

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

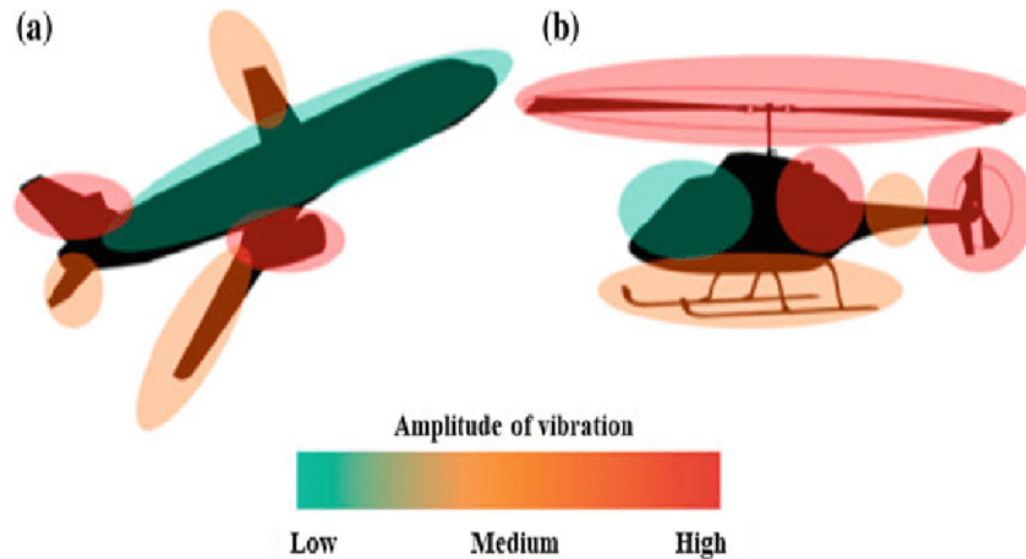
# ***Utilizzo di harvester piezoelettrici per il monitoraggio strutturale in ambito aerospaziale***

Tutor universitario: Prof. Alberto Doria

Laureando: *Jacopo La Gamba*

Padova, 20/09/2022

# Aeromobili e vibrazioni

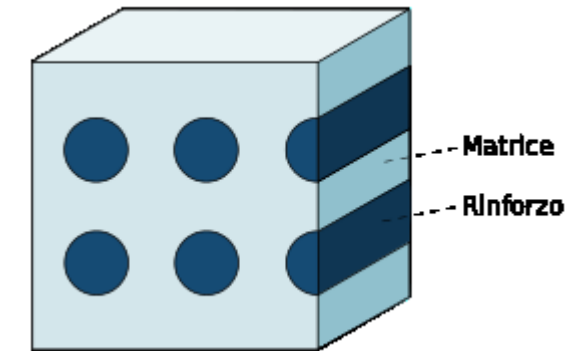
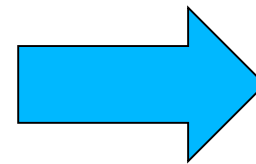


Vibrazioni presenti:

