Trasporto di opere d'arte

informazioni e foto gentilmente fornite dalla

Dott.ssa Michela Ulivi

storica dell'arte, gia' curatrice mostre presso il

Museo Nazionale di Palazzo Barberini di Roma

Enrico Serra (INFN TIFPA Trento)
enrico.serra@tifpa.infn.it

Benedetto Di Ruzza (Foggia UniFG & INFN Bari)
benedetto.diruzza@unifg.it

meeting ePIC/SVT Italia
Padova 27 Febbraio 2025

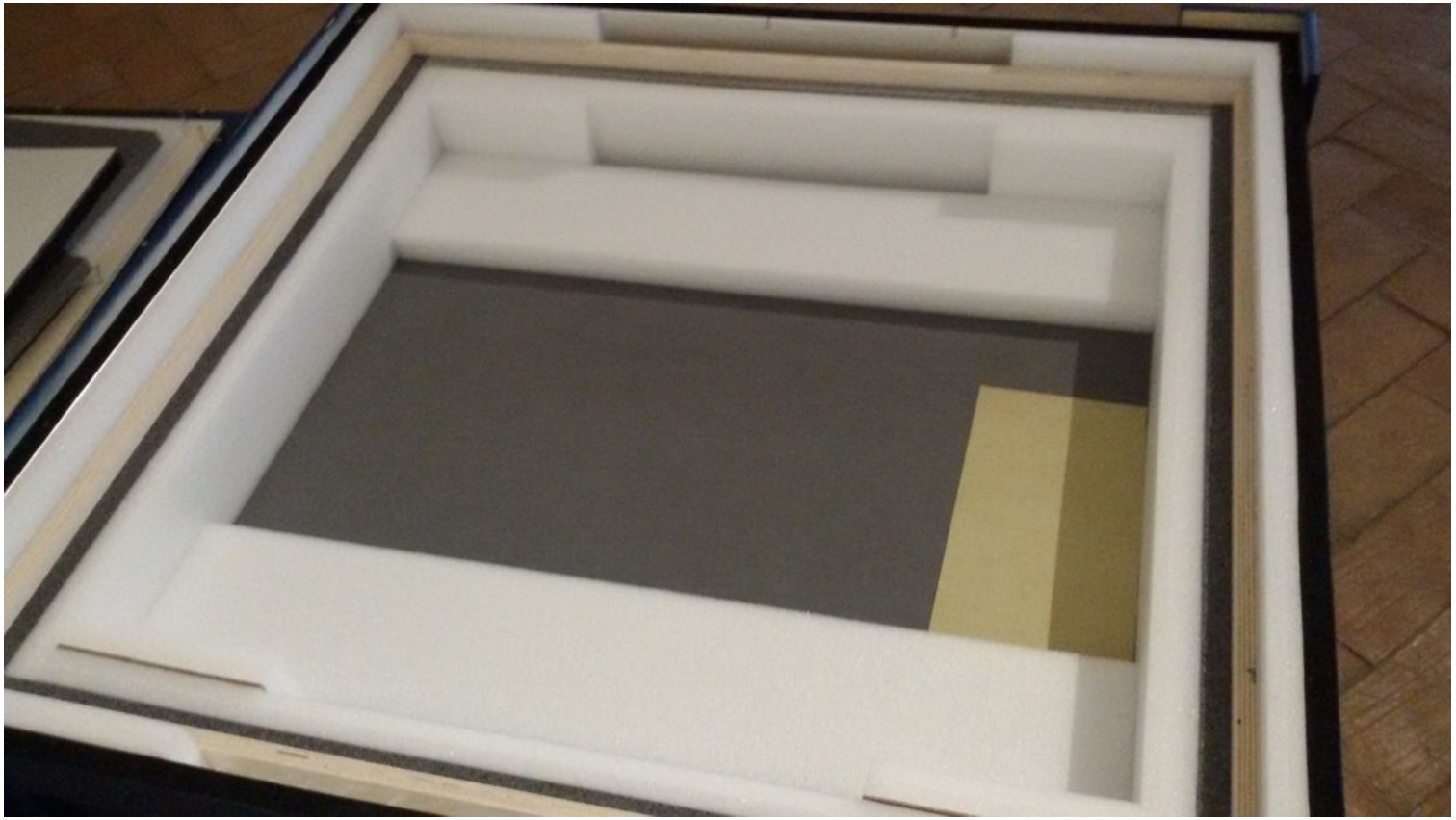
Obbiettivo

Nel corso dell'incontro e' stato chiesto alla Dott.ssa Ulivi di raccontare il processo e descrivere le modalita' usate per la spedizione internazionale di opere d'arte fragili e preziose nel caso di allestimento mostre o prestiti in paesi esteri che implichino viaggi molto lunghi dell'opera stessa.

Premessa

- In generale il trasporto di opere d'arte viene affidato a societa' altamente specializzate.
- Ogni spedizione viene organizzata e seguita da un un/una storico/a dell'arte incaricato dal museo propietario dell'opera che e' responsabile di tutte le fasi fino al rientro dell'opera.
- La societa' fornisce la cassa per il trasporto.
- La societa' dispone di casse "standard" che possono essere usate, con piccoli adattamenti, per il trasporto di oggetti "generici" e con forma "semplice" (es. quadri di piccole/medie dimensioni, piccole sculture)
- Per oggetti di grandi dimensioni (grandi tele), o forme e/o peso particolare (grandi/fragili sculture, istallazioni etc.) invece le casse vengono "disegnate ad hoc" in accordo con l'esperto incaricato dal museo .
- In entrambi I casi le casse sono costituite da una sequenza di strati di materiali diversi (piu' o meno sempre la stessa sequenza dall'interno verso l'esterno) dove ogni strato ha uno scopo specifico.
- L'imballaggio, e l'apertura delle casse avviene in presenza dell'esperto incaricato del museo che viaggia con la cassa stessa sia all'andata che al ritorno.

Le casse



l’imballaggio

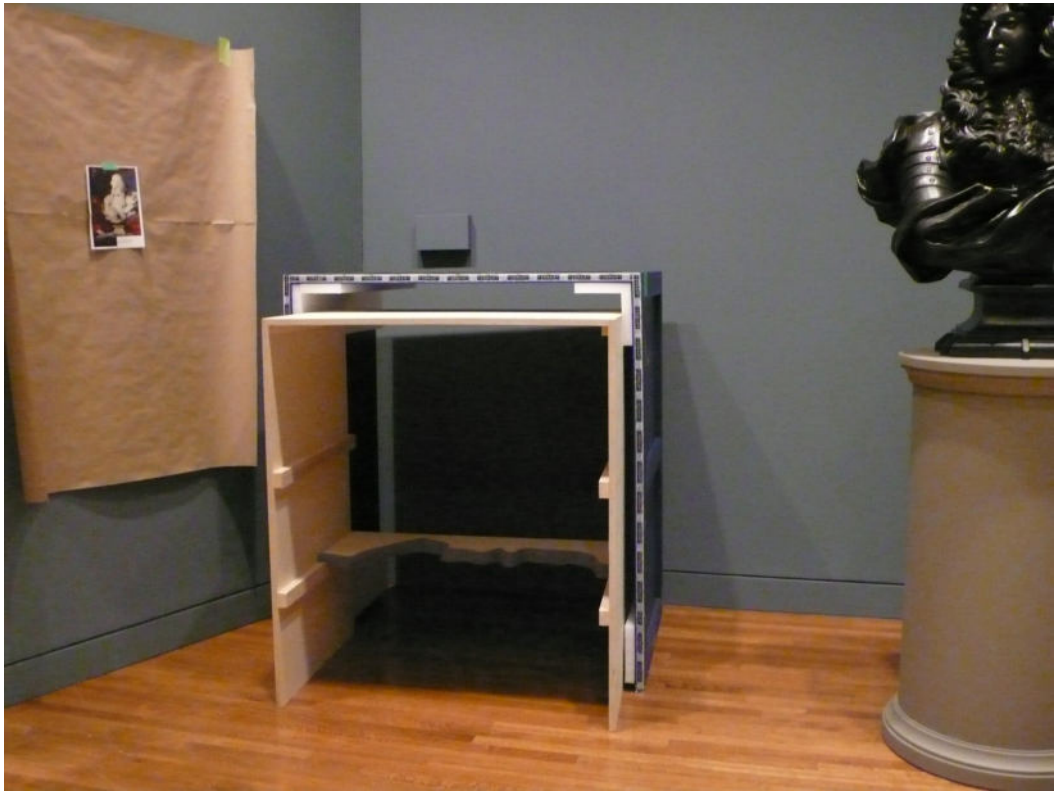
l’imballaggio

Casse con sagomatura

Casse con sagomatura:apertura

Per le casse con sagomatura cambia la struttura di sostegno interna ma rimane simile la sequenza di strati dall'interno verso l'esterno.

