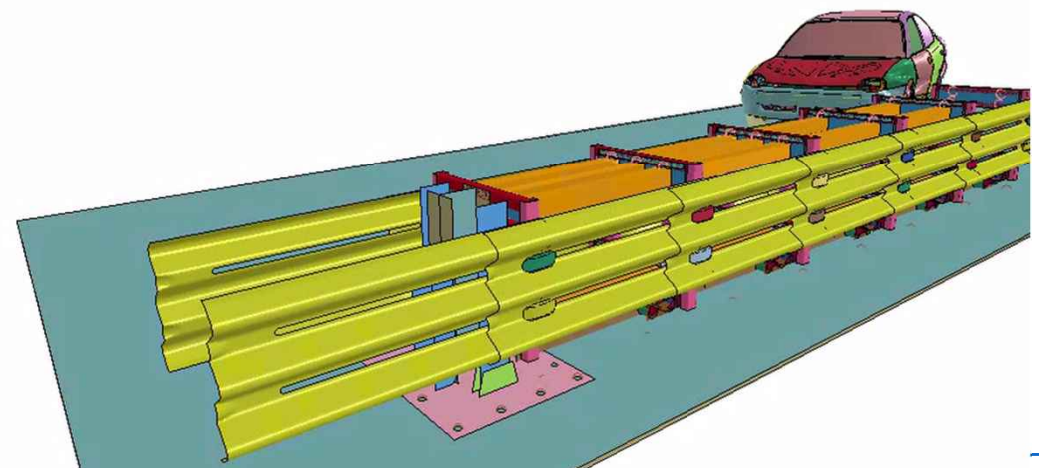




Neon Model (NCAC V7d)
Time = 0.0024991



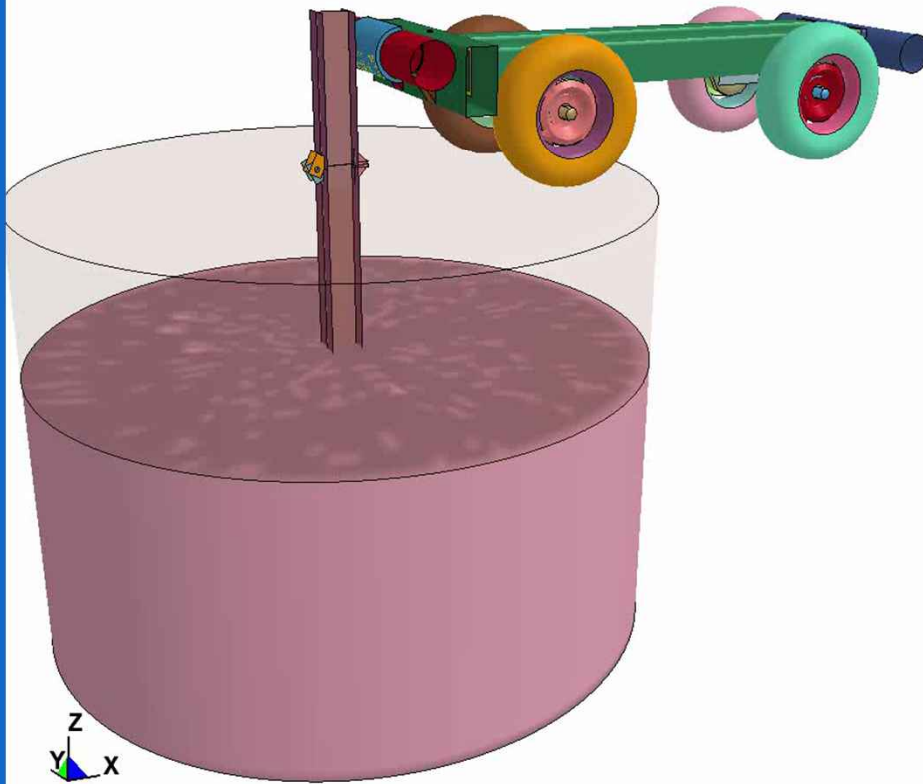
Neon Model (NCAC V7d)
Time = 0.0024991





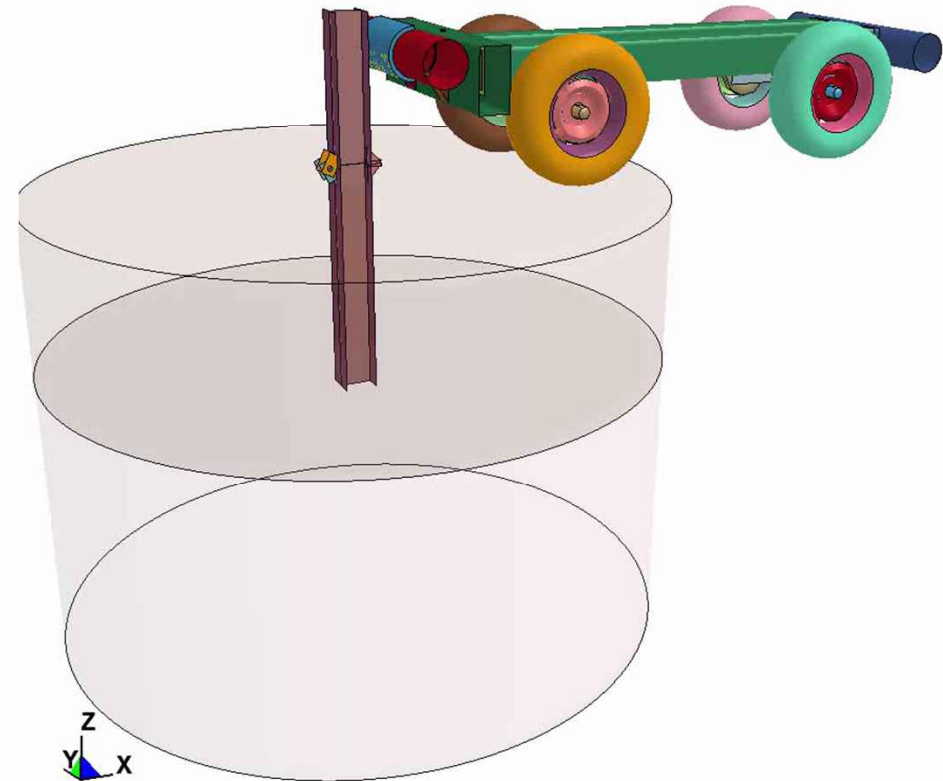
Instrumented post in soil

Time = 0



Instrumented post in soil

Time = 0





Cosa sono gli elementi finiti?

- Tutti gli esempi che abbiamo visto utilizzano una discretizzazione agli elementi finiti
- Quali sono le ipotesi?
- Quali sono i limiti?
- Chiunque può utilizzare un codice ad elementi finiti per analisi di crash?
- Sono veramente uno strumento utilizzabile per la certificazione dei sistemi di ritenuta stradali?





Gli elementi finiti

- Il metodo degli elementi finiti consiste in una tecnica di rappresentazione approssimata del problema strutturale.
- In realtà il metodo è applicabile ad un qualunque continuo descrivibile tramite equazioni differenziali e soggetto a condizioni al contorno arbitrarie.
- Consente di effettuare una semplificazione sia della geometria del continuo (approccio ingegneristico) sia delle equazioni (approccio matematico)





Gli elementi finiti

- **Vantaggi:**
 - applicabile a diverse problematiche lineari e non lineari
 - elabora modelli molto complessi (forma qualsiasi caricata e/o vincolata in modo arbitrario)
 - possono essere utilizzati contemporaneamente elementi differenti in forma, proprietà fisiche e dei materiali
- **Svantaggi.**
 - complessità nella realizzazione del modello
 - costo computazionale





Gli elementi finiti

- La struttura, sotto l'azione di determinati carichi, si deforma con un campo di spostamenti che è funzione del punto.
- Questo campo di spostamenti è in generale una funzione molto complicata e difficile da ricavare in forma diretta (a meno di casi molto semplici), dipende dal punto considerato e dal tempo.
- Il metodo degli elementi finiti approssima questa funzione utilizzando come incognite solo alcuni punti della struttura (nodi). Più è alto il numero dei nodi utilizzati più l'approssimazione migliora.
- La struttura viene divisa in elementi di forma semplice che singolarmente hanno una soluzione «facilmente calcolabile»



Gli elementi finiti

- Si sfrutta la potenza del calcolatore che essendo stupido riesce a risolvere problemi semplici ma con un numero mostruoso di incognite.
- Numero di variabili in un calcolo strutturale (impatti e non):
 - Due palle da biliardo considerate puntiformi (urto elastico e piano): 4
 - Due palle da biliardo (urto elastico e piano): 8
 - Una biella (pura trazione): campo di spostamenti dell'asse (funzione in una variabile). Nel piano: 2
 - Modello ad elementi finiti di un veicolo contro una barriera: circa 36.000.000: la soluzione viene ricalcolata ogni milionesimo di secondo. In un secondo di simulazione vengono calcolate: 36.000.000.000.000 di variabili.



Gli elementi finiti.

- **E uno strumento utile?**
 - **Utilissimo e potentissimo ma difficile da usare e dispendioso.**
- **Può essere usato da tutti?**
 - **No. L'utilizzo corretto degli elementi finiti presuppone una preparazione teorica non indifferente. E' vero che se si scarica un tutorial si potrà lanciare un calcolo e produrre dei risultati ma se si deve sviluppare un nuovo modello il tutorial che ho visto serve ma non molto.**
- **E' uno strumento che può essere utilizzato nella certificazione dei sistemi di ritenuta stradale?**
 - **Sì. Se si hanno a disposizione dati iniziali affidabili per poter effettuare la validazione.**



Multi corpo-elementi finiti

- Per capire quale è la differenza è fondamentale conoscere le differenze sostanziali.
 - GLI ELEMENTI FINITI
- Gli elementi finiti per le analisi di crash derivano dalle formulazioni sviluppate per lo studio statico delle strutture.
- Tutte le parti della struttura sono rappresentate come deformabili. Tutto il modello è deformabile.
- Non esistono parti che non siano discretizzate mediante una mesh.
- La conseguenza è che il numero di variabili in gioco è enorme, per costruire la mesh devo avere a disposizione la geometria completa.

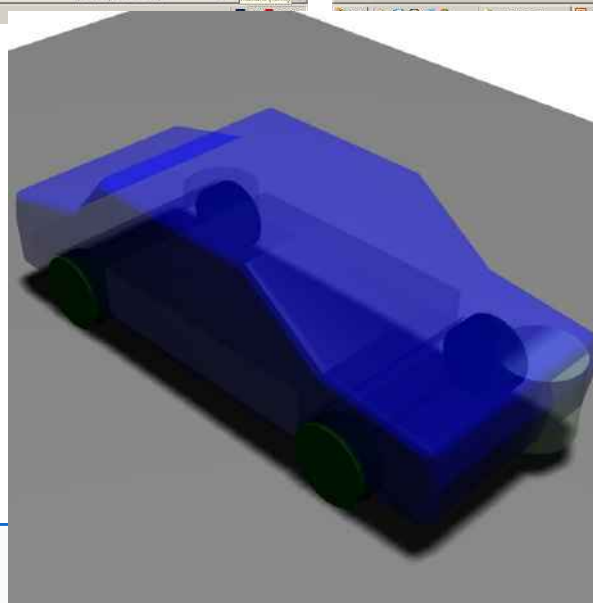
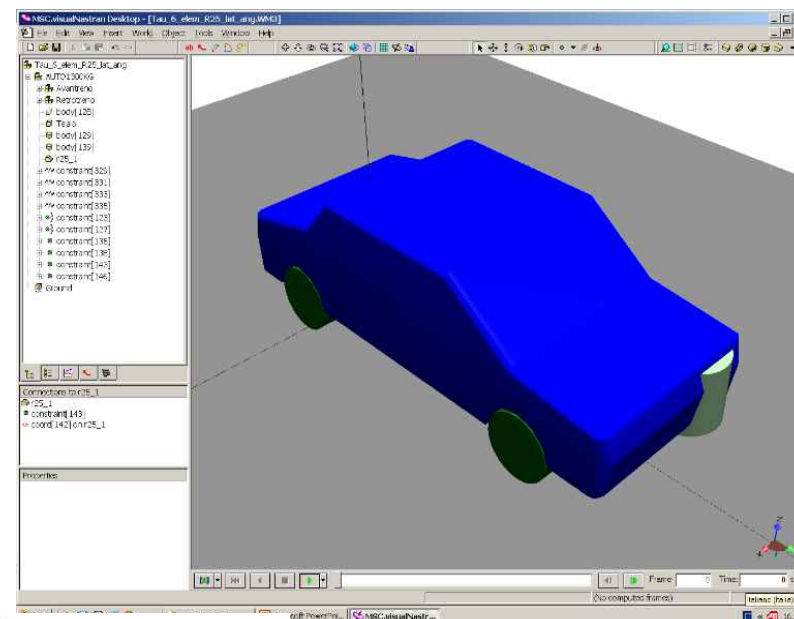
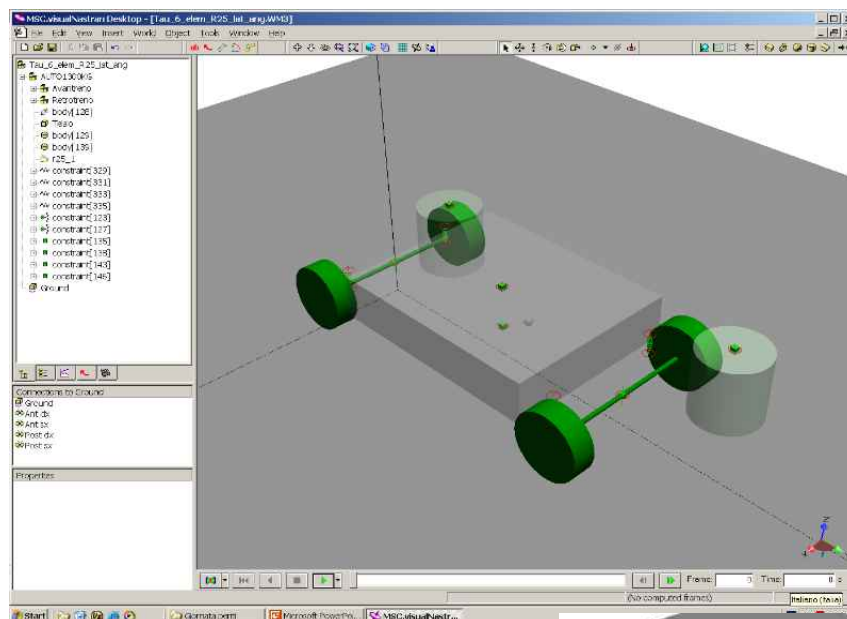