- Flussi d'aria
- Manovre a terra
- Rotori (se presenti)
- Motori

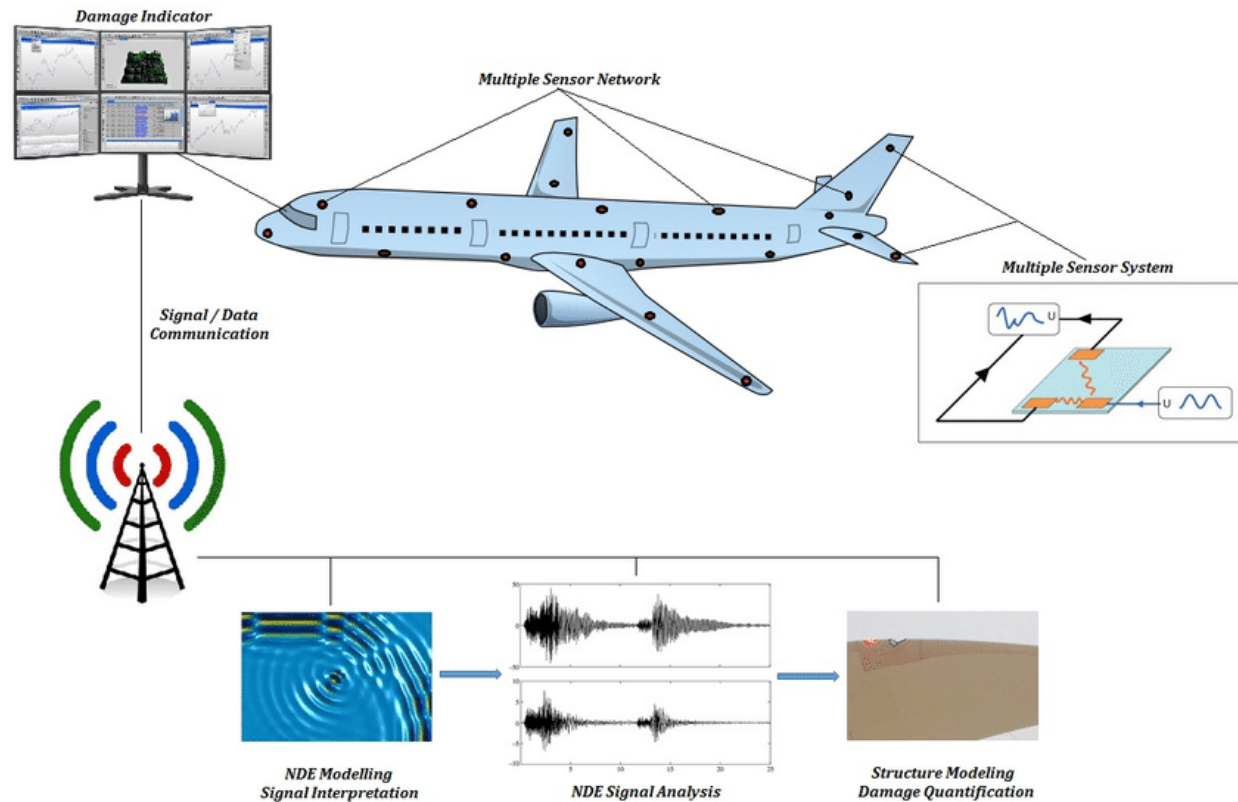
# Nuovi Materiali

L'attuale avanguardia dell'aeronautica è incentrata su materiali più leggeri, i *compositi*.  
Questi sono materiali costituiti da due o più fasi con proprietà fisiche differenti, ma le proprietà finali sono migliori di quelle delle singole fasi che li costituiscono.



Come misurare i livelli di tensione delle componenti dell'aereo durante il volo?

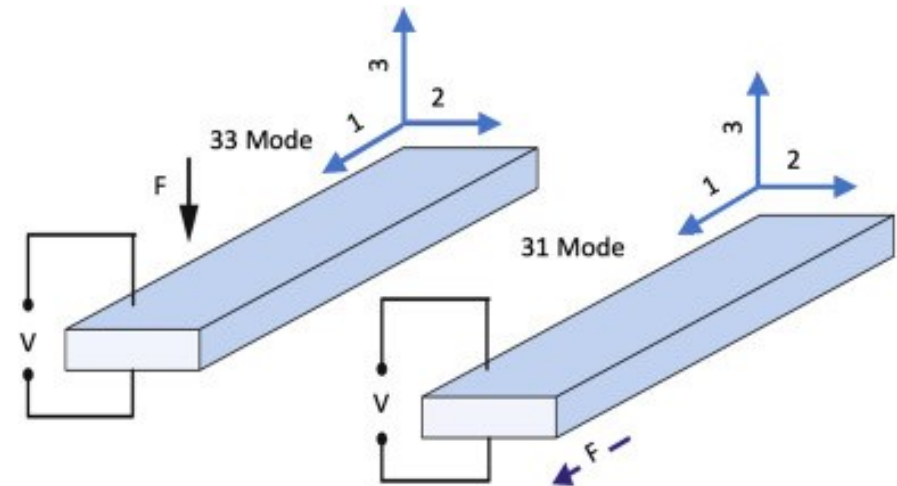
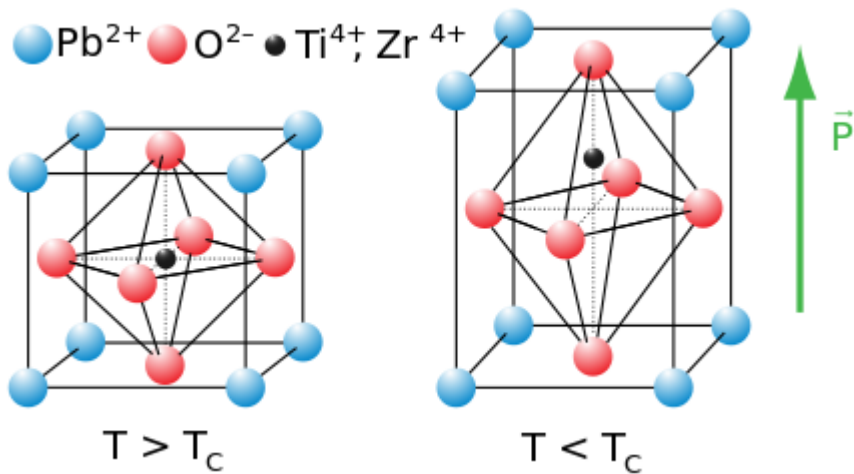
# Structural Health Monitoring