Casse con sagomatura:apertura



Nella fase di apertura si tende a “smontare” la scatola attorno all’opera anziche’ “portare l’opera fuori dalla scatola”

Tipologie casse (fonte Dott.ssa Ulivi)

Le **casse museali** sono costruite in compensato di pioppo in genere da 2 cm con eventuali rinforzi. internamente sono rivestite con strato di isolante termico sacco barriera. La protezione meccanica antiurto è data da fogli di ethafoam (polietilene espanso bianco) densità 33 kg/m2 e a contatto dell'opera fogli di poliuretano espanso nero densità 30 kg/m2 di spessore non inferiore a 5 cm

Le **casse museali climatizzate** sono rivestite internamente, oltre che con lo strato di isolante termico sacco barriera, da pannelli di polistirene estruso senza CFC e HCFC a cellule chiuse di densità 33 kg/m2. Per stabilizzare l'umidità, all'interno della cassa possono essere inseriti fogli di artsorb (silica gel).

Le **casse doppie** hanno un'ulteriore cassa interna in compensato da 2 cm collocata a contatto del materiale antiurto della cassa esterna e rivestita internamente con ulteriore protezione meccanica antiurto (fogli di ethafoam e a contatto dell'opera fogli di poliuretano espanso nero)

Le **casse con imballo a sagomatura** (per le sculture) sono rivestite internamente con lo strato di isolante termico; la protezione meccanica antiurto data dai fogli di ethafoam, polietilene espanso bianco di densità idonea alla natura dell'opera; a contatto dell'opera fogli di poliuretano espanso nero di densità adeguata all'oggetto.

All'interno l'opera è bloccata da travi di compensato, dello spessore necessario, sagomate in base alla forma dell'opera e estraibili a ghigliottina.

Le casse possono essere fornite di piedini antivibrazione, segnalatori di shock, data logger per monitoraggio temperatura e umidità.

Il trasporto

Per I quadri e tele il viaggio avviene in posizione verticale

Il trasporto

All’interno di ogni aeroporto nella fase finale dell’imbarco la cassa viene maneggiata da personale (non specializzato) dell’aeroporto poiche’ per motivi di sicurezza nessun “esterno” puo’ accedere oltre una certa aerea. Un tecnico dell’aeroporto pero’ vigila su queste fasi ed informa in tempo reale il respomsabile del museo che si imbarca in cabina.

Commenti aggiuntivi

- I legni impiegati sono trattati in maniera antibatterica.
- Le superfici dei vari strati, quando possibile, sono trattati in maniera ignifuga.
- Le casse in generale non hanno dispositivi “antivibrazione attivi” ma perloppiu’ strati
- assorbenti alle vibrazioni.
- I passi delle operazioni di chiusura cassa ed apertura hanno una sequenza precisa.
- Per le casse che viaggiano in stiva (aereo cargo oppure stiva passeggeri) occore un isolamento termico costruito per “tenere” le ore necessarie al viaggio.
- Se ci sono ritardi o cancellazioni del volo o attese prolungate per l’imbarco le casse vengono immagazzinate in un’area “caveau” dell’areoporto dal personale (non specializzato) aeroportuale.

1) Le **casse di grandi dimensioni** viaggiano su pellet con **aerei cargo** che partono perloppiu’ dall’aeroporto di Milano Malpensa.
2) Le **casse medio/piccole** vengono imbarcate in **stiva nei voli passeggeri** (insieme ai bagagli).
3) Solo **casse molto piccole** possono viaggiare **in cabina**.

SVT completo di connettori dovrebbe rientrare nella categoria 2), senza connettori forse nella categoria 1)

Conclusioni

Trasporto di opere d'arte e gestione delle vibrazioni

1) **Vibrazioni e shock nel trasporto di opere d'arte**

2) Il trasporto di opere d’arte richiede un’attenzione particolare per minimizzare le vibrazioni e gli shock che potrebbero comprometterne l’integrità. L’uso di materiali e tecniche specifiche aiuta a proteggere le opere durante il tragitto.

3) **Percorso ipotizzato e logistica del trasporto per SVT**

- Origine e destinazioni: Bari → New York → Long Island per il detector finale, Bari → Pavia ed eventuale ritorno, (eventualmente Bari Padova e ritorno) per I prototipi.

- Ultimo miglio per l’imbarco aeroportuale: Il tratto finale dell’imbarco è spesso il più critico, poiché coinvolge operatori non specializzati, come gli agenti aeroportuali, che non sono formati per la movimentazione di opere delicate.

- Vantaggio di utilizzare la stiva di un aereo passeggeri: Evita la necessità di un aereo cargo, riducendo le sollecitazioni e migliorando la gestione delle condizioni ambientali.

Conclusioni

Trasporto di opere d'arte e gestione delle vibrazioni
3) Protezione dell'opera: materiali e tecniche

- Materiali di imballaggio:
  - Etafoam e gomma piuma (spessore 25 cm) per assorbire le vibrazioni.
  - Legno ignifugo e piani controsagomati per garantire stabilità.
  - Ammorbidimento del piano d'appoggio per evitare pressioni localizzate.

    Struttura della cassa:
  - Esploso della cassa per analizzare le soluzioni di imballaggio.
  - Kapton per congiungere le parti dell'imballo senza danneggiare l'opera.
  - Longarone: Un lato dell'opera non può essere toccato, quindi l'imballaggio deve tenerne conto.

Conclusioni

Trasporto di opere d'arte e gestione delle vibrazioni
4) Monitoraggio del trasporto

- Sensori e registratori:
- Data logger e shock logger per monitorare le sollecitazioni durante il trasporto.
- Diagramma di carico aereo: Importante per prevedere accelerazioni e decelerazioni (es. 3-4 g nella fase di partenza).

5) Condizioni ambientali e compatibilità con ITS3 Alice 2035

- Pressione atmosferica controllata: Fondamentale per garantire la sicurezza dell'opera. Nel nostro caso non sono previste particolari attenzioni al momento.
- UHV (Ultra High Vacuum): Requisito per il progetto ITS3 Alice 2035, che richiede condizioni di trasporto altamente specifiche.