Multi corpo-elementi finiti

- **MULTI CORPO**
- Il fenomeno viene descritto utilizzando alcuni di corpi rigidi che possono interagire tra di loro per mezzo di elementi deformabili o di contatto. In genere, vista la schematizzazione apparentemente grezza del sistema, viene utilizzata una descrizione grafica della struttura per generare un risultato meglio presentabile.
- Esiste cioè una sovrapposizione di strati. Lo strato più basso, quello che effettivamente influenza il risultato, è composto dalle masse, dagli elementi deformabili e dagli elementi di contatto, lo strato superiore (in generale l'unico visibile per il destinatario del calcolo) che è semplicemente un bel "vestito" dello strato inferiore



Multi corpo-elementi finiti





Multi corpo-elementi finiti

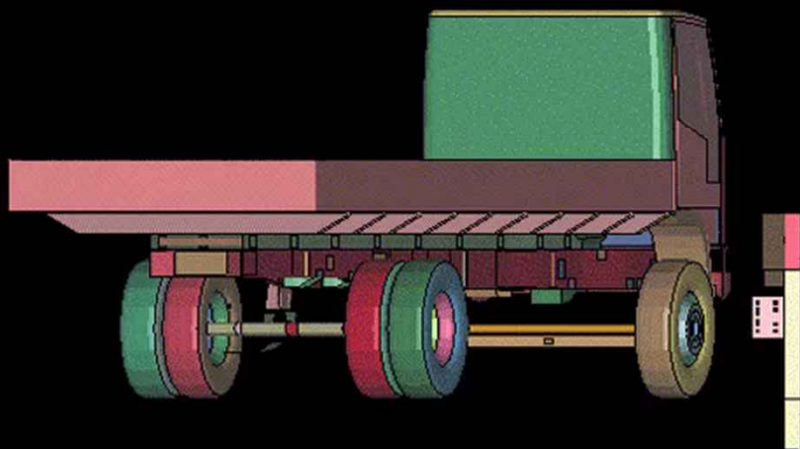
- Come già detto il sistema, o i sistemi, vengono schematizzati mediante una serie di corpi rigidi che interagiscono tra di loro mediante elementi di contatto o elementi deformabili. La deformabilità è concentrata in alcune parti.
- I contatti e le deformazioni avvengono con delle leggi che sono code dependent e user dependent: questo vuole dire che a parità di forma esterna il modello si può comportare in maniere completamente diverse.
- Il numero di variabili è molto più basso rispetto agli elementi finiti (veicolo MB: 200 gdl, veicolo FEM: 36.000.000 gdl).
- I tempi di calcolo sono molto più bassi rispetto al FEM (minuti dove il FEM richiede giorni).
- Lo sviluppo del modello è più semplice perché la discretizzazione necessita di meno informazioni.



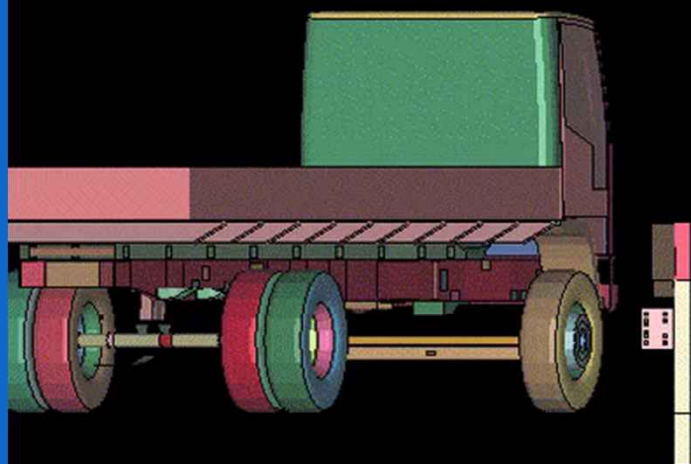
Le simulazioni e la certificazione dei sistemi di ritenuta stradale.

- Come strumento di progetto le simulazioni sono applicate alla sicurezza stradale da più di 50 anni. Vittorio Giavotto è stato un precursore di questa attività creando uno dei primi programmi multi-corpo per lo studio delle problematiche di crash.
- L'applicazione delle simulazioni come strumento certificativo richiede però un livello di confidenza e di padronanza dello strumento molto maggiore di quanto sia richiesto per la progettazione.
- Chiunque può scaricare dal sito del CCSA della George Mason modelli di veicoli e lanciare una simulazione, ma la reale capacità di utilizzo dello strumento in maniera affidabile è ben diversa.
- Il CEN TC226 ha quindi creato un gruppo (TG5 ex CME) all'interno del Wg1 per decidere in quale maniera e con quali limiti le simulazioni possono essere utilizzate all'interno di un processo certificativo.

LS-DYNA user input
Time = 0

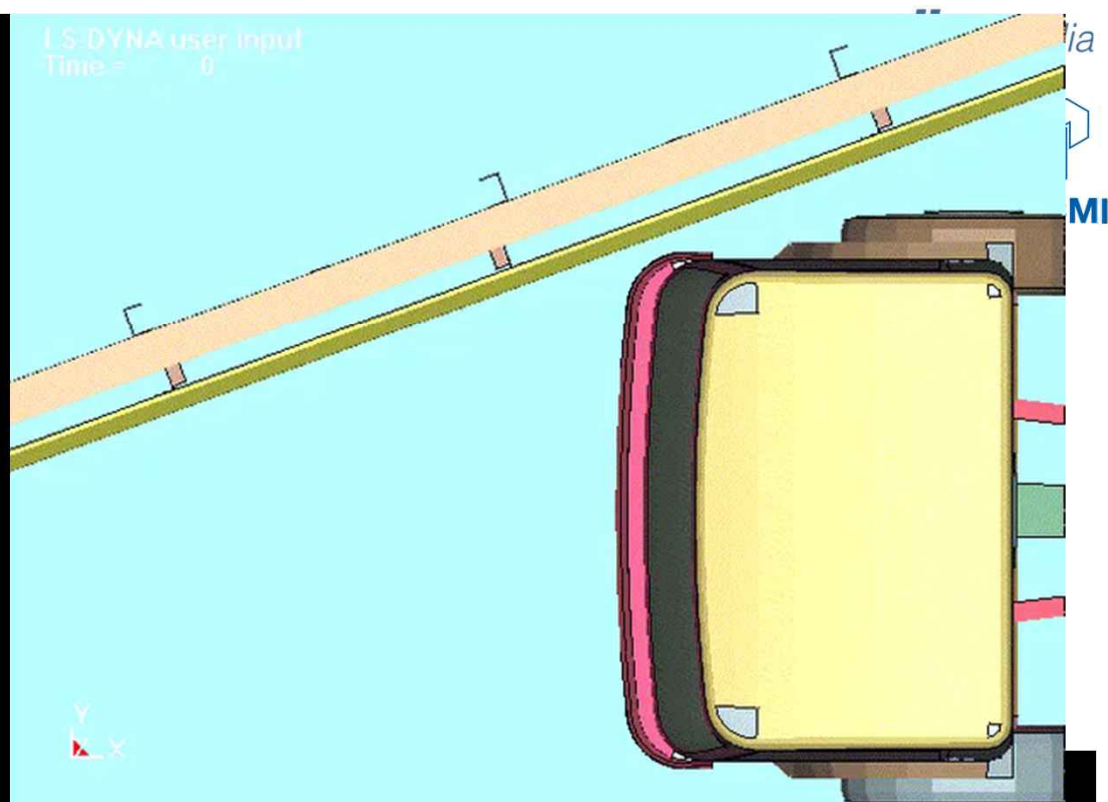


Z
LS-DYNA user input
Time = 0

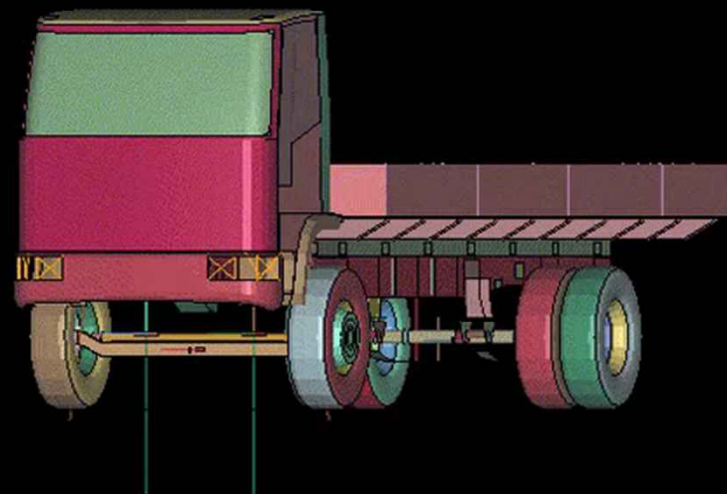


Z
Y

LS-DYNA user input
Time = 0



Time = 0



Z
Y



Le prove virtuali all'interno della 1317

- Il virtual testing all'interno della nuova EN1317 è accettato per:
 - Modifiche di prodotto,
 - Valutazione delle prestazioni di una barriera (WW,DD e VI) utilizzata in classi di contenimento minori rispetto a quelle del TT (Type testing)
 - Determinazione delle condizioni più gravose per le prove
 - Valutazione di transizioni.
- La procedura per l'utilizzo del virtual testing passa attraverso le seguenti fasi:
 - Creazione del modello numerico del sistema di sicurezza.
 - Validazione del modello attraverso il confronto tra i risultati delle prove reali che il sistema di sicurezza ha sostenuto con le simulazioni delle stesse prove.
 - Studio della applicazione (modifica di prodotto/transizione/CIP) mediante il virtual testing.
- Le regole riguardanti la validazione delle prove virtuali sono contenute nella EN16303.



Schema di validazione.

- Lo schema di validazione (EN 16303) ha molti requisiti per cercare di garantire l'affidabilità del modello numerico.
- Il criterio è applicabile a qualunque codice di calcolo indipendentemente dal tipo di schematizzazione utilizzata (multi corpo-elementi finiti).



Valutazione delle modifiche di prodotto attraverso il VT

- Il virtual testing deve essere realizzato in accordo con le seguenti specifiche:
 - Il modello virtuale deve essere validato in accordo con la 16303.
 - Le prestazioni del prodotto modificato studiate con il Virtual testing devono essere valutate secondo le regole della 1317.
 - La validazione deve essere basata sulle prove del TT.
 - Le prestazioni del prodotto modificato devono essere valutate nelle stesse condizioni del TT.
 - Se il processo di validazione non dà esito positivo devono essere utilizzati altri metodi (es: matrice di prova ridotta).



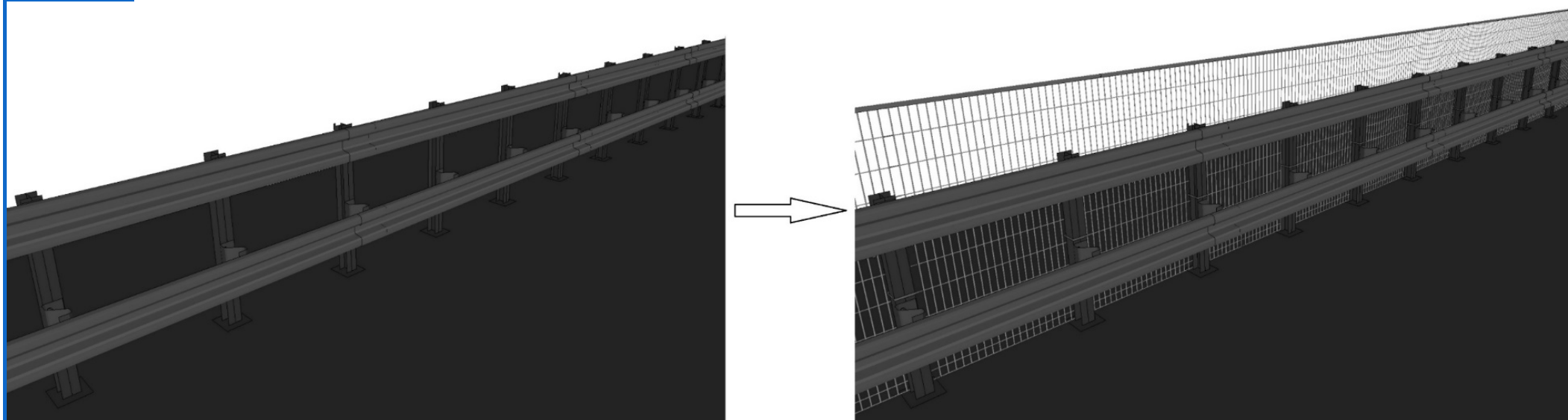
L'utilizzo dei modelli validati

- Attualmente la EN1317 (armonizzata) non specifica cosa può essere valutato con le simulazioni.
- La decisione spetta a:
 - Notified Bodies (prodotti con marcatura CE). Non uniformità.
 - Road authorities/gestori (prodotti senza marcatura CE)
- CEN TC226/WG1/TG5 sta preparando un documento (TR) per descrivere cosa può essere valutato in maniera affidabile con le simulazioni (all'interno della marcatura CE)
- La creazione di modelli validati permette non solo la certificazione di modifiche di prodotto o lo studio di transizioni ma anche la valutazione di informazioni altrimenti difficilmente ottenibili.
- Esempio:
 - Valutazione delle forze trasmesse al cordolo.
 - Installazione in curva o su pendenza.