- Un sistema SHM comprende:
- Un dispositivo di conversione
  - Un modulo EH
  - Una rete di sensori

# Piezolettricità

Un materiale piezoelettrico è un materiale cristallino in grado di polarizzarsi e generare una differenza di potenziale elettrico quando soggetto ad una deformazione meccanica. Un materiale di questo tipo è anche in grado di deformarsi elasticamente a seguito di una tensione elettrica indotta. Il primo caso prende il nome di effetto piezoelettrico diretto, mentre il secondo viene denominato effetto piezoelettrico inverso. Un piezoelettrico viene di solito polarizzato in due modi differenti, detti  $D_{31}$  e  $D_{33}$ .

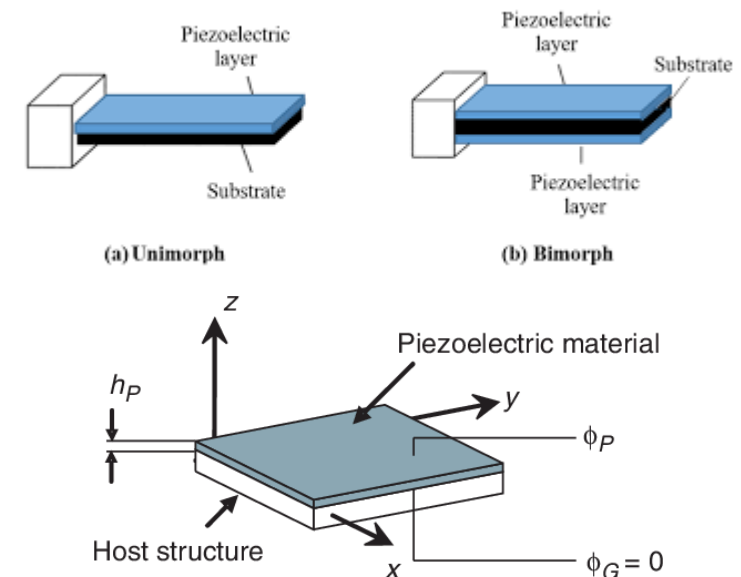
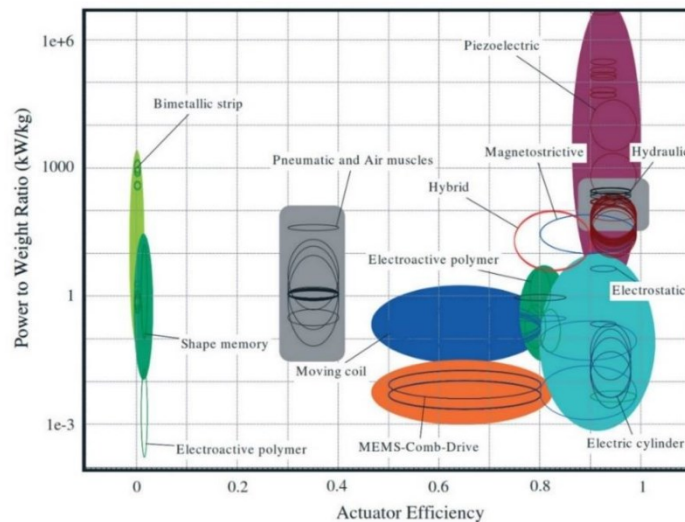