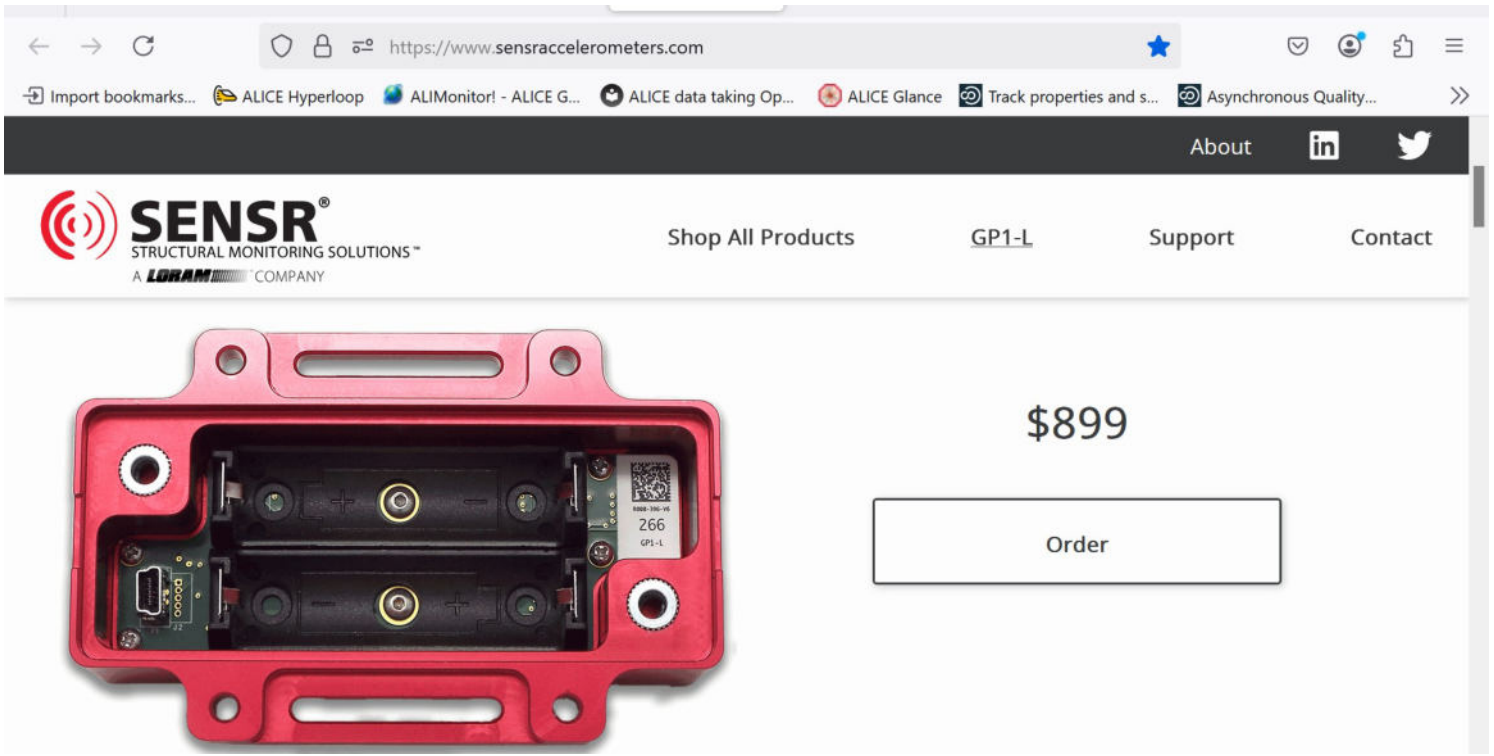
Lessons learned from the CDF silicon detector experience

Il CDF Silicon Detector, che opero' al Fermilab dal 2001 circa fino al settembre 2011 era alimenato con tre diverse tipologie di alimentatori (slot) controllato da un Mainframe CAEN SY507.
Talvolta era necessario spedire le slot dal Fermilab a Viareggio per la riparazione ed accadeva che alcune di loro si rompessero dopo la riparazionenel viaggio di ritorno Viareggio-Batavia.
Le scatole erano fatte con schiuma plastica bianca antiurto ed antistatica dello spessore di circa 3 cm. Le slot viaggiavano in posizione orizzontale.

Per ridurre questi incidenti fu richiesto alla compagnia di spedizione di minimizzare le vibrazioni durante il viaggio, prestare piu' attenzione al carico e scarico e furono applicati sistemi di monitoraggio alle scatole durante la spedizione.
Ad ogni scatola erano applicati dei sensori "tilt sensor" e "shock sensor" che indicavano se la scatola era stata sbattuta o ribaltata durante il viaggio.
In alcune di queste era inoltre installato un "data logger" a batteria che misurava eregistrava accelerazione nelle 3 direzioni X, Y, Z e la temperatura per un periodo di almeno 15 giorni.

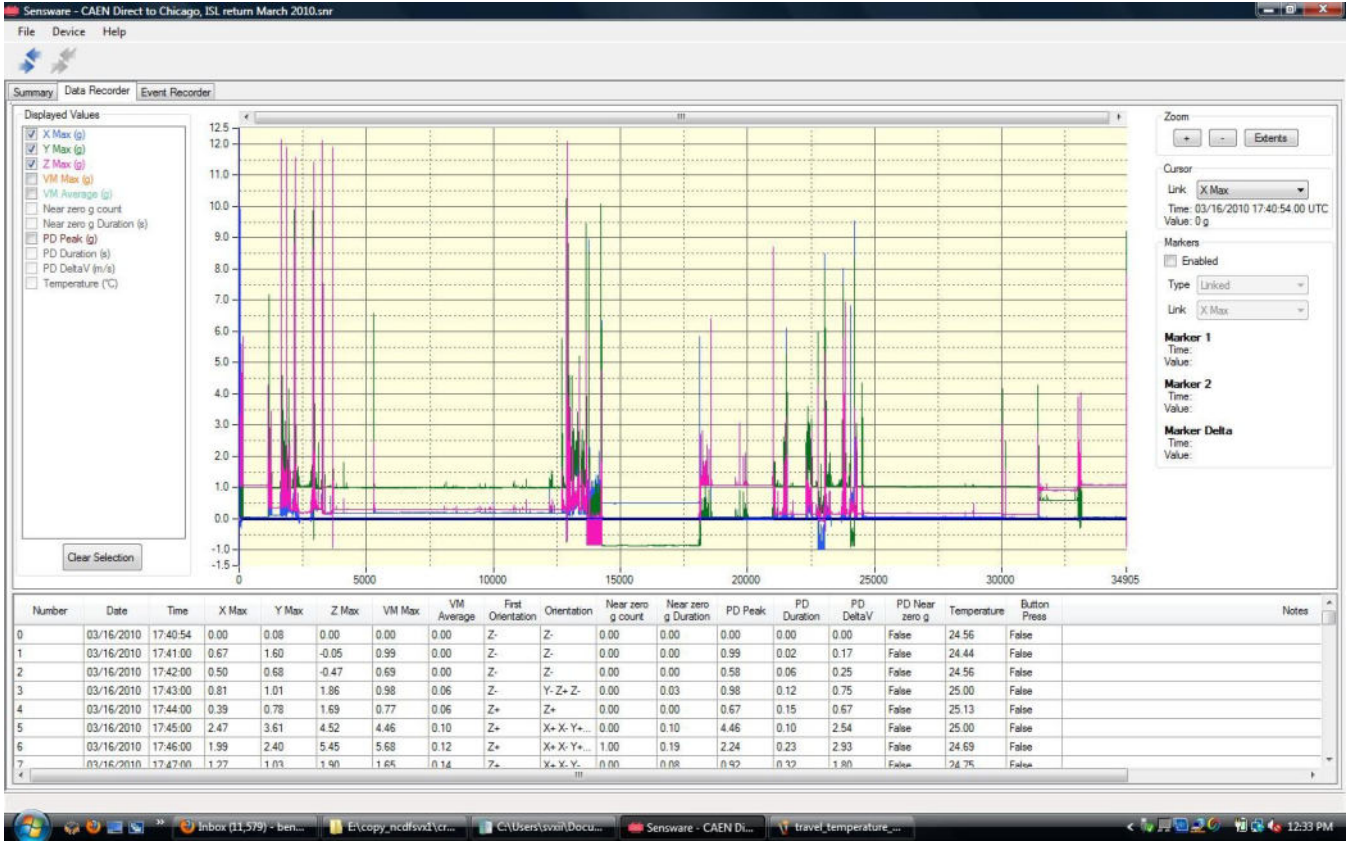
Lessons learned from the CDF Silicon Detector experience

Strumento usato: misuratore di accelerazione e temperatura:



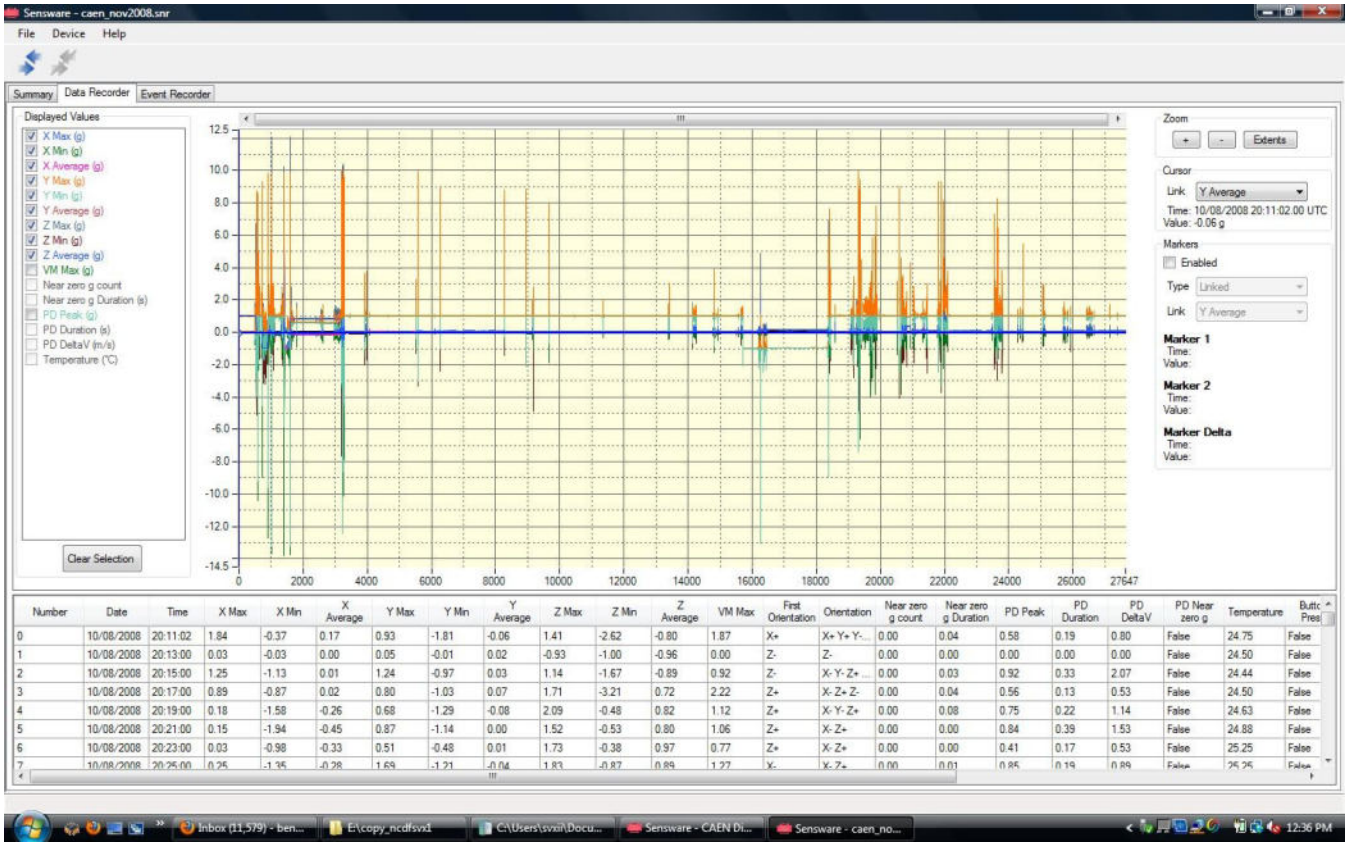
Lessons learned from the CDF Silicon Detector experience

Max g



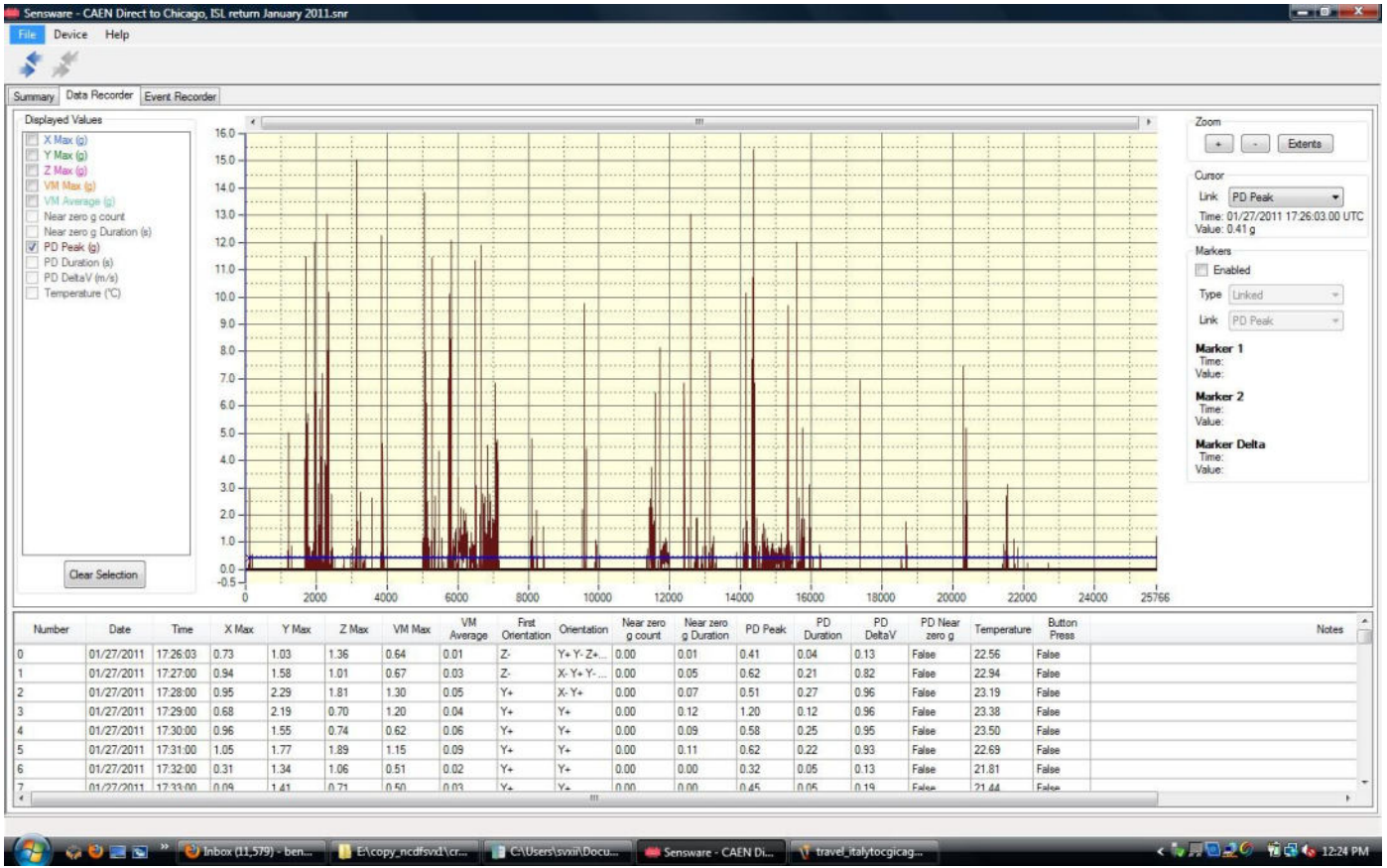
Lessons learned from the CDF Silicon Detector experience

Max, min and average g



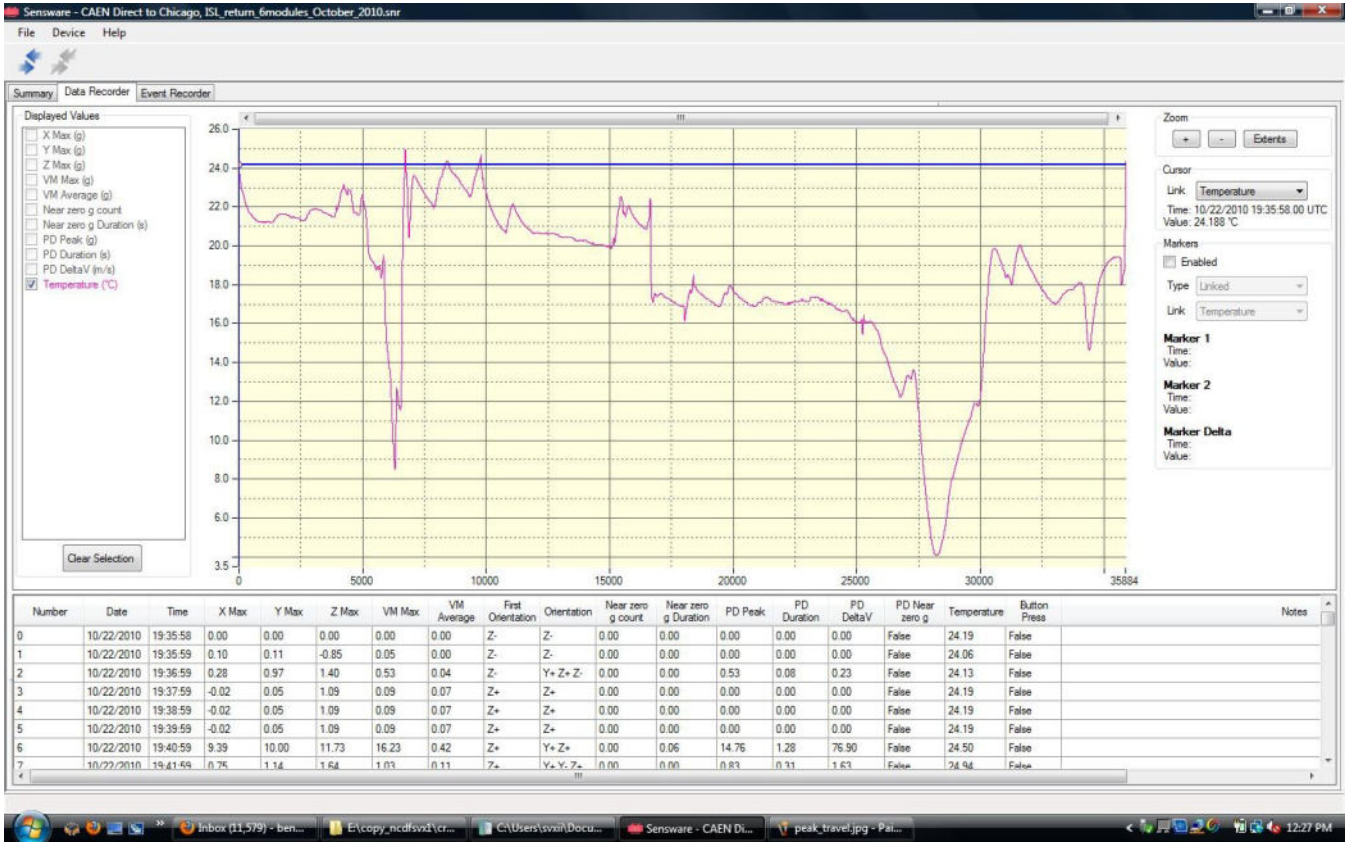
Lessons learned from the CDF Silicon Detector experience