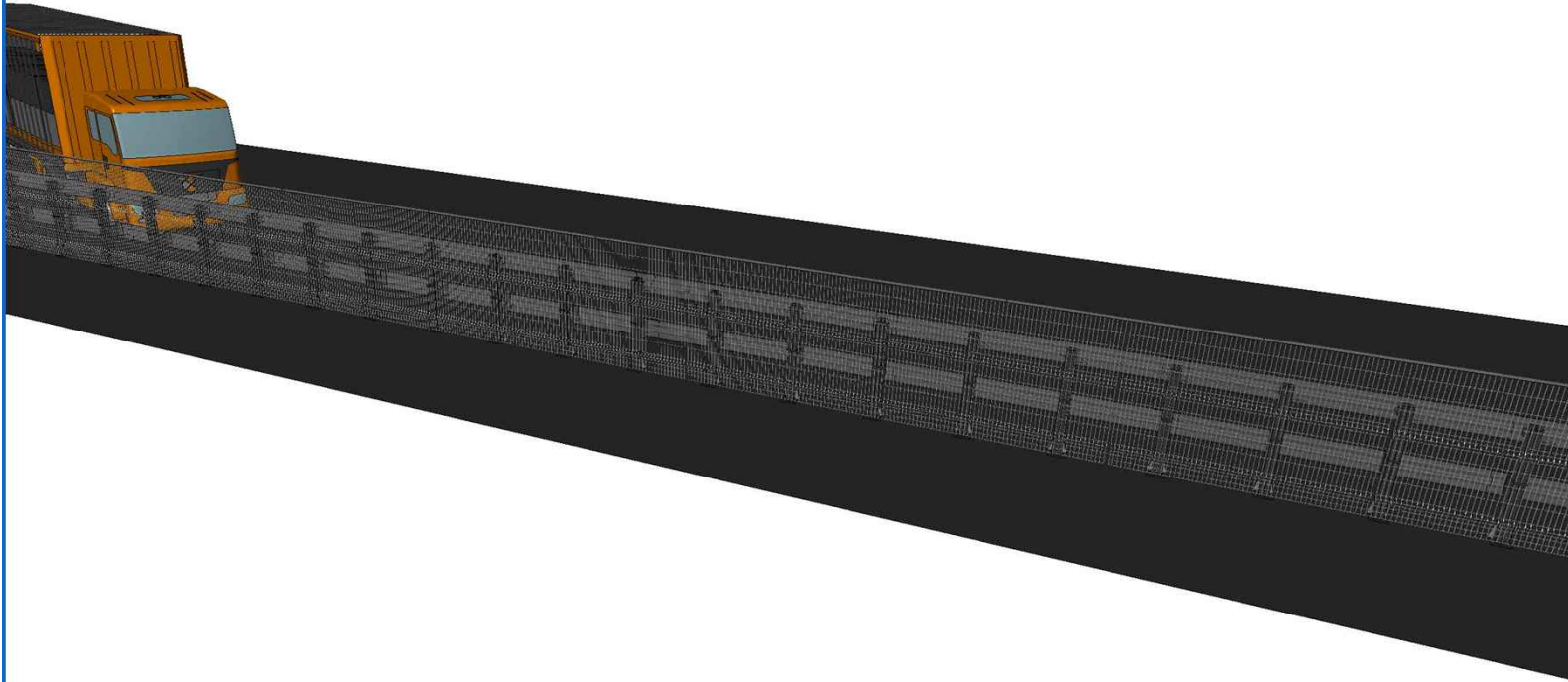
Modifica di prodotto

- Aggiunta di una rete ad una barriera di sicurezza già certificata.





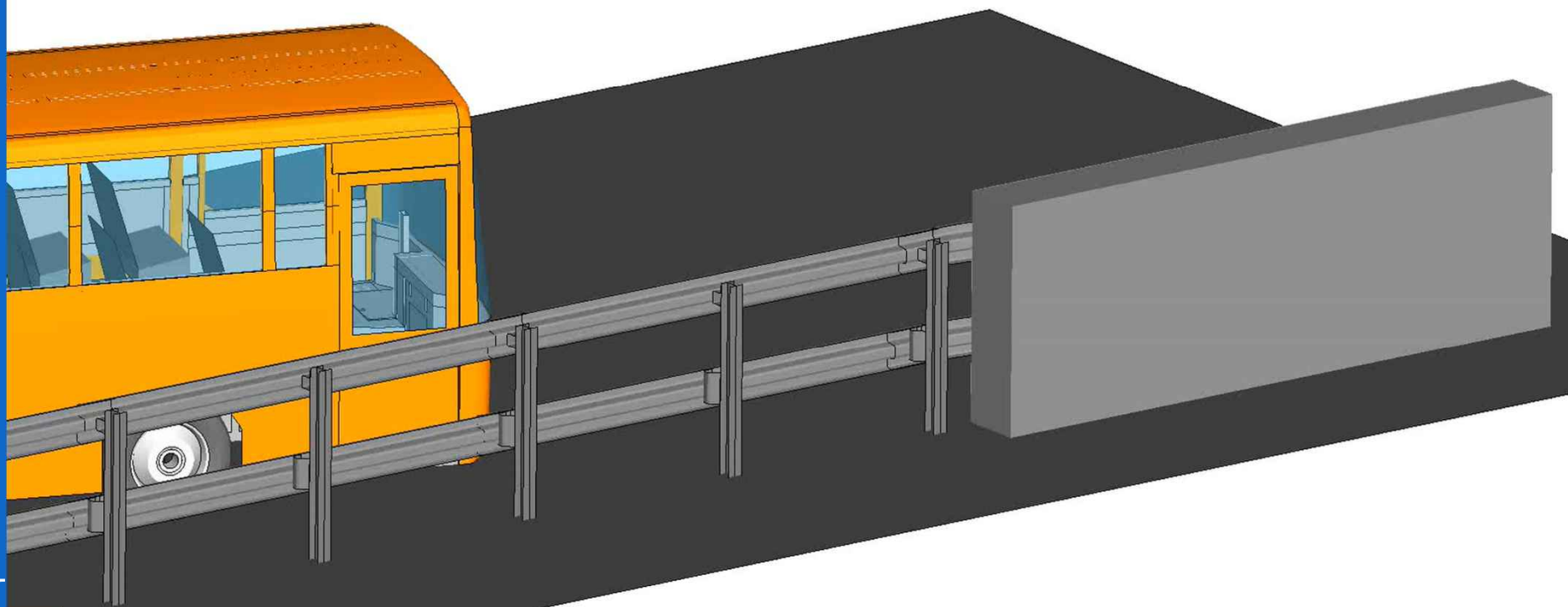
Modifica di prodotto.



	Ww [m]
Experimental test	1,85
Validated model	1,88
Modified model (with net)	1,82

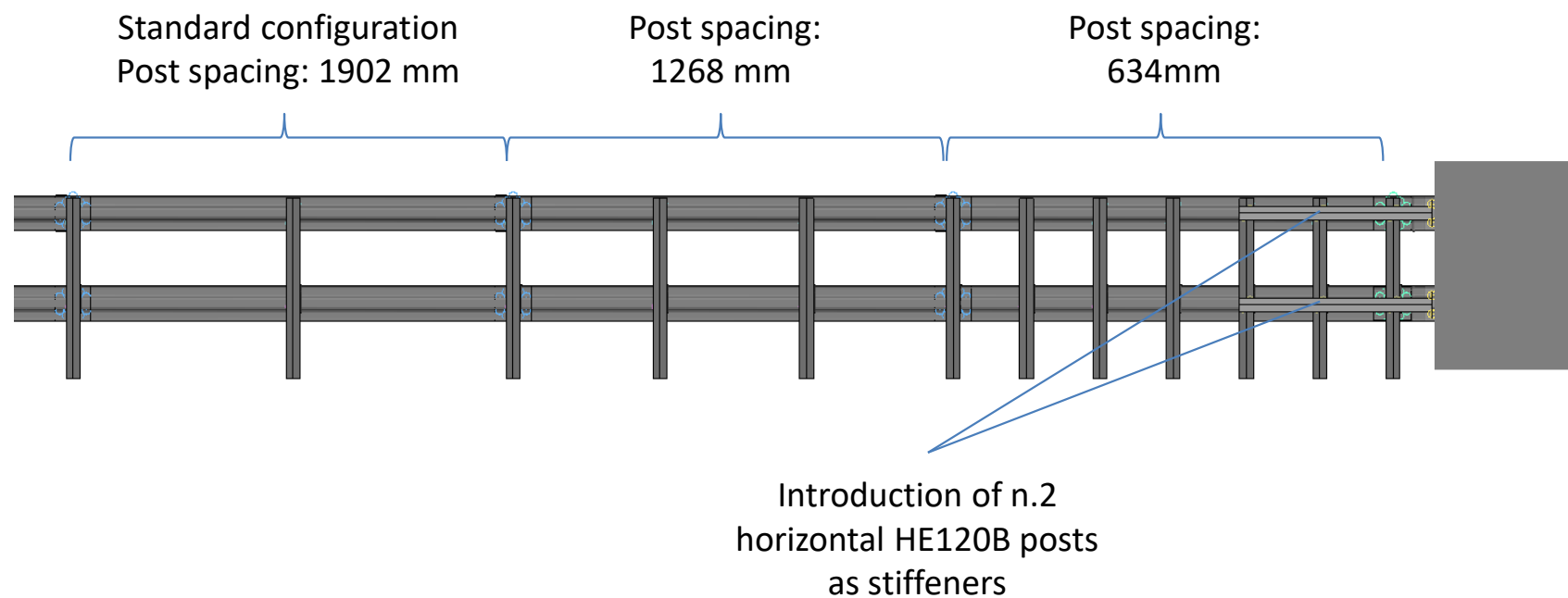


Progetto di transizioni.