# Ricerca di sistemi integrati

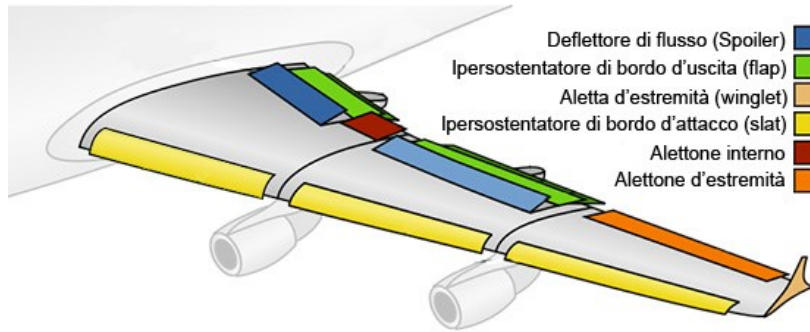
Ciò che risalta dagli articoli e dalle pubblicazioni è che ad oggi non esistono ancora dispositivi in grado di convertire con efficacia l'energia in modo puramente autonomo. I materiali *piezoelettrici* però hanno dimostrato di essere i più affidabili e di meritare alcuni approfondimenti a livello pratico



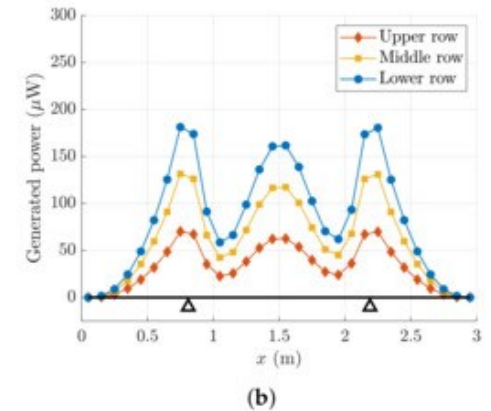
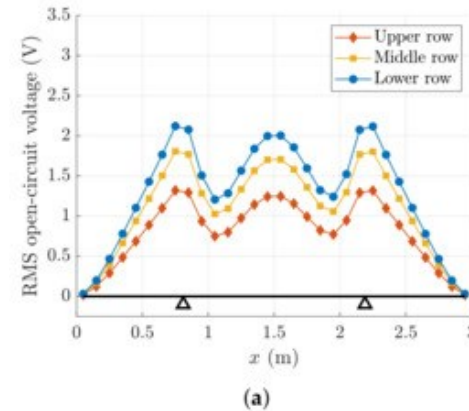
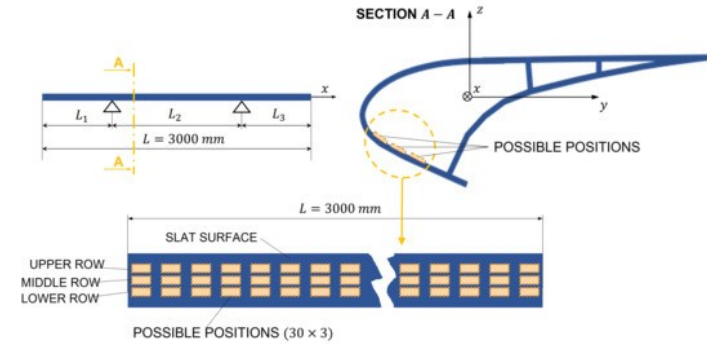
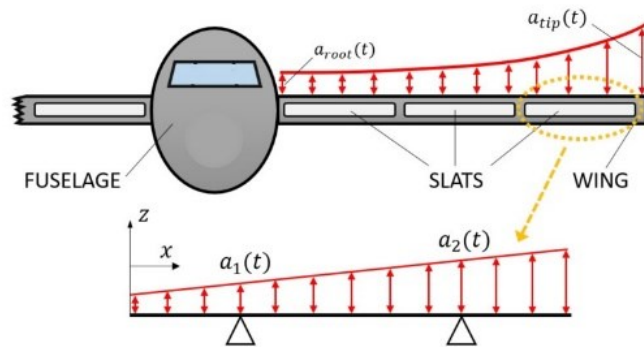
Il focus viene posto su analisi FEM che hanno dimostrato la possibilità di integrare a bordo degli aeromobili gli harvester piezoelettrici. Sono state indagate in particolare due configurazioni: cantilever e patch.