Peak g



Lessons learned from the CDF Silicon Detector experience

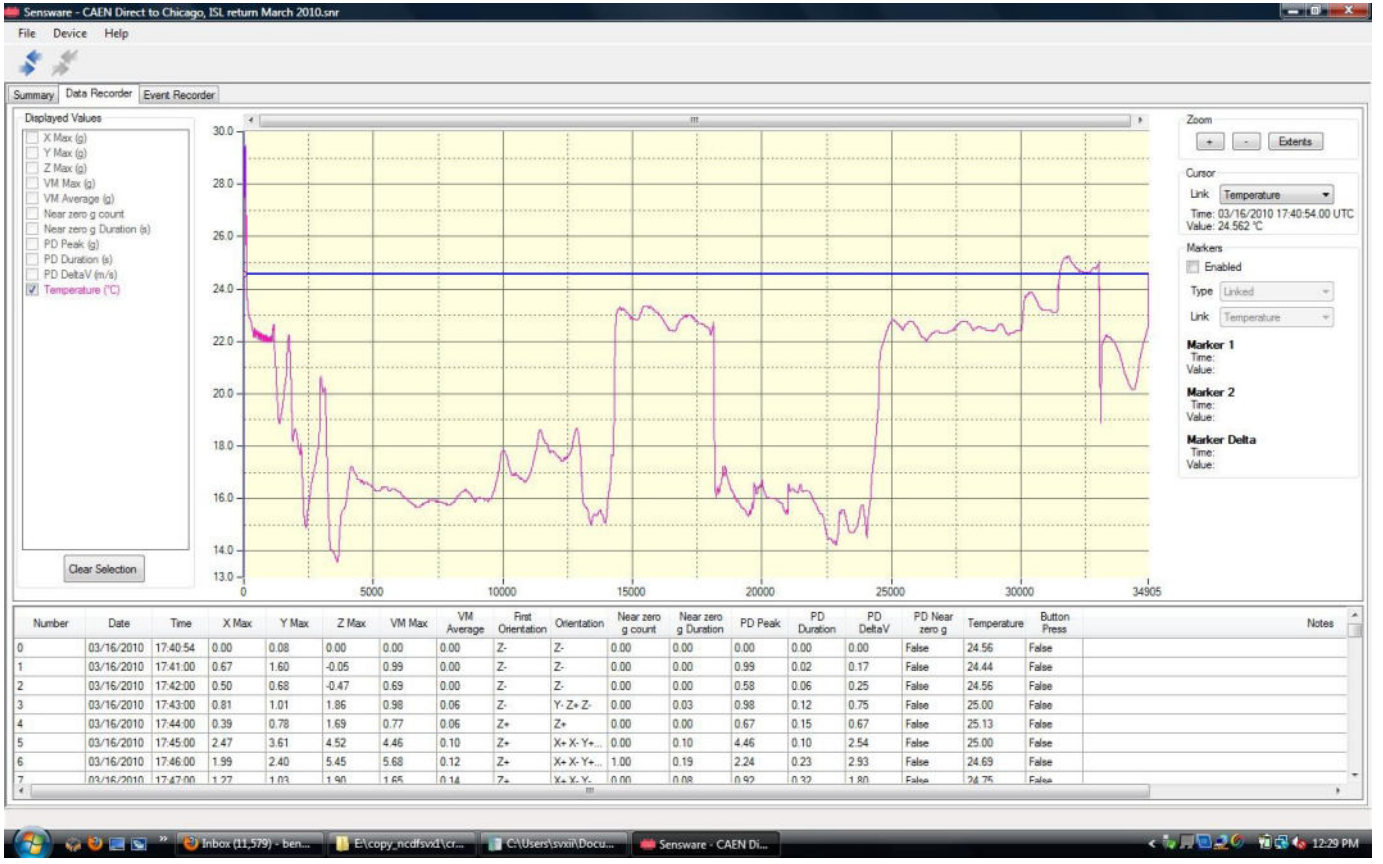
Temperature



Number	Date	Time	X Max	Y Max	Z Max	VM Max	VM Average	First Orientation	Orientation	Near zero g count	Near zero g Duration	PD Peak	PD Duration	PD DeltaV	PD Near zero g	Temperature	Button Press	Notes
0	10/22/2010	19:35:58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Z-	Z-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	False	24.19	False	
1	10/22/2010	19:35:59	0.10	0.11	-0.85	0.05	0.00	Z-	Z-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	False	24.06	False	
2	10/22/2010	19:36:59	0.28	0.97	1.40	0.53	0.04	Z-	Y+ Z+ Z-	0.00	0.00	0.53	0.08	0.23	False	24.13	False	
3	10/22/2010	19:37:59	-0.02	0.05	1.09	0.09	0.07	Z+	Z+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	False	24.19	False	
4	10/22/2010	19:38:59	-0.02	0.05	1.09	0.09	0.07	Z+	Z+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	False	24.19	False	
5	10/22/2010	19:39:59	-0.02	0.05	1.09	0.09	0.07	Z+	Z+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	False	24.19	False	
6	10/22/2010	19:40:59	9.39	10.00	11.73	16.23	0.42	Z+	Y+ Z+	0.00	0.06	14.76	1.28	76.90	False	24.50	False	
7	10/22/2010	19:41:59	0.75	1.14	1.64	1.03	0.11	Z+	Y+ Y- Z+	0.00	0.00	0.83	0.31	1.63	False	24.94	False	

Lessons learned from the CDF Silicon Detector experience

Temperature (2)



Pre-stressed modal analysis of a silicon foil

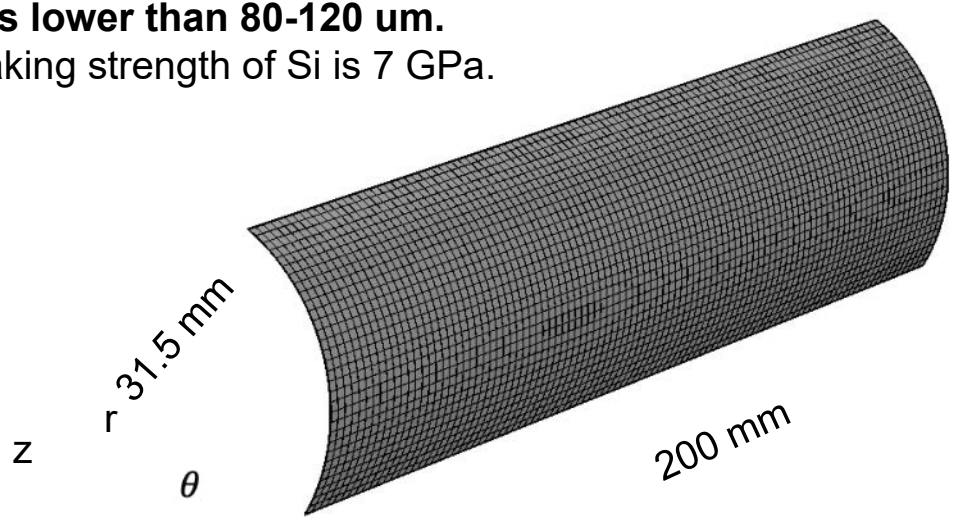
Enrico Serra

Meeting ePIC/SVT Italia
Padova 27 Febbraio 2025

Objective: pre-stressed modal analysis under two boundary conditions

It is known from the literature that the silicon used in flexible electronics doesn't brake if the **thickness is lower than 80-120 um.** The ultimate breaking strength of Si is 7 GPa.