Progetto di transizioni



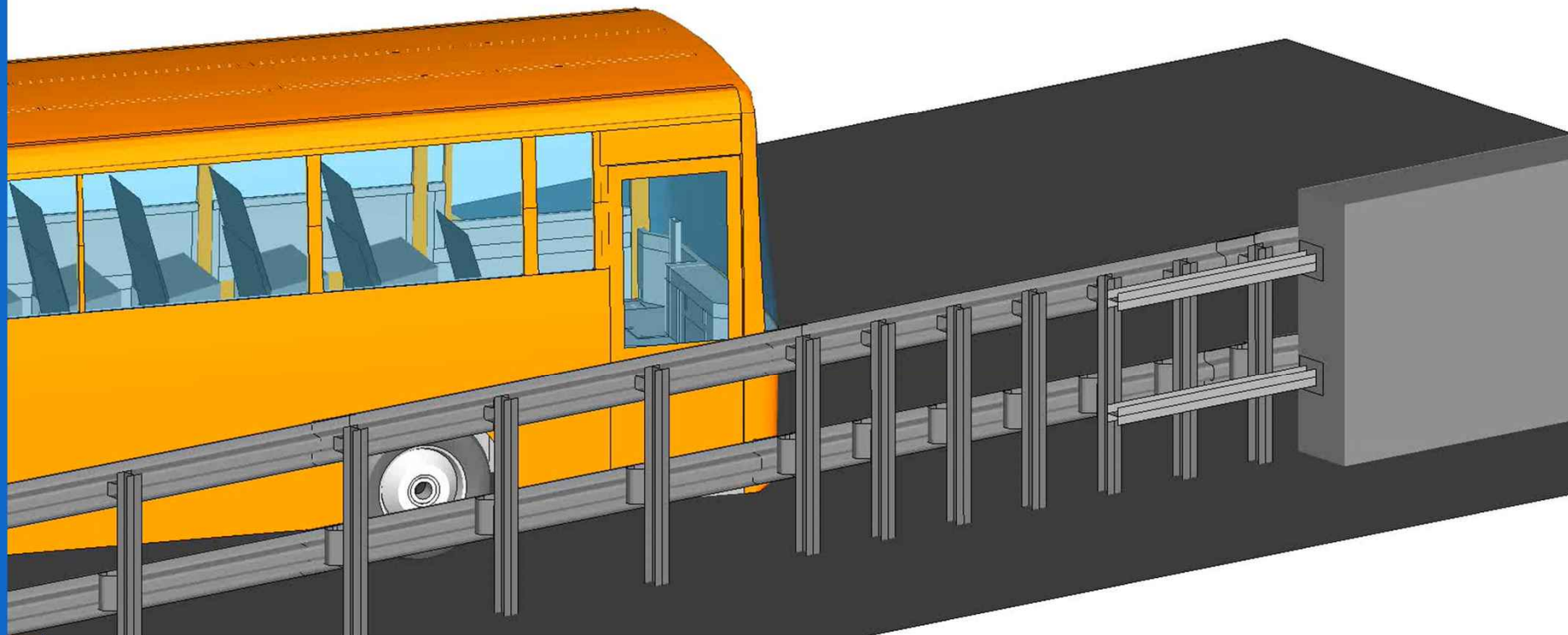


Progetto di transizioni



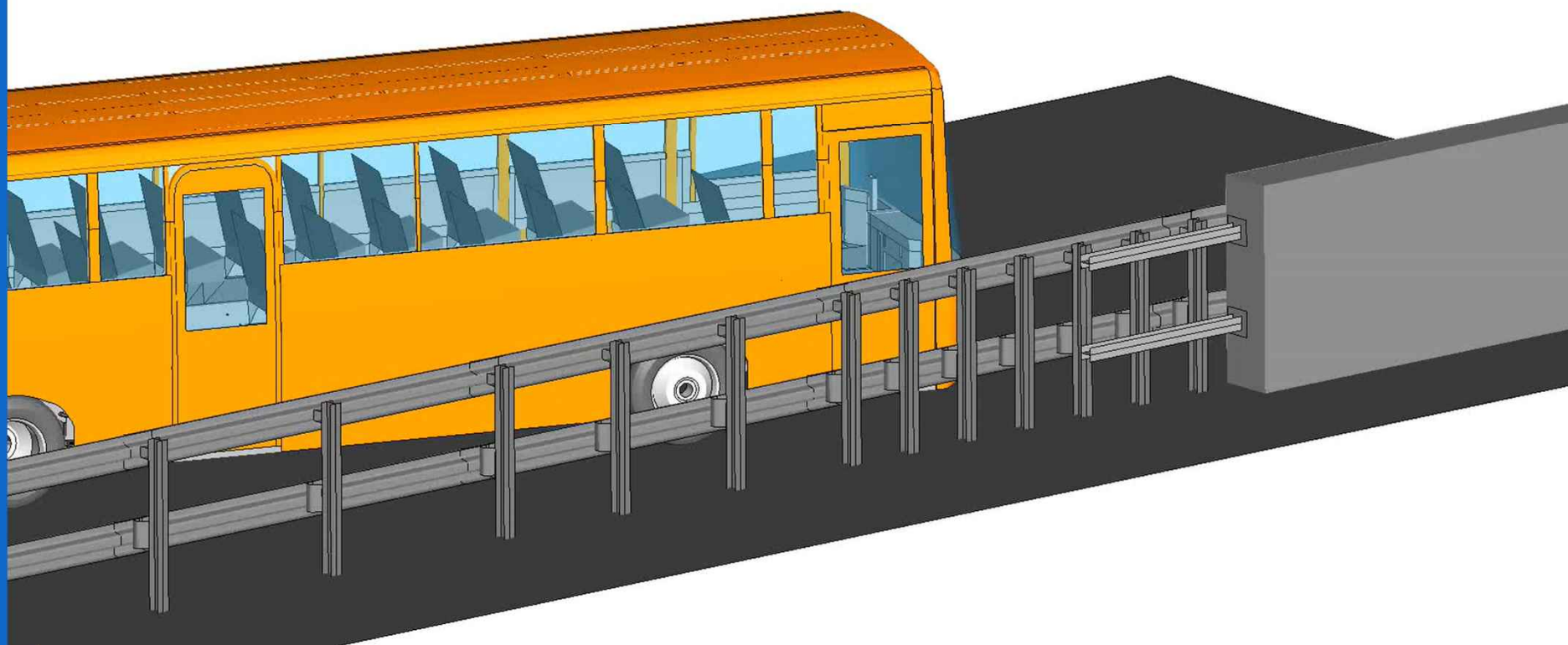


Progetto di transizioni





Progetto di transizioni





Valutazione dei carichi trasmessi al cordolo.

autostrade//per l'italia

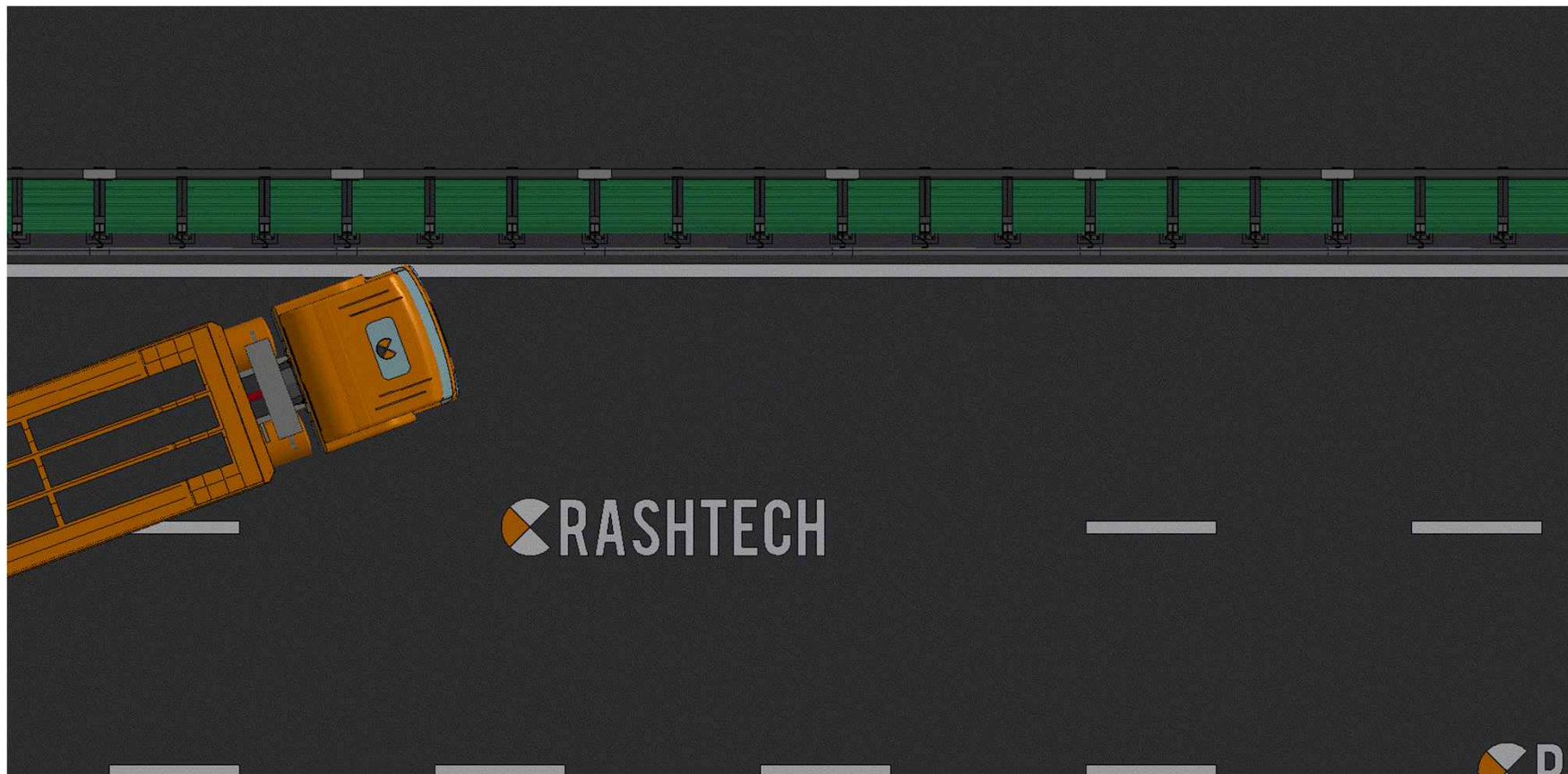


Barriera integrata H4B. TB81 test.





Barriera integrata H4B. TB81 test.



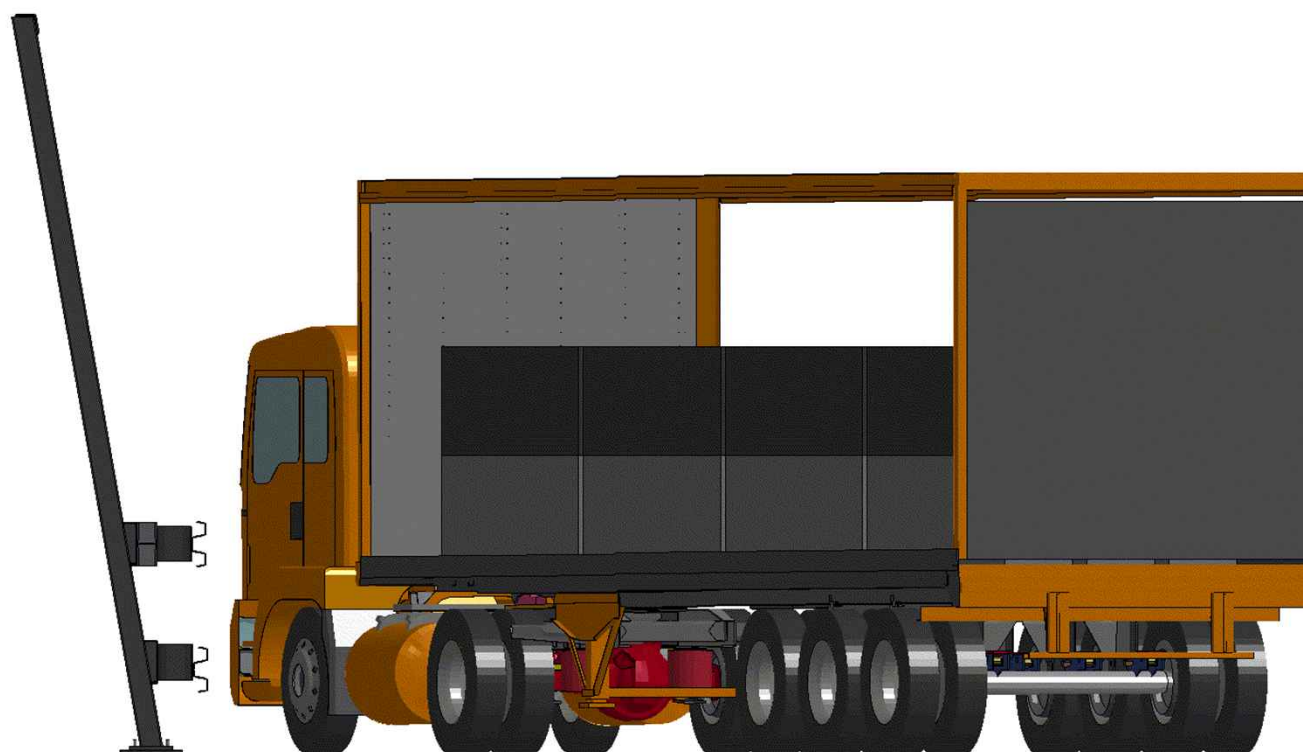


Barriera integrata H4B. TB81 test.



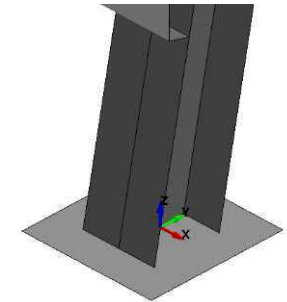
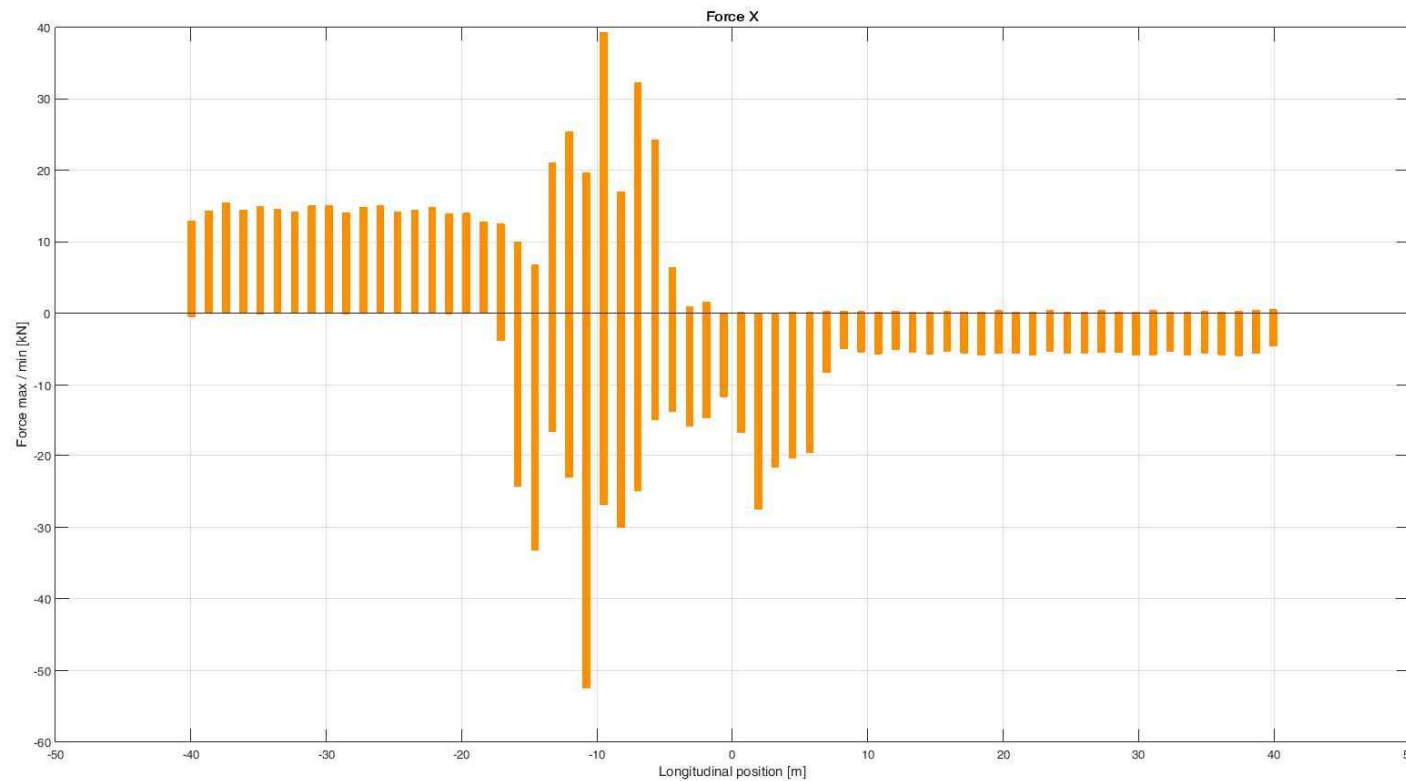


Barriera integrata H4B. TB81 test.



