

# Applicazione del sensore a piramide alla misura di discontinuità del fronte d'onda.

**Candidato:** Enrico Pinna, **Relatore:** Dott. Simone Esposito, **Correlatore:** Prof. Alberto Righini

La tesi di laurea ha come scopo lo studio sia teorico che sperimentale della applicazione del sensore di fronte d'onda a piramide alla misura della discontinuità di fronti d'onda. Questo tipo di misura risulta molto importante per la progettazione e operazione dei telescopi di prossima generazione detti Extremely Large Telescopes che hanno specchi primari di dimensioni comprese fra 20 e 100m di diametro. Tali specchi, per esigenze tecniche di fabbricazione, non sono monolitici ma sono realizzati attraverso l'unione di segmenti, normalmente esagonali, di dimensione compresa fra uno e due metri. Perché l'insieme di segmenti si comporti otticamente come uno specchio monolitico occorre che tutti i segmenti siano disposti secondo la superficie ottica voluta e questo richiede il loro accurato posizionamento sia come quota che come inclinazione relativa. Un errore nella quota relativa di due segmenti è normalmente detto errore di pistone differenziale, mentre un errore di inclinazione è normalmente detto errore di tilt. Il lavoro di tesi ha inizialmente determinato, utilizzando una espressione analitica per il comportamento del sensore, la relazione fra segnali del sensore e errore di pistone. Questa espressione è stata ricavata per la prima volta nel lavoro di tesi. Successivamente i risultati ottenuti sono stati confrontati e trovati in buon accordo con il comportamento previsto da simulazioni numeriche anche esse sviluppate all'interno della tesi. La maggior parte del lavoro di tesi ha avuto come scopo la caratterizzazione in laboratorio del comportamento del sensore nella misura di errori di pistone.

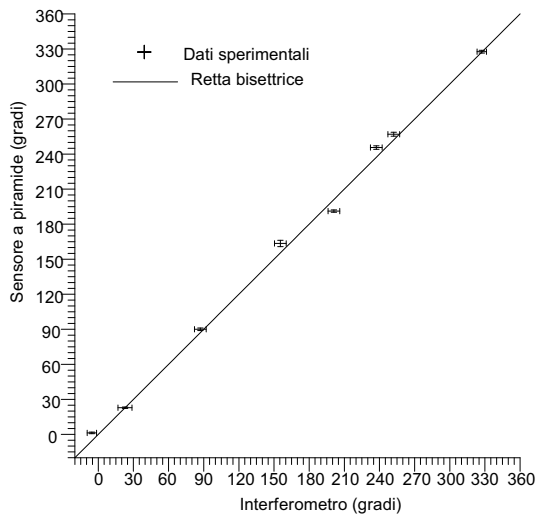


Figura 1: Misura del pistone differenziale con il sensore a piramide (in ordinata) a confronto con le misure interferometriche (in ascissa). Le barre orizzontali e verticali rappresentano gli errori sulle misure sperimentali.

Questo lavoro ha portato a vari risultati originali. Per prima cosa si è misurata in laboratorio la relazione fra segnale del sensore ed errore di pistone. I risultati ottenuti mostrano una relazione sinusoidale fra segnali ed errore di pistone. Ciò è in accordo con quanto ottenuto per via analitica e simulazione numerica. Un altro importante risultato è la misura della accuratezza raggiungibile con il sensore a piramide nella misura di errori di pistone. Misurando simultaneamente lo stesso errore di pistone con il sensore a piramide e con un interferometro, utilizzato come metrologia esterna di riferimento, si è ottenuto uno scarto medio fra le misure dei due strumenti pari a  $3.2nm$ . Il confronto fra le misure del sensore e quelle dell'interferometro è mostrato in fig.1. Tale risultato quantifica per la prima volta l'accuratezza raggiungibile in questo tipo di misure da un sensore a piramide. Infine i dati misurati in laboratorio hanno permesso di calcolare la sensibilità del sensore, ovvero il rapporto fra segnale misurato e ampiezza dell'errore di pistone. La massima sensibilità ottenibile risulta di  $0.66 rad^{-1}$ . I valori della sensibilità permettono di valutare la magnitudine della stella di riferimento più debole che si può utilizzare come sorgente di riferimento per le misure al telescopio, una volta stabilito il massimo errore di pistone residuo tollerabile. Se si considera come massimo

accettabile un residuo di pistone pari al residuo dovuto all'accuratezza determinata in laboratorio, si trova che la stella di riferimento deve avere almeno una magnitudine  $m_R = 13.7$ . Questo quando il processo di allineamento del telescopio è compiuto in presenza di turbolenza atmosferica. Data la densità di stelle di  $m_R \leq 14$  pari in media a 720 stelle per grado quadro e considerando un campo di vista del sensore di  $5'X5'$ , quest'ultimo risultato mostra come il processo di allineamento del telescopio possa essere compiuto puntando in una qualsiasi direzione in cielo.