Comsol 3D mesh with 3D elements second-order elements. We do not consider any frame around the foil.

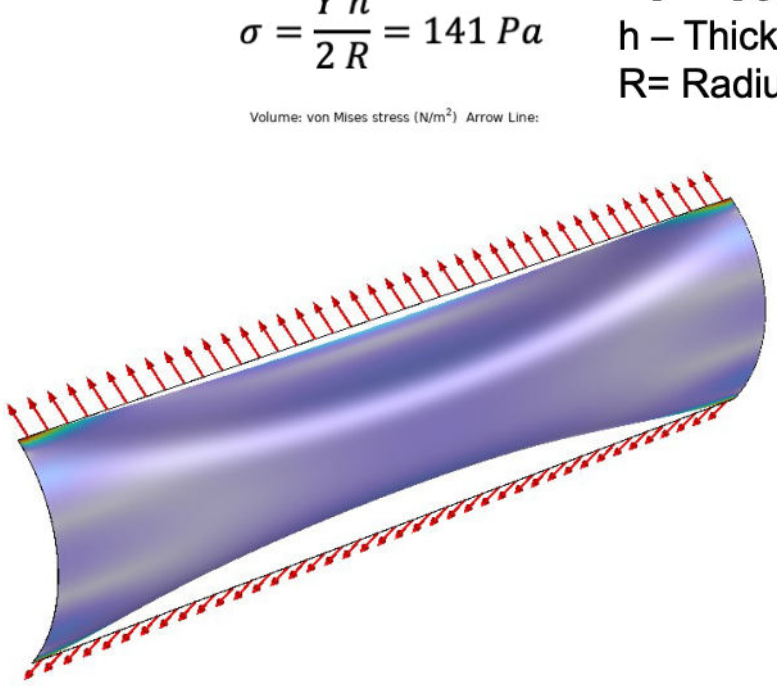


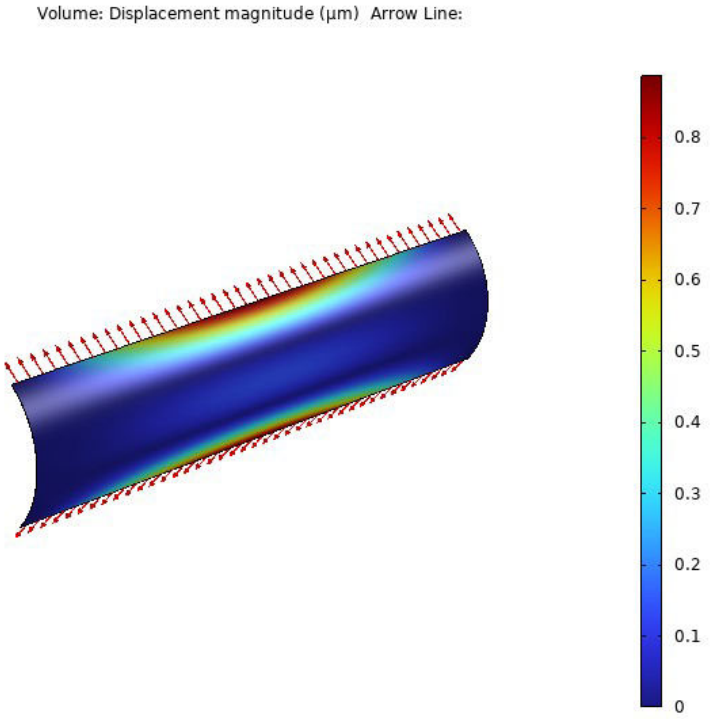
The simulated silicon foil thickness 50 um. We consider isotropic and anisotropic silicon <100>.

We evaluate the internal stress after folding when the two ends are fixed to a frame.

$$\sigma = \frac{Y\,h}{2\,R} = 141\ Pa$$

Y – *Young Modulus*
h – Thickness of the Si
R= Radius of curvature

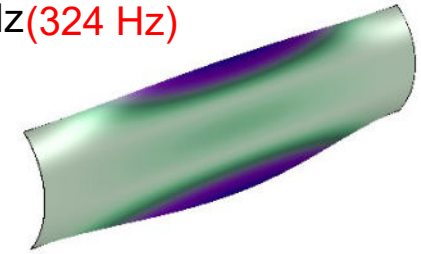




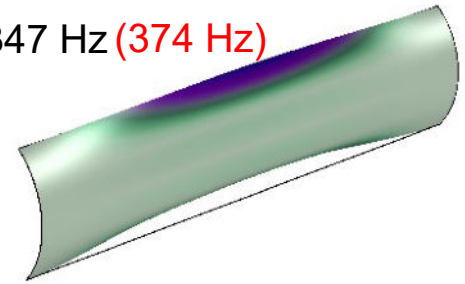
Gupta, S., Navaraj, W.T., Lorenzelli, L. *et al.* Ultra-thin chips for high-performance flexible electronics. *npj Flex Electron* **2**, 8 (2018). https://doi.org/10.1038/s41528-018-0021-5

Modal frequencies anisotropic case (isotropic case)

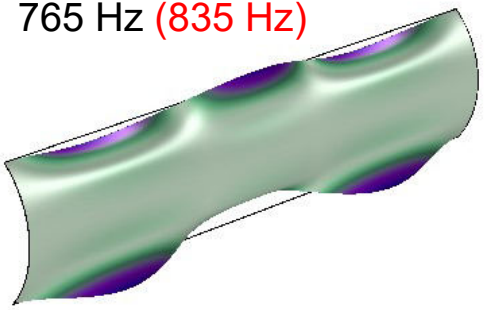
296 Hz (324 Hz)



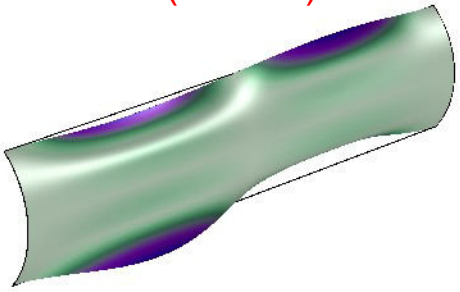
347 Hz (374 Hz)



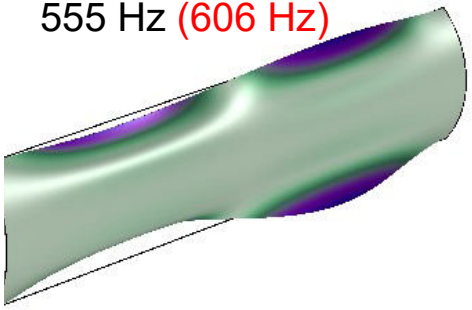
765 Hz (835 Hz)



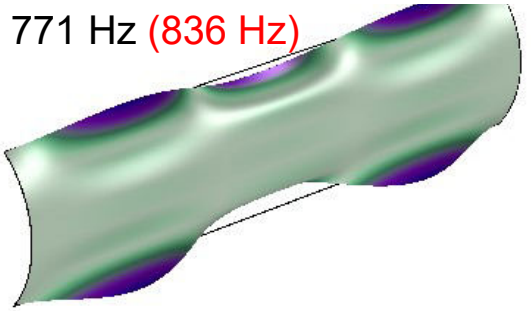
525 Hz (571 Hz)