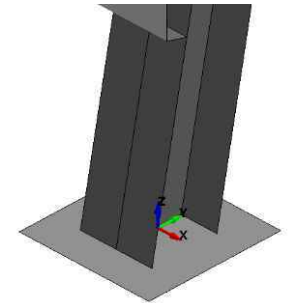
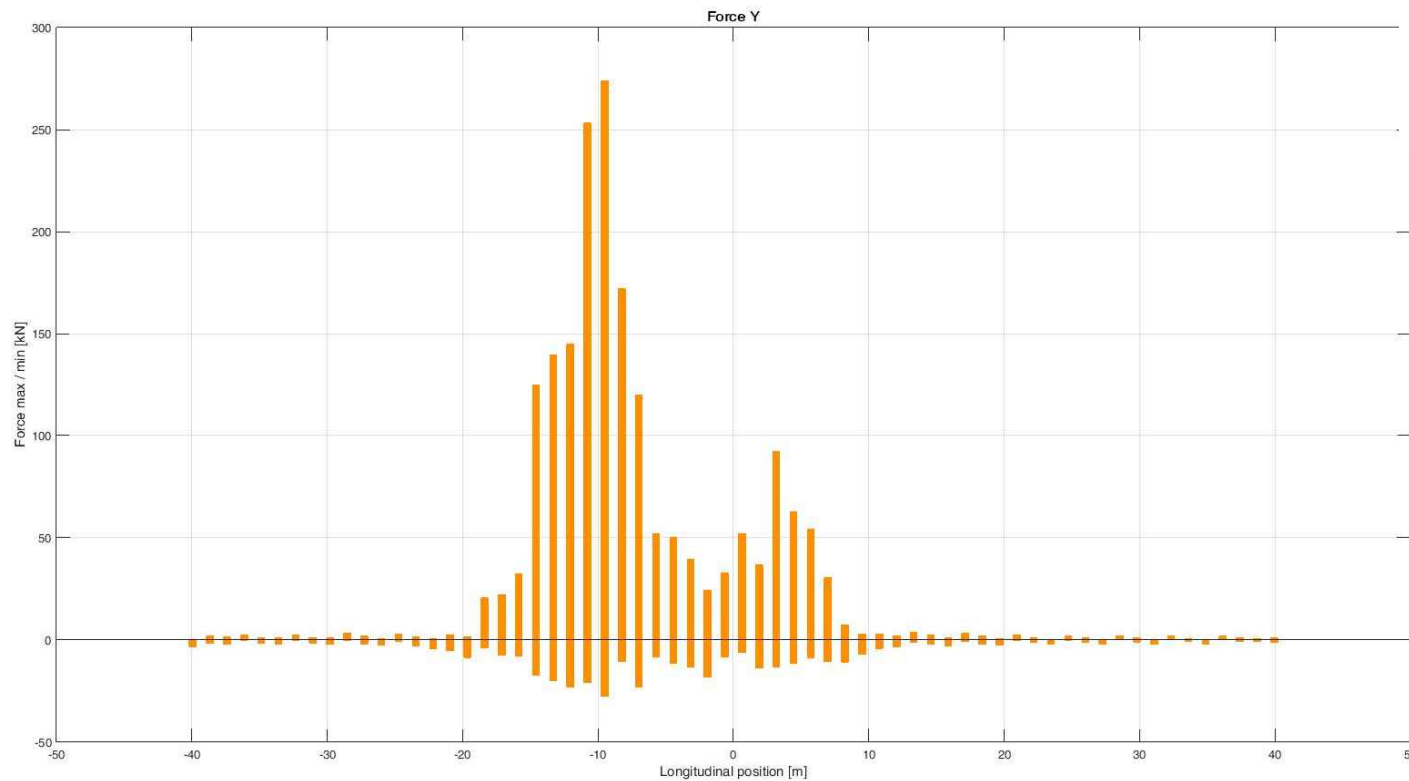


Forze longitudinali trasmesse al cordolo.



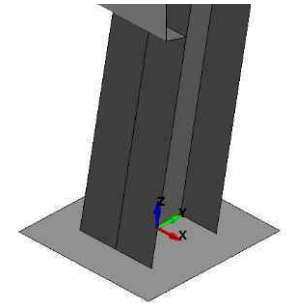
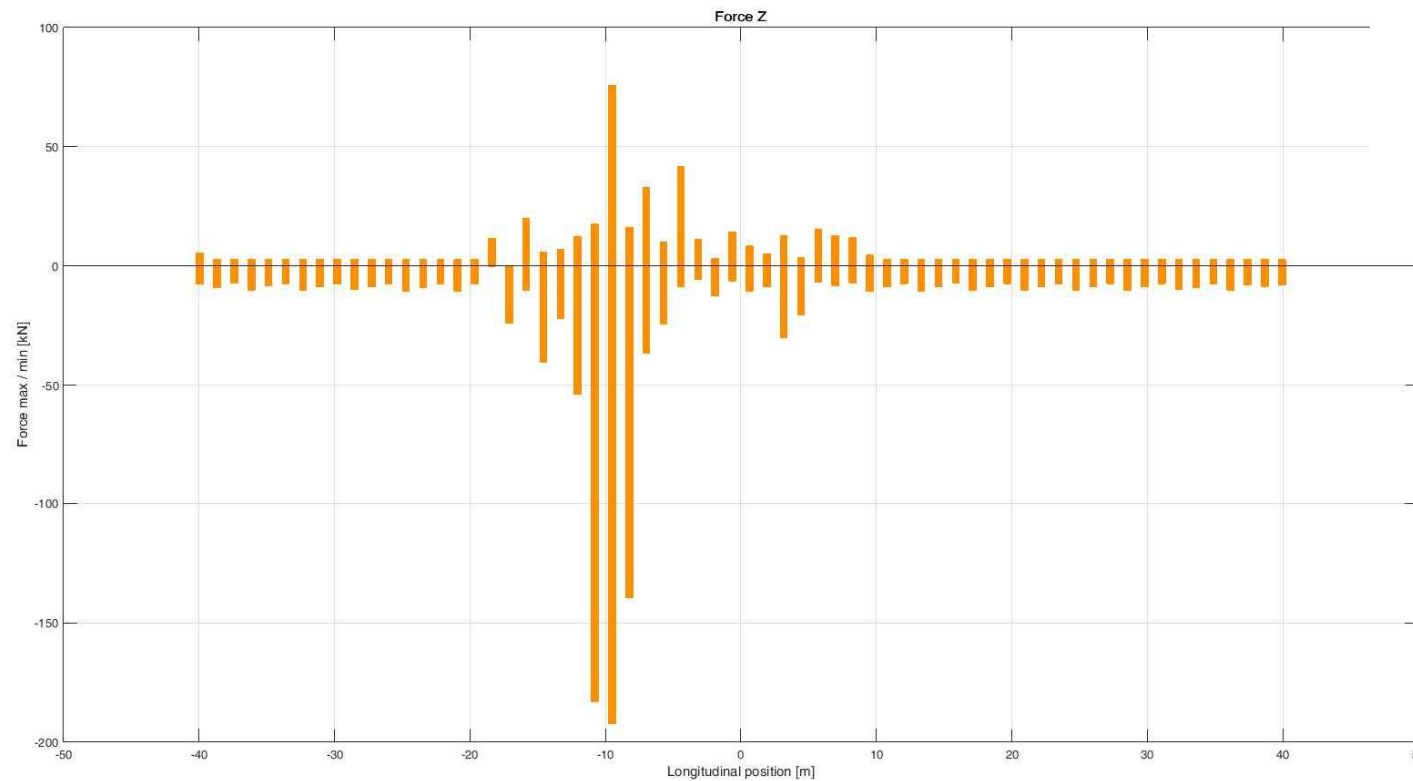


Forze trasversali trasmesse al cordolo.



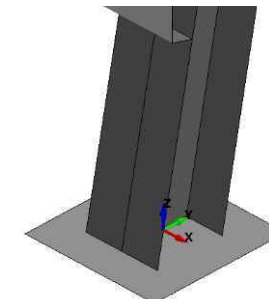
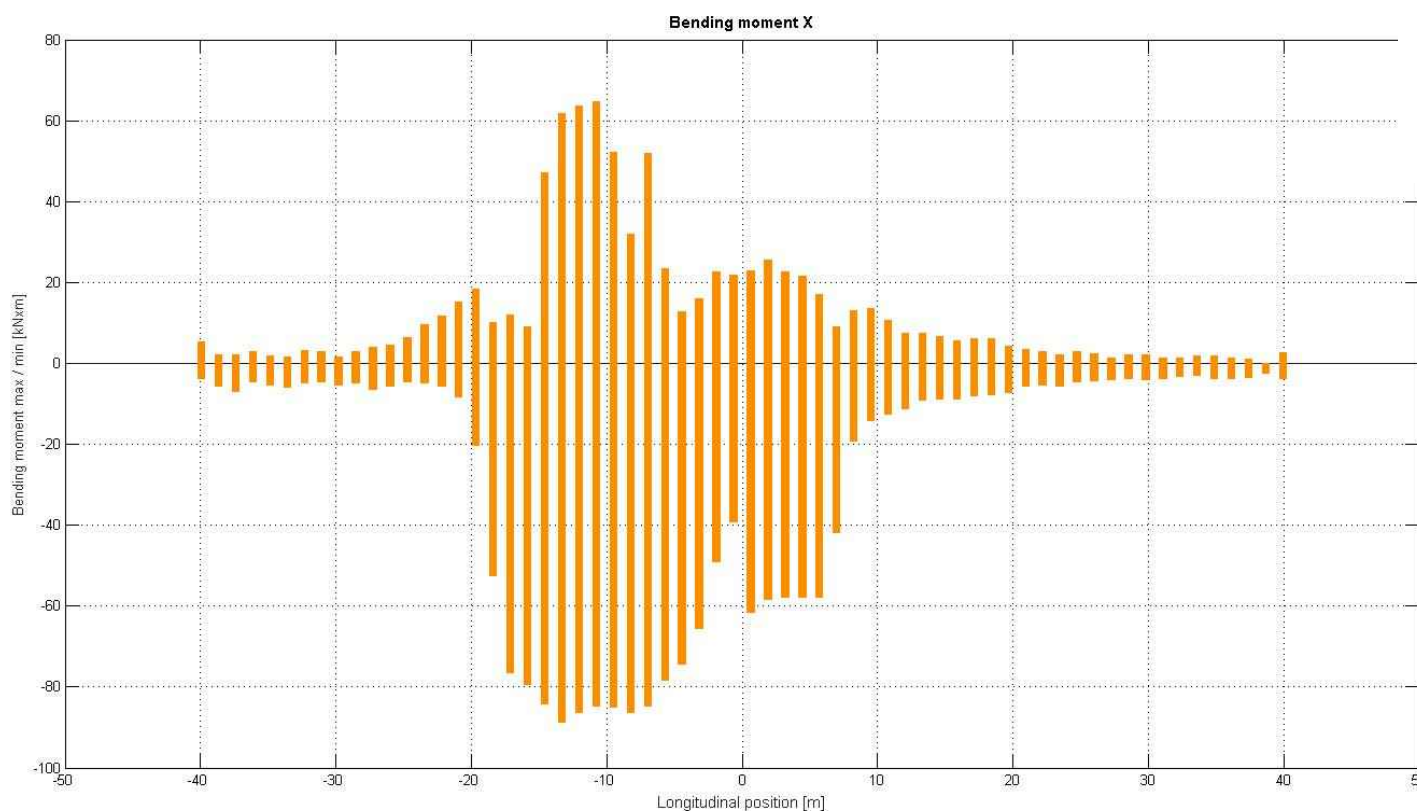


Forze verticali trasmesse al cordolo.





Momento trasmesso al cordolo.





Le prove di certificazione e gli incidenti reali

- I sistemi di ritenuta stradale vengono provati utilizzando dei veicoli che devono essere in accordo con la tabella 1 della EN1317-1.
- Le barriere di sicurezza vengono sottoposte ad urti utilizzando:
 - Veicolo da 900 kg
 - Veicolo che definisce la classe di contenimento della barriera.
 - Per alcune classi anche il veicolo da 1500kg

Table 1 — Vehicle specifications

MASS kg ±	900 ± 40	1 300 ± 65	1 500 ± 75	10 000 ± 300	13 000 ± 400	16 000 ± 500	30 000 ± 900	38 000 ± 1 100
Total mass	900 ± 40	1 300 ± 65	1 500 ± 75	10 000 ± 300	13 000 ± 400	16 000 ± 500	30 000 ± 900	38 000 ± 1 100
Test inertial mass ^a	825 ± 40	1 300 ± 65	1 500 ± 75	10 000 ± 300	13 000 ± 400	16 000 ± 500	30 000 ± 900	38 000 ± 1 100
Including maximum ballast ^b	100	160	180	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable
ATD installed	78 ± 4	Not required	Not required	Not required	Not required	Not required	Not required	Not required
DIMENSIONS m (Limit deviation ± 15 %)								
Wheel track (front and rear)	1,35	1,40	1,50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Wheel radius (unloaded)	Not applicable	Not applicable	Not applicable	0,46	0,52	0,52	0,55	0,55
Wheel base (between extreme axes)	Not applicable	Not applicable	Not applicable	4,60	6,50	5,90	6,70	11,25
CENTRE OF MASS LOCATION ^c m								
Longitudinal distance from front axle (CGX) ± 10 %	0,90	1,10	1,24	2,70	3,80	3,10	4,14	6,20
Lateral distance from vehicle centre line (CGY)	± 0,07	± 0,07	± 0,08	± 0,10	± 0,10	± 0,10	± 0,10	± 0,10
Height above ground (CGZ):								
— Vehicle mass (± 10 %)	0,49	0,53	0,53	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable
— Load (+ 15 %, - 5 %)	Not applicable	Not applicable	Not applicable	1,50	1,40	1,60	1,90	1,90
TYPE OF VEHICLE	Car	Car	Car	Rigid HGV	Bus	Rigid HGV	Rigid HGV	Articulated HGV
Number of axles ^d	1S + 1	1S + 1	1S + 1	1S + 1	1S + 1	1S + 1/2	2S + 2	1S + 3/4

^a Including load for heavy goods vehicles (HGV).

^b Including measuring and recording equipment.

^c The vehicle's centre of mass shall be determined when the ATD is not in the car.

^d The centre of mass of vehicles with two axles shall be determined in conformity with [ISO 10392](#).

^e S: steering axle.



Le prove di certificazione e gli incidenti reali.

- Le prove di certificazione sono poi condotte con traiettorie rettilinee e barriere installate senza curvature ed in piano.
- Lo scopo delle prove di certificazione non è quello di garantire che il sistema di ritenuta sarà sicuro per qualunque tipo di impatto.
- Le prove di certificazione hanno solo lo scopo di confrontare diversi prodotti , ossia misurare le prestazioni, nelle medesime condizioni di impatto.
- La situazione è simile a quella di un notaio che accerta che quel giorno, quella barriera, con quelle condizioni di impatto, ha avuto le prestazioni misurate. L'estensione del risultato a impatti diversi non è prevista.