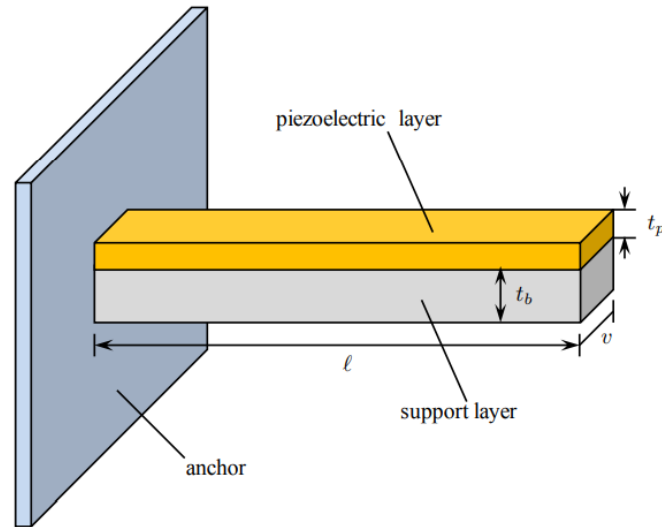
# Slats



Lo slat è un ipersostentatore, posto al bordo d'attacco. La funzione generale degli slats è quella di modificare la geometria del profilo alare in modo tale da ottimizzarne le prestazioni in determinate condizioni di volo.

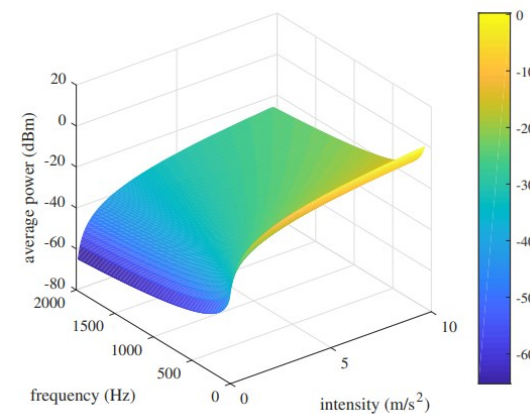


# Cantilever Unimorfo



Il modello matematico di riferimento è quello della trave di Eulero-Bernoulli. Vi è uno strato di supporto (grigio), reso necessario dal fatto che i materiali piezoelettrici sono fragili. Si mette dunque in relazione la deflessione all'estremità libera con le vibrazioni dovute a forze aerodinamiche esterne.

Riferendosi ai test sperimentali della NASA e dei centri di ricerca associati, si può computare il lavoro medio. Questo infatti risulta una funzione della frequenza e dell'intensità delle vibrazioni. I cantilvers realizzati per basse frequenze sviluppano valori più alti di tensione e di corrente quando soggetti a vibrazioni di alta intensità.





## Il mercato è pronto ma...

I piezoelettrici vantano un'ottima potenza specifica, ma il rendimento di conversione, nonostante sia tra i più alti tra i dispositivi di conversione, è troppo limitante. Sono in fase di studio alcuni metodi di produzione, come quello dei vacuum-bag e del co-curing. Non è da sottovalutare neanche la questione del comportamento a fatica degli stessi moduli di conversione, infatti i cantilever sono travi a sbalzo e rischiano di danneggiarsi se le vibrazioni risultano di ampiezza troppo elevata. I sistemi network non hanno ancora dimostrato la loro affidabilità sul lungo periodo. Inoltre i sistemi da implementare necessitano ancora qualche rifinitura per quanto riguarda la quantificazione del danno. Gli sviluppi del mercato sono positivi, perché la richiesta di monitoraggio in-situ aumenta, ma la tecnologia non è ancora in grado di assolvere funzioni a lungo termine, quindi bisogna svolgere ancora molta ricerca.