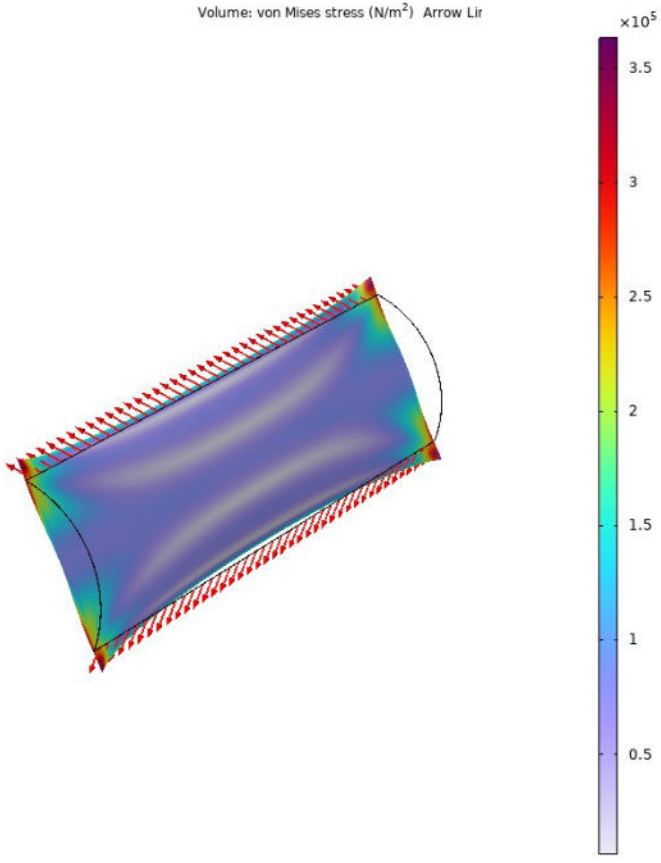
555 Hz (606 Hz)

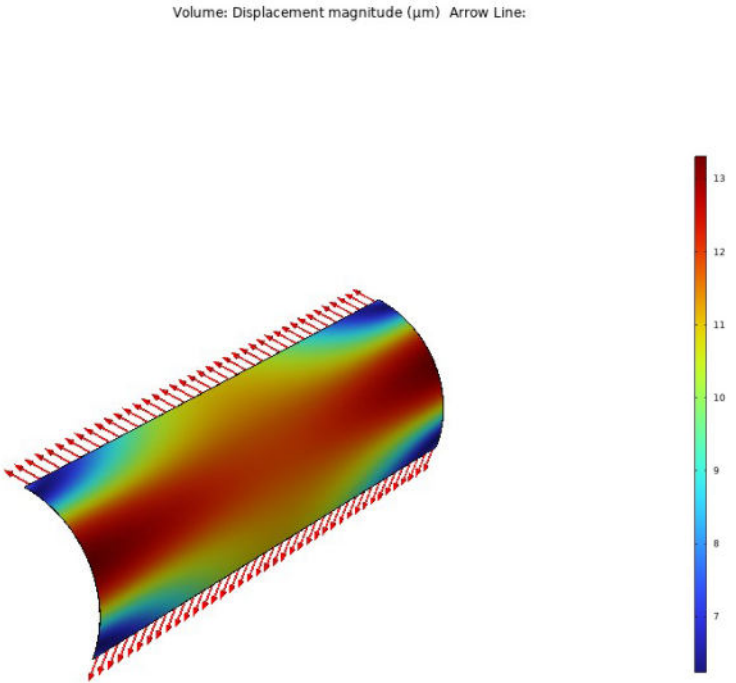


771 Hz (836 Hz)



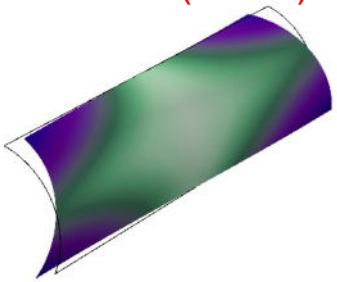
Free boundary conditions



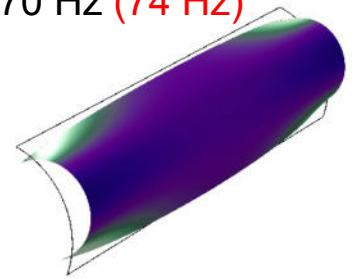


Modal frequencies anisotropic case (isotropic case)

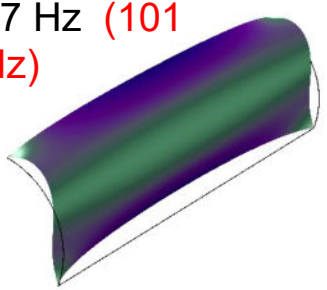
59 Hz (60 Hz)



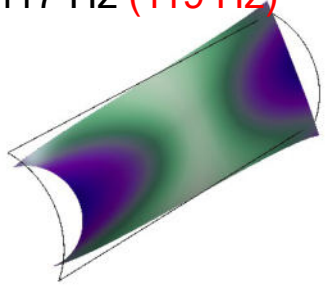
70 Hz (74 Hz)



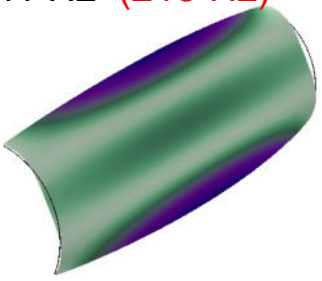
97 Hz (101 Hz)



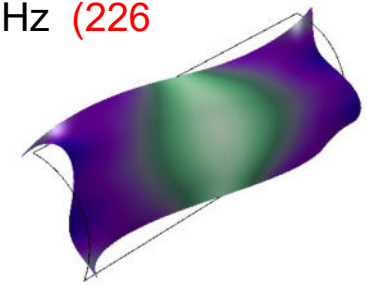
117 Hz (119 Hz)



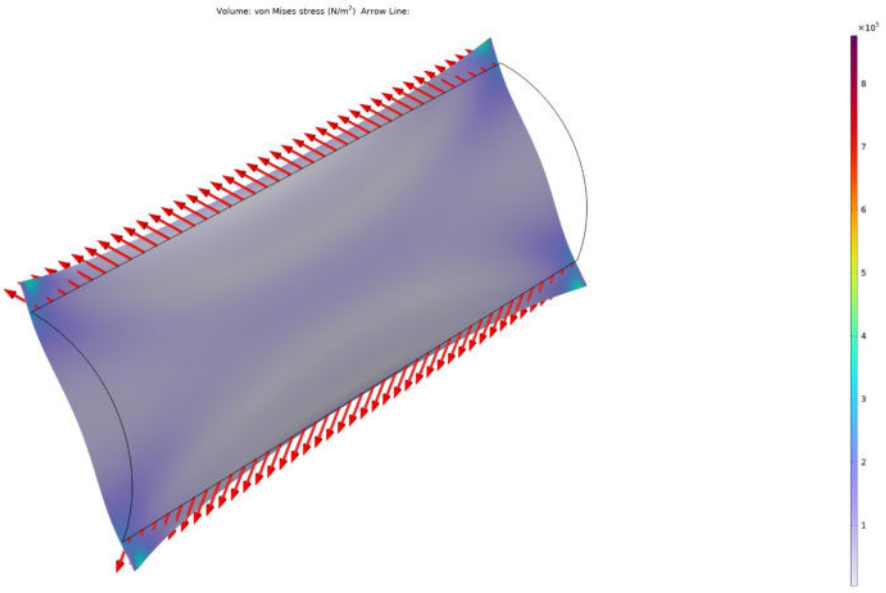
211 Hz (218 Hz)