Le prove di certificazione e gli incidenti reali.

- Le possibili differenze tra le prove di certificazione e gli incidenti reali sono facilmente identificabili ma è opportuno comunque analizzarle.
- I punti fondamentali sono:
 - Veicoli.
 - Traiettorie.
 - Presenza di carichi non vincolati.
 - Geometria della strada.
 - Condizioni di installazione reale del sistema di ritenuta.
 - Presenza di altri veicoli.
 - Impatti multipli.





Veicoli

- **Come visto le barriere vengono verificate solamente con due veicoli che possono essere molto diversi da quello che si trova in un impatto reale.**
- **Se si osserva, ad esempio, la definizione dei veicoli della tabella 1 si può trarre l'erronea conclusione che una barriera H2 è in grado di contenere tutti gli autobus che circolano sulle nostre strade.**
- **Purtroppo il veicolo definito nella tabella 1 ha una massa molto inferiore rispetto alla massa degli autobus circolanti.**

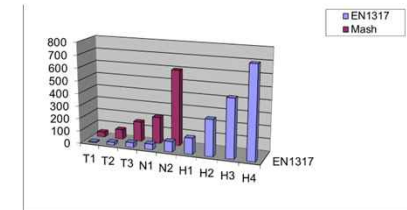


Traiettoria curvilinea del veicolo.

- In maniera convenzionale si associa la classe di contenimento di una barriera ad un'energia così calcolata (essendo v la velocità del veicolo, m la massa e α l'angolo di impatto):

- $$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(v \cdot (\sin(\alpha)) \right)^2$$

- Questa formula, di per sé scorretta ma universalmente accettata, è utilizzata per definire quale energia di impatto la barriera dovrebbe essere in grado di assorbire.
- Ci sono però alcuni problemi:
 - E' ammissibile che cambiando il veicolo l'energia assorbibile sia sempre la stessa? Una vettura da 1500 kg che viaggia a 300 km/h e impatta a 20° siamo sicuri che abbia lo stesso effetto di un autoarticolato di 38 ton che viaggia a 65 km/h?
 - Che cosa succede se l'impatto non è con una traiettoria del veicolo rettilinea?



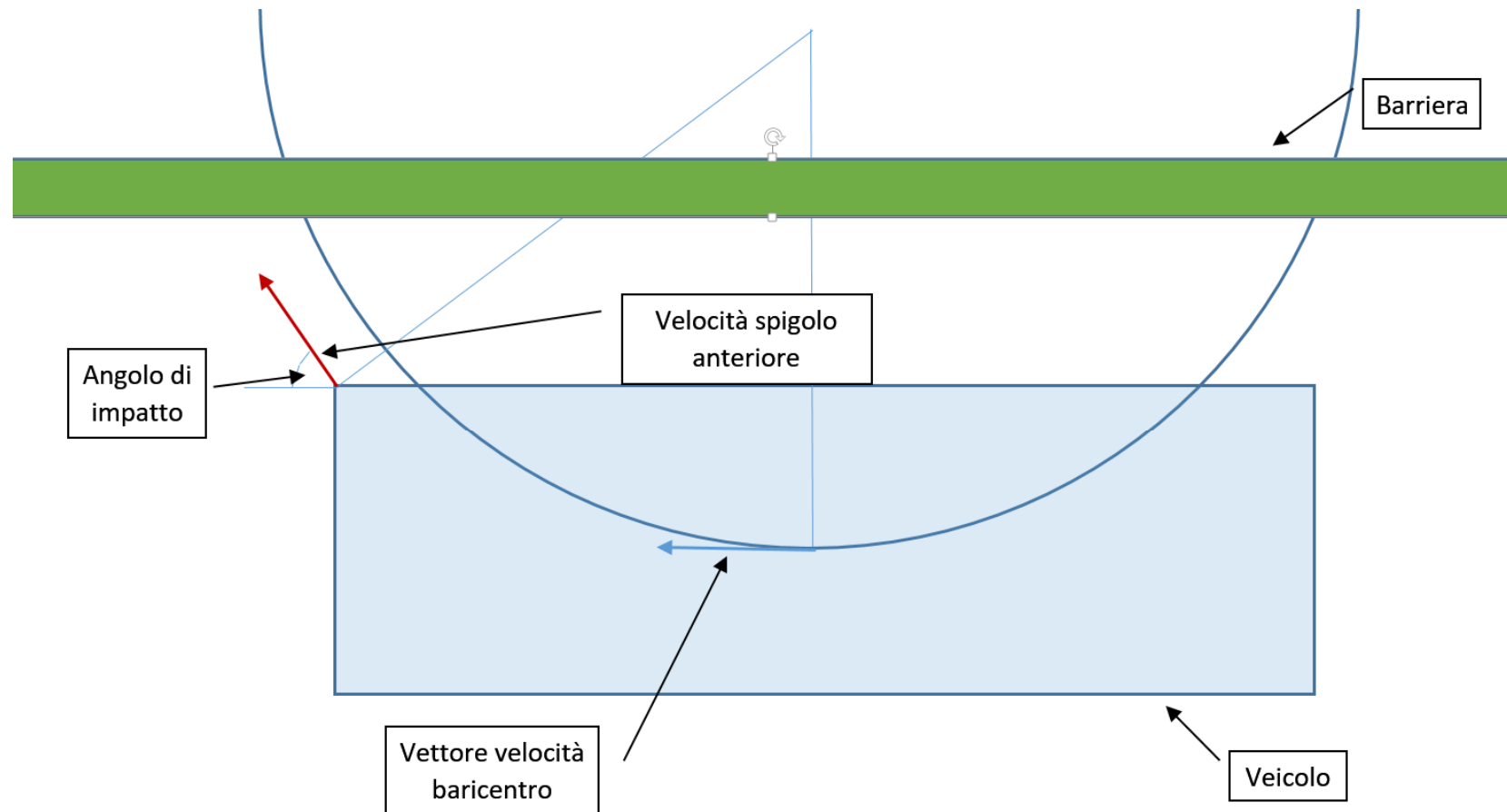


Traiettoria curvilinea

- Negli prove di certificazione la traiettoria del veicolo è rettilinea perché i campi prova devono accelerare il veicolo e realizzare una condizione di impatto ripetibile.
- Nella realtà le uscite di strada non sono praticamente mai rettilinee.
- Ma se devo considerare una traiettoria curvilinea come valuto l'energia trasferita alla barriera? Quale angolo di impatto prendo?
- In traiettoria curvilinea la velocità del baricentro del veicolo ha un'inclinazione diversa di quella dello spigolo che va in contatto.
- Con una traiettoria curvilinea è fondamentale identificare la direzione della velocità del primo punto che tocca contro la barriera perché è quella che permette la valutazione dell'energia d'urto.
- Con traiettorie curvilinee l'angolo di impatto contro la barriera non è rappresentato dall'angolo tra la velocità misurata nel baricentro e la barriera stessa (come avviene normalmente nelle prove al vero).

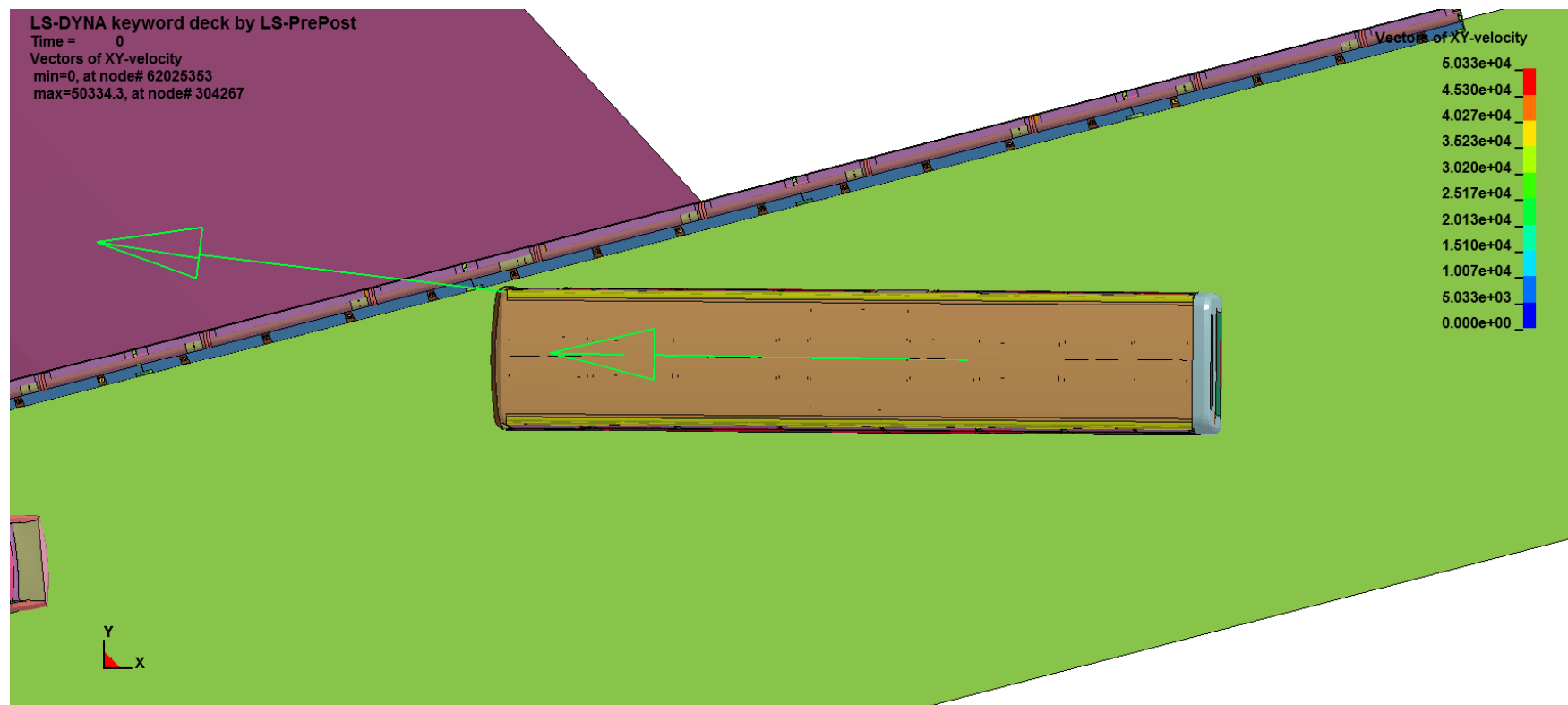


Traiettoria curvilinea. Esempio





Angolo di impatto.





Traiettoria curvilinea.

- **E' fondamentale rappresentare nel modello anche l'azione sterzante delle ruote.**
- **Questo aspetto diventa importantissimo per veicoli la cui dimensione è confrontabile con il raggio di curvatura della traiettoria.**
- **In generale è un elemento dirimente per bus e camion.**
- **Meno importante per autovetture.**



Geometria della strada.

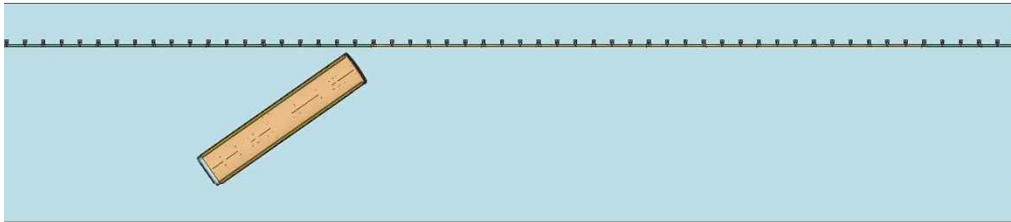
- Spesso gli urti avvengono in curva e/o in discesa dove il comportamento del veicolo e della barriera può essere notevolmente diverso dalla situazione in piano e in rettilineo.
- Le prove di certificazione vengono realizzate in rettilineo per difficoltà realizzative e per uniformità
- La barriera installate in condizione di curva può lavorare in maniera diversa da un'installazione in rettilineo.



Roma via Trionfale. Rettilineo

Time = 0

Time = 0



Time = 0



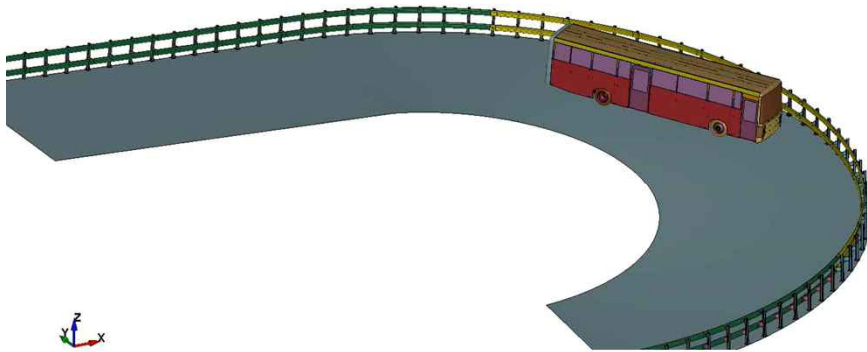
Time = 0





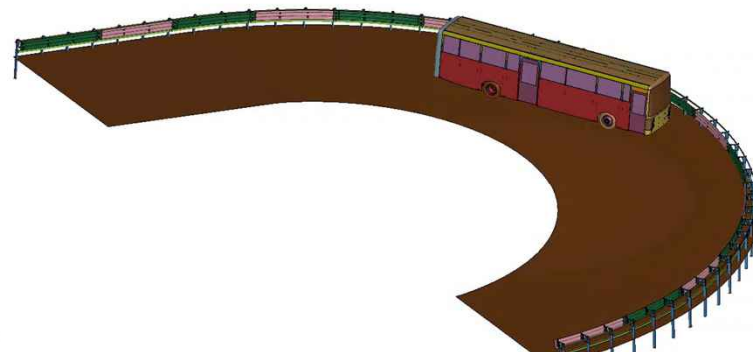
Curva raggio 15m e pendenza 6%

Time = 0

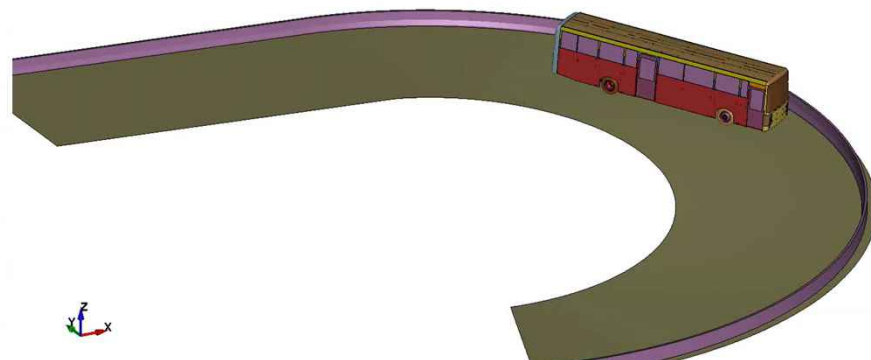
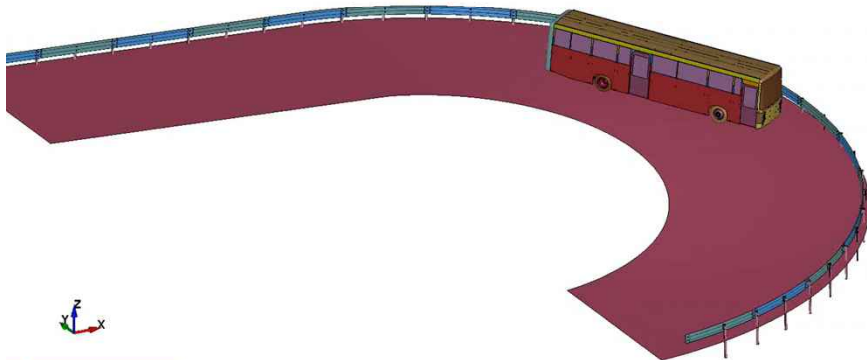


Time = 0

Time = 0



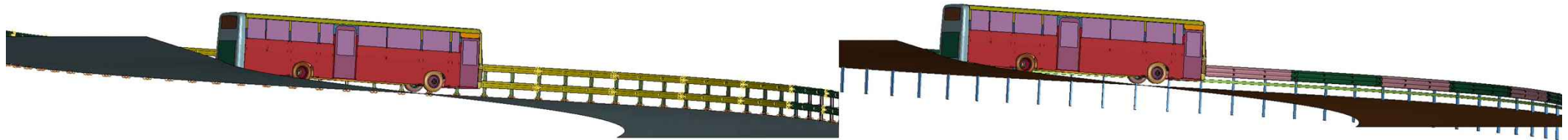
Time = 0



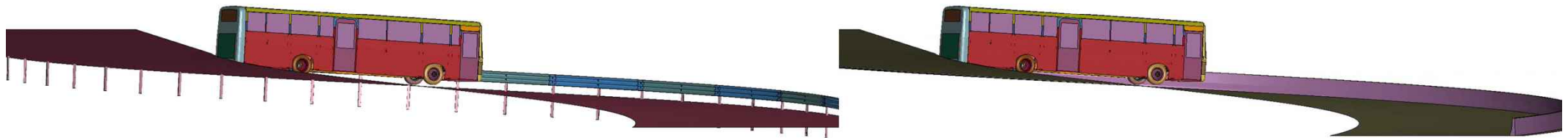


Curva raggio 15m e pendenza 6%

Time = 0



Time = 0





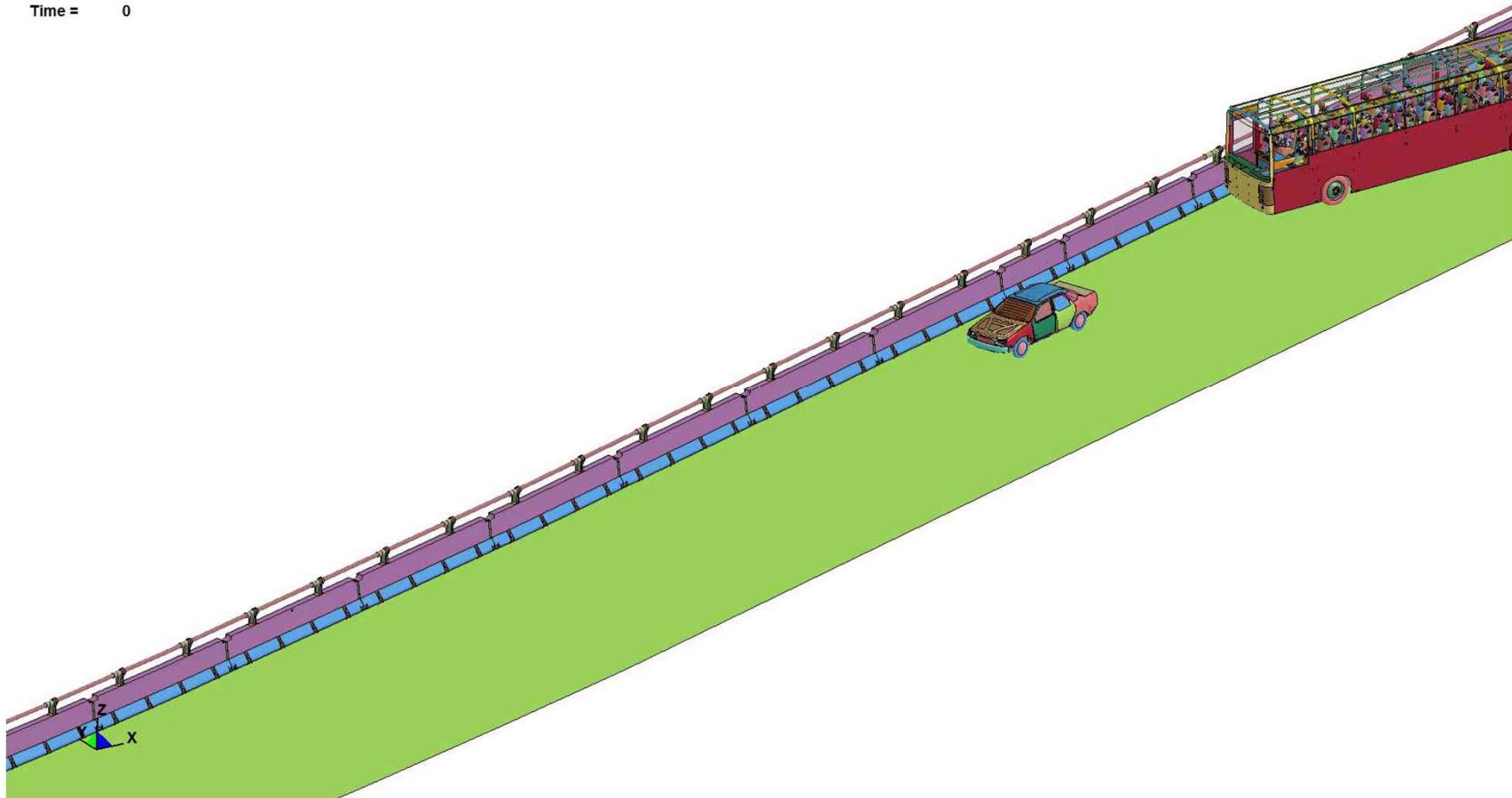
Movimento del carico.

- **Le prove di certificazione sono condotte vincolando rigidamente le masse al veicolo.**
- **Negli urti reali il carico trasportato non rimane quasi mai vincolato al mezzo.**
- **Se tale carico è una frazione significativa della massa totale la dinamica è influenzata in maniera notevole.**



A16 Acqualonga.