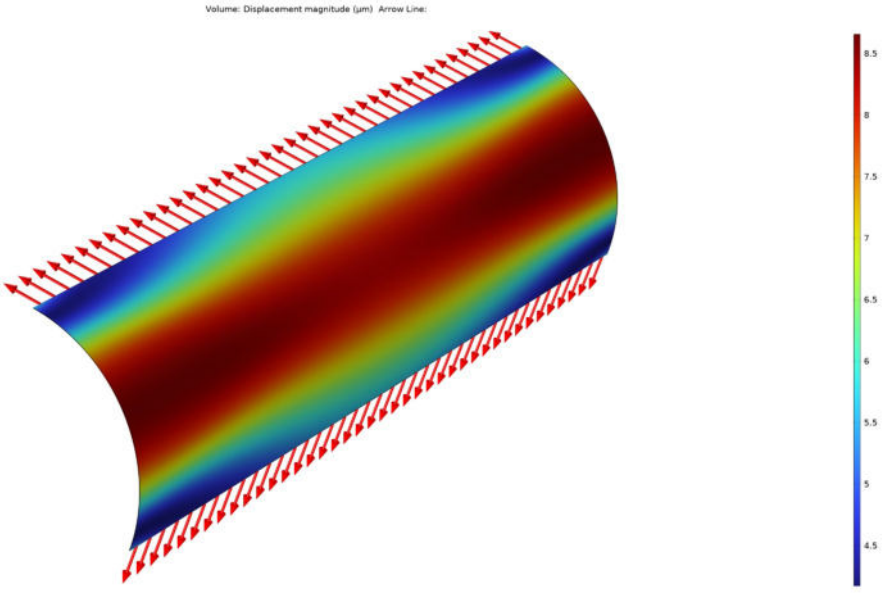


218 Hz (226 Hz)

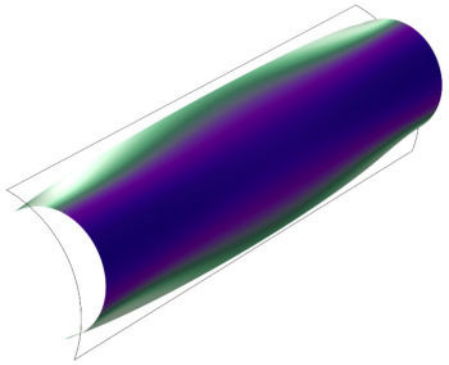


Clamped along z – free along r –free along θ – boundary conditions

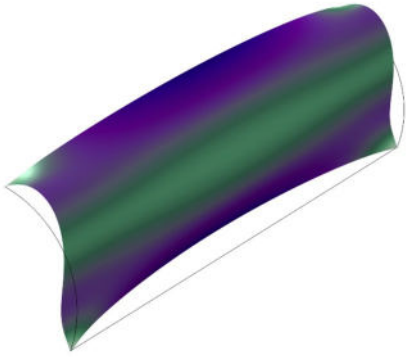




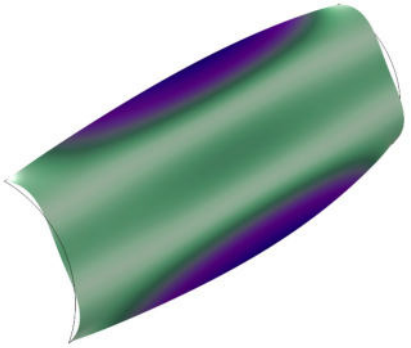
83 Hz (86 Hz)



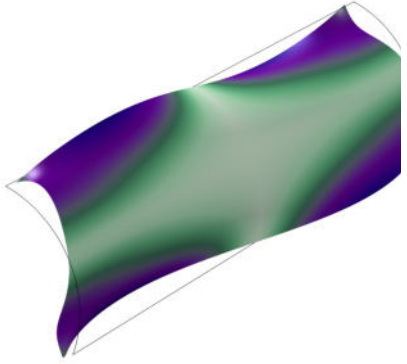
125 Hz (133 Hz)



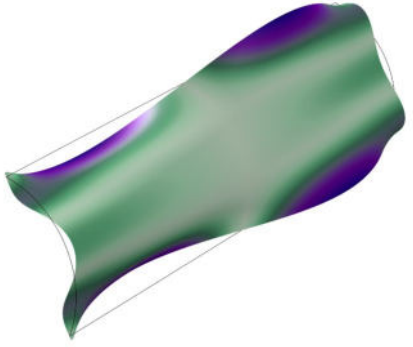
248 Hz (261 Hz)



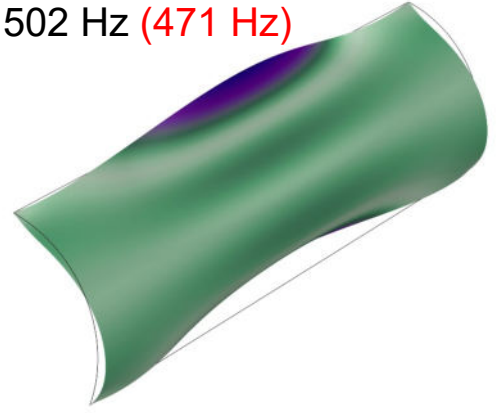
335 Hz (301 Hz)



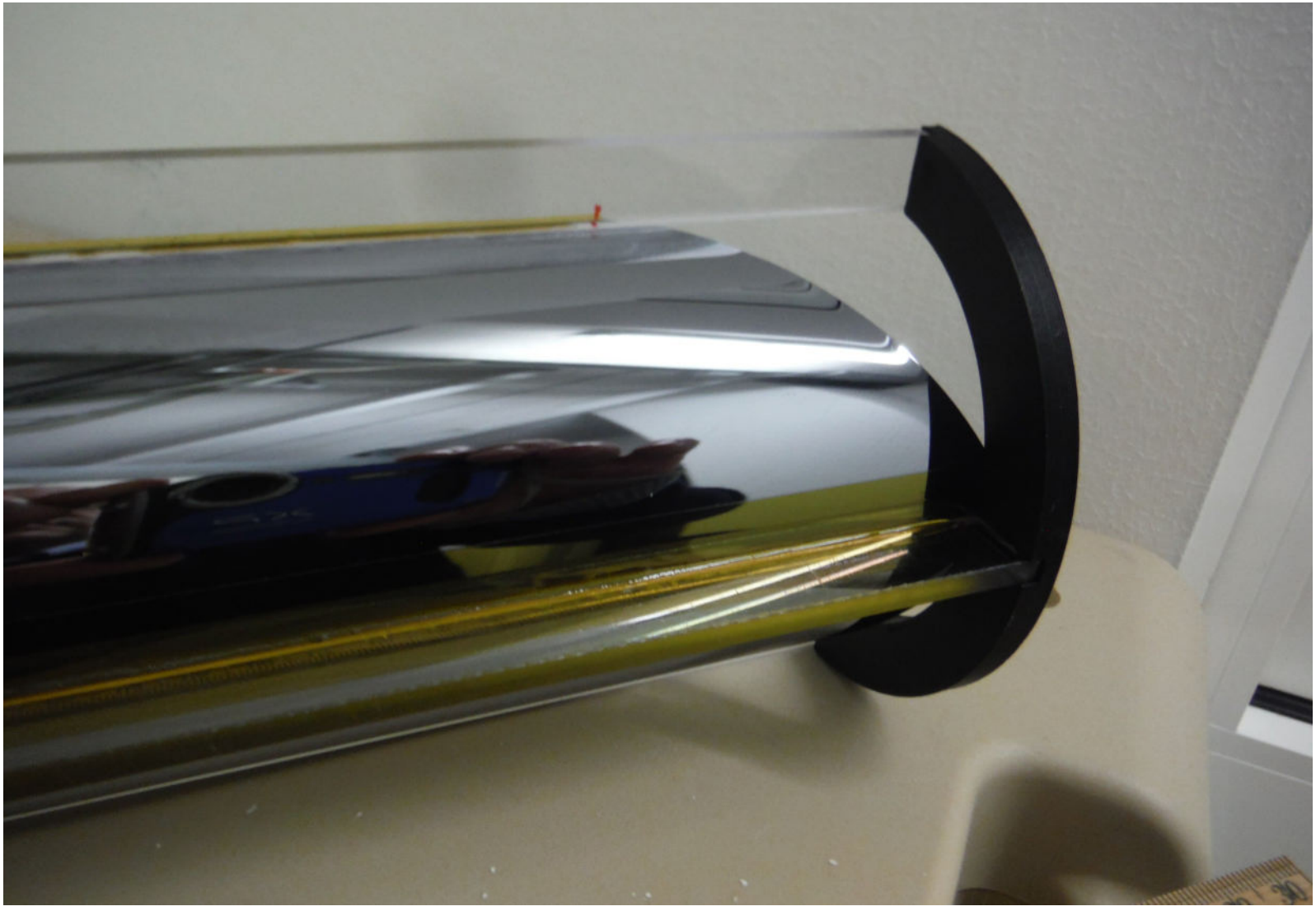
403 Hz (379 Hz)



502 Hz (471 Hz)



Back-up slides



0cm