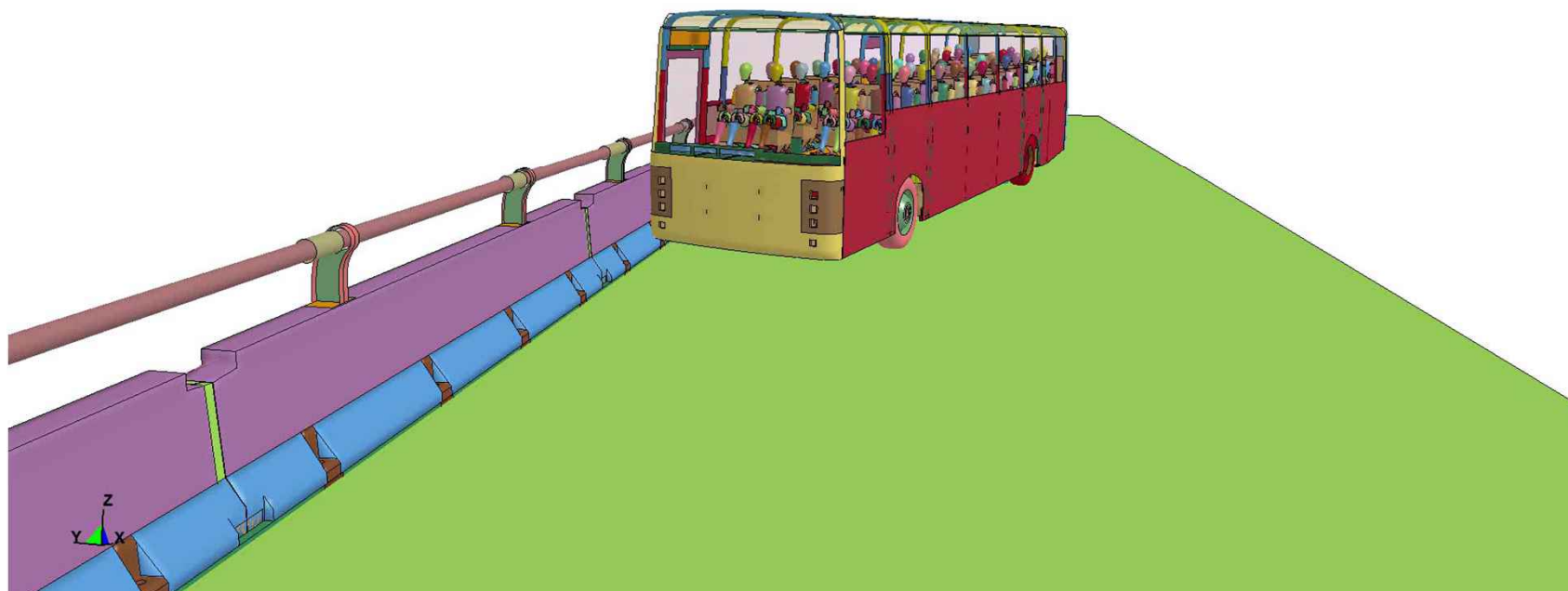
Time = 0





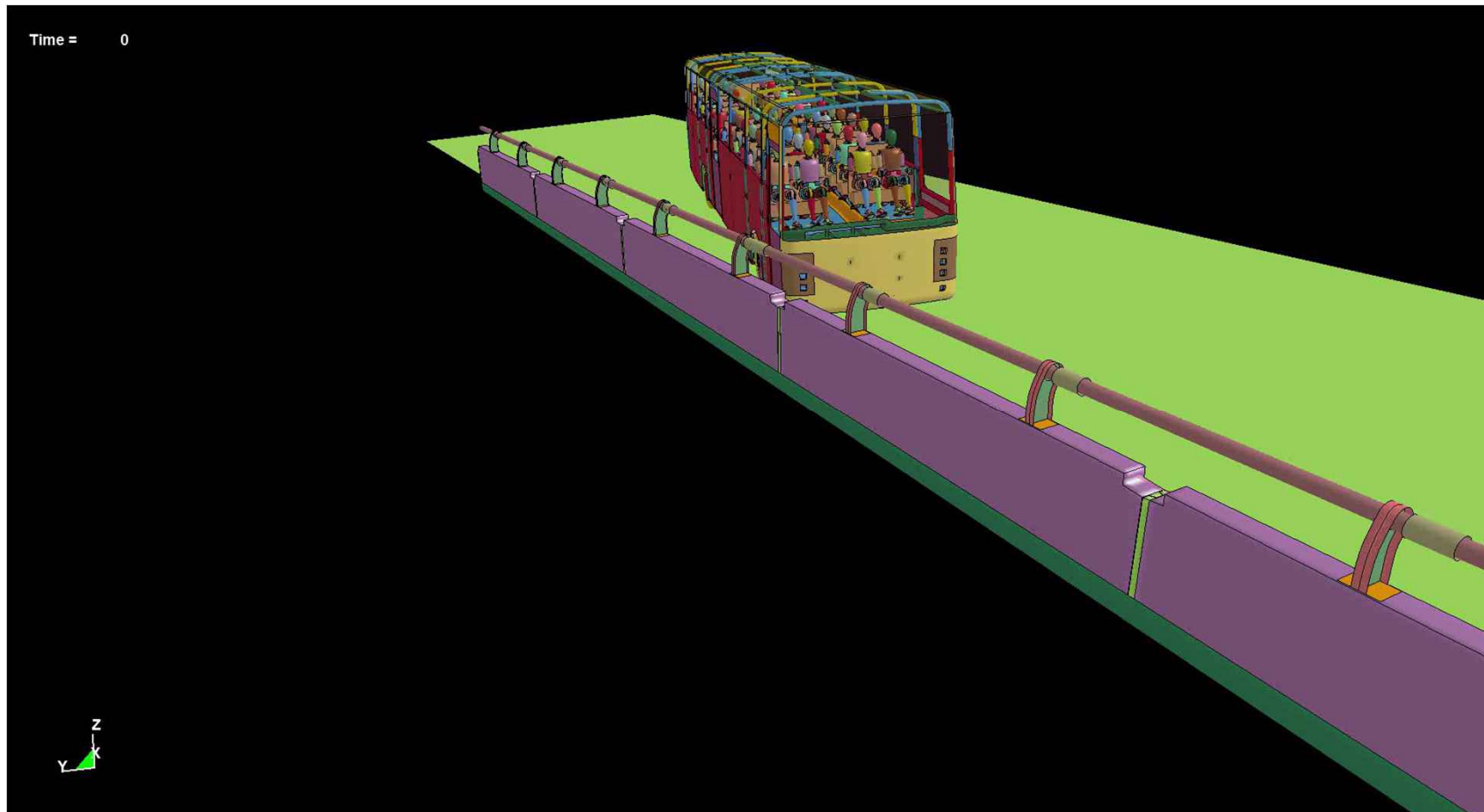
A16 Acqualonga

Time = 0



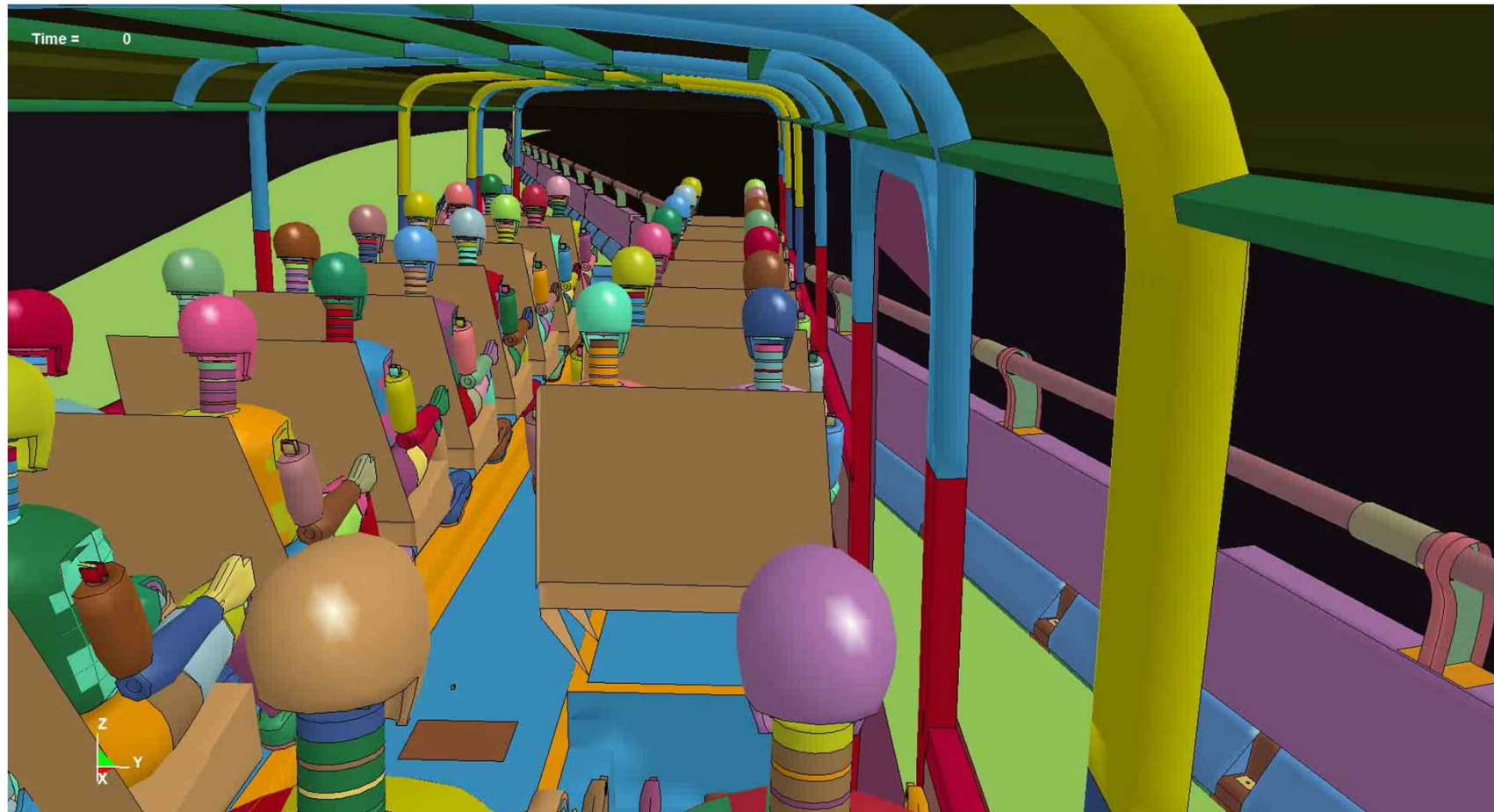


A16 Acqualonga.





A16 Acqualonga.





A10 Albenga. Marzo 2021.





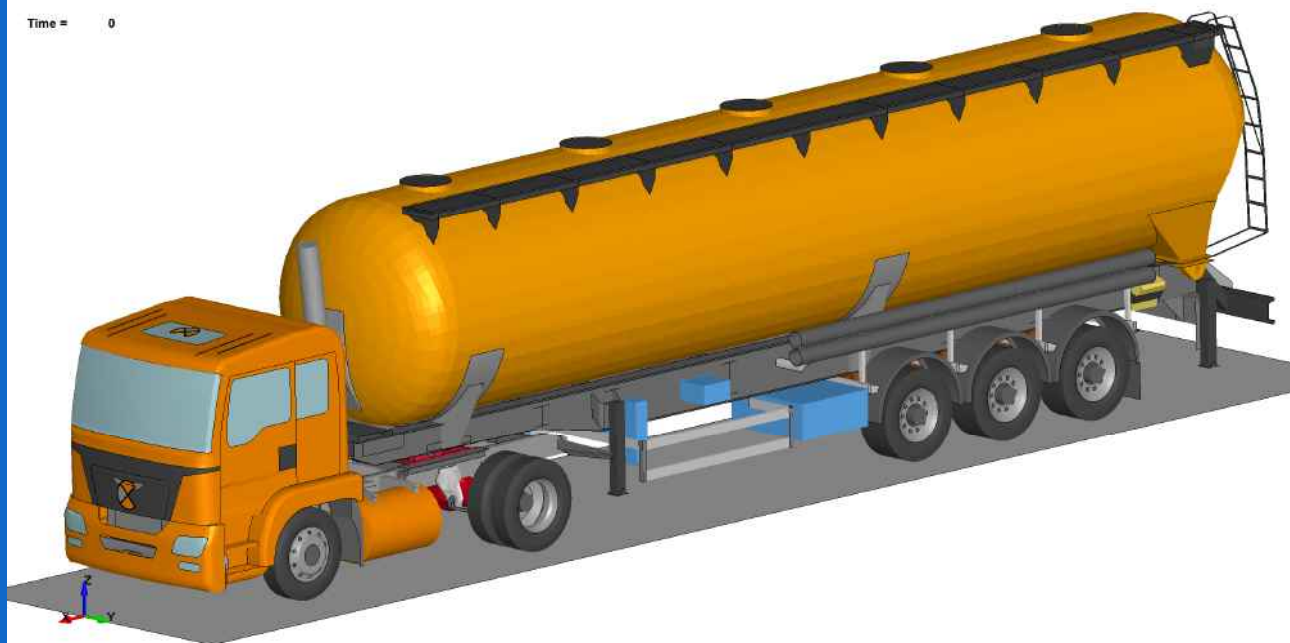
Veicolo

- **Caratteristiche del veicolo**
 - **Motrice:** Mercedes Actros (massa stimata: 7700 kg)
 - **Rimorchio:** Feldbinder KIP 60.3 (rimorchio: 6700 kg + carico: 25260 kg - talco)





Time = 0







Primo impatto.

Time = 0

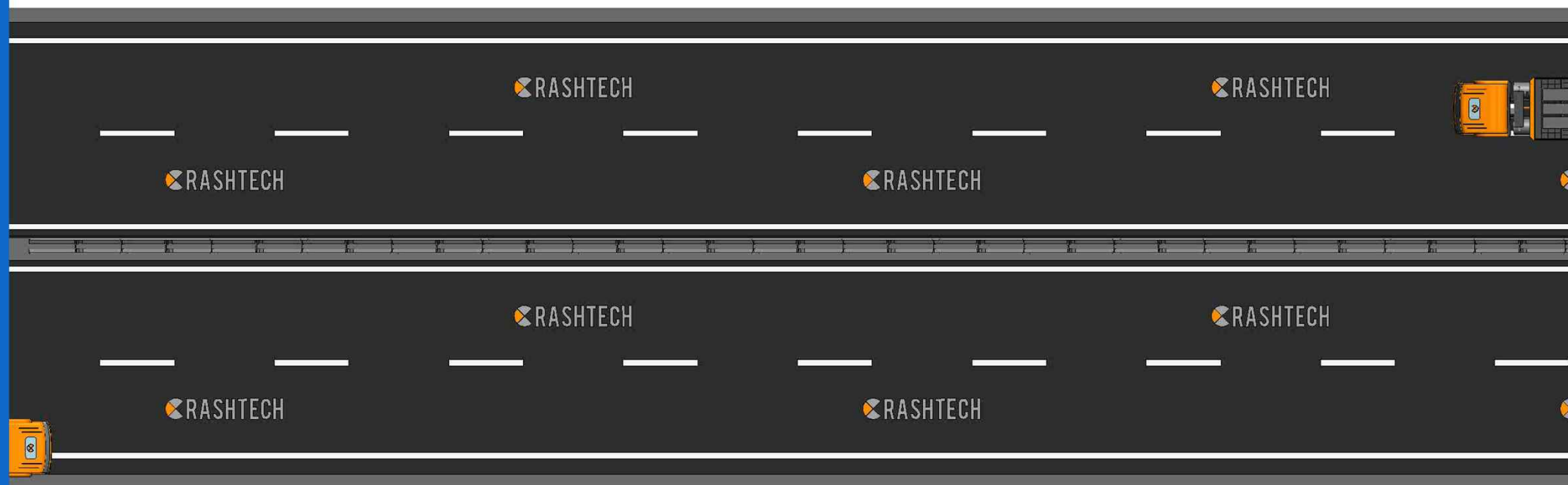




Secondo impatto.

LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost

Time = 0





Secondo impatto.

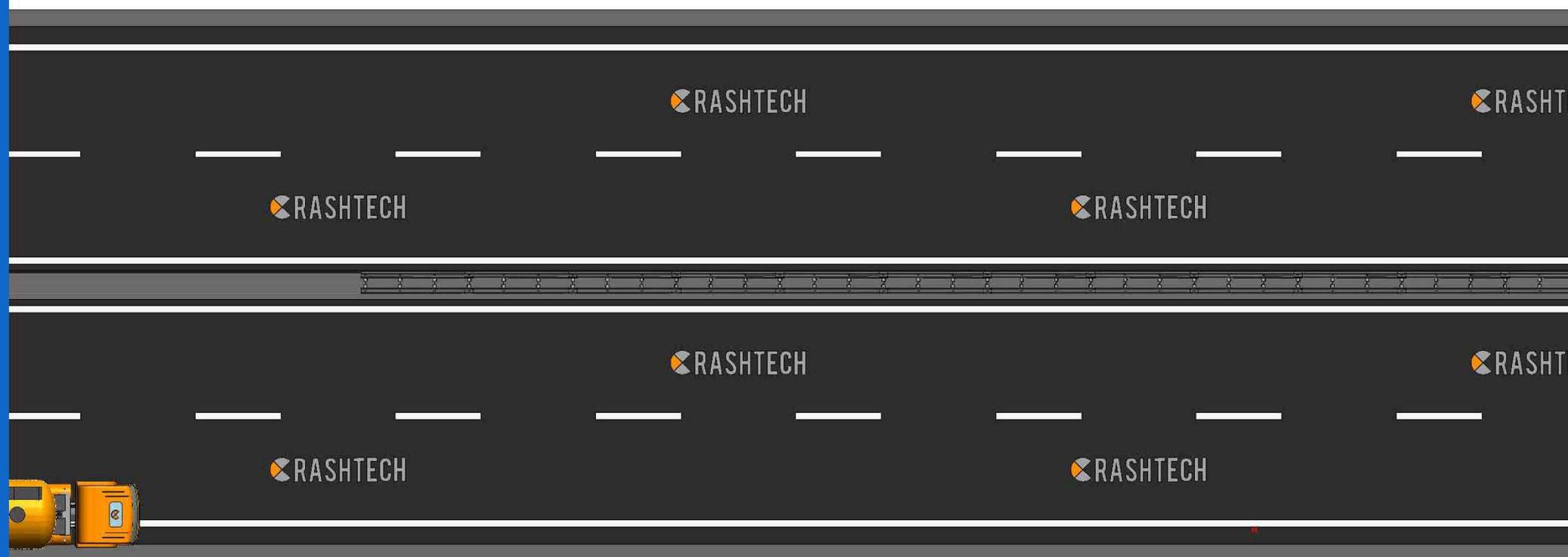
Time = 0





Presenza barriera H4

Time = 0





A10 Pietra Ligure





A10. Pietra ligure.





Quale energia è stata trasferita alla barriera?





Energia trasferita.

- La valutazione dell'energia con la formula approssimata normalmente utilizzata genera un valore molto inferiore alla realtà.

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v \cdot (\sin(\alpha)))^2$$

- Dal modello ad elementi finiti è possibile ricavare il valore esatto dell'energia (senza formule approssimate) in quanto sono disponibili le forze di contatto tra veicolo e barriera e il valore dell'energia trasferita.
- Se voglio considerare l'angolo di impatto:
 - L'angolo di impatto del baricentro è 37.4°
 - L'angolo di impatto dello spigolo che urta è 59.2°



Virtual Testing.

- E' uno strumento oramai essenziale per la progettazione e per la certificazione dei sistemi di ritenuta stradale.
- Per l'utilizzo come strumento certificativo deve essere normato per evitare distorsioni del mercato.
- La revisione della EN1317 darà sicuramente molto più spazio al virtual testing rispetto all'attuale ma è necessario lavorare per evitare rischi e cattivi utilizzi.
- Accredimento laboratori virtuali. Attualmente soluzione non praticabile per scorretta interpretazione degli organismi di accreditamento. CEN TC 226/wg1/tg5 ha creato un TR in fase di approvazione che dovrebbe migliorare la situazione ma.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Prof. Ing. Marco Anghileri
Marco.anghileri@polimi.it

