



ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

CLASSE DI SCIENZE FISICHE, MATEMATICHE E NATURALI

Venerdì 13 dicembre 2019 – ore 14:30

Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)

Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti



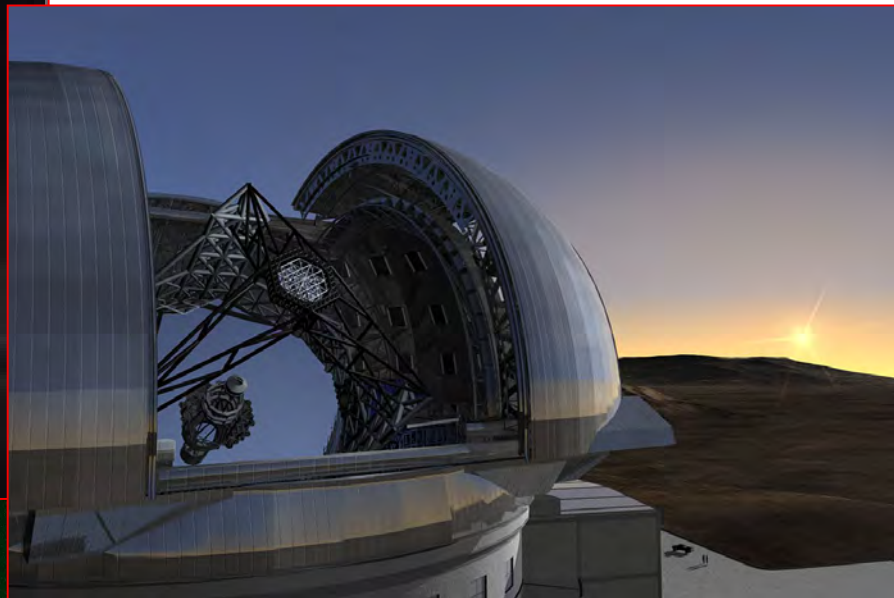
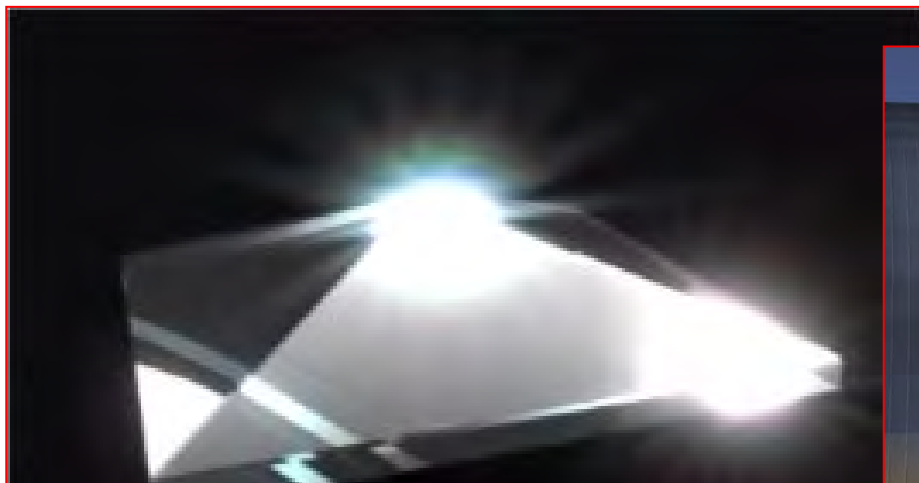
Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA





Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)

Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA





Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA



~39m



Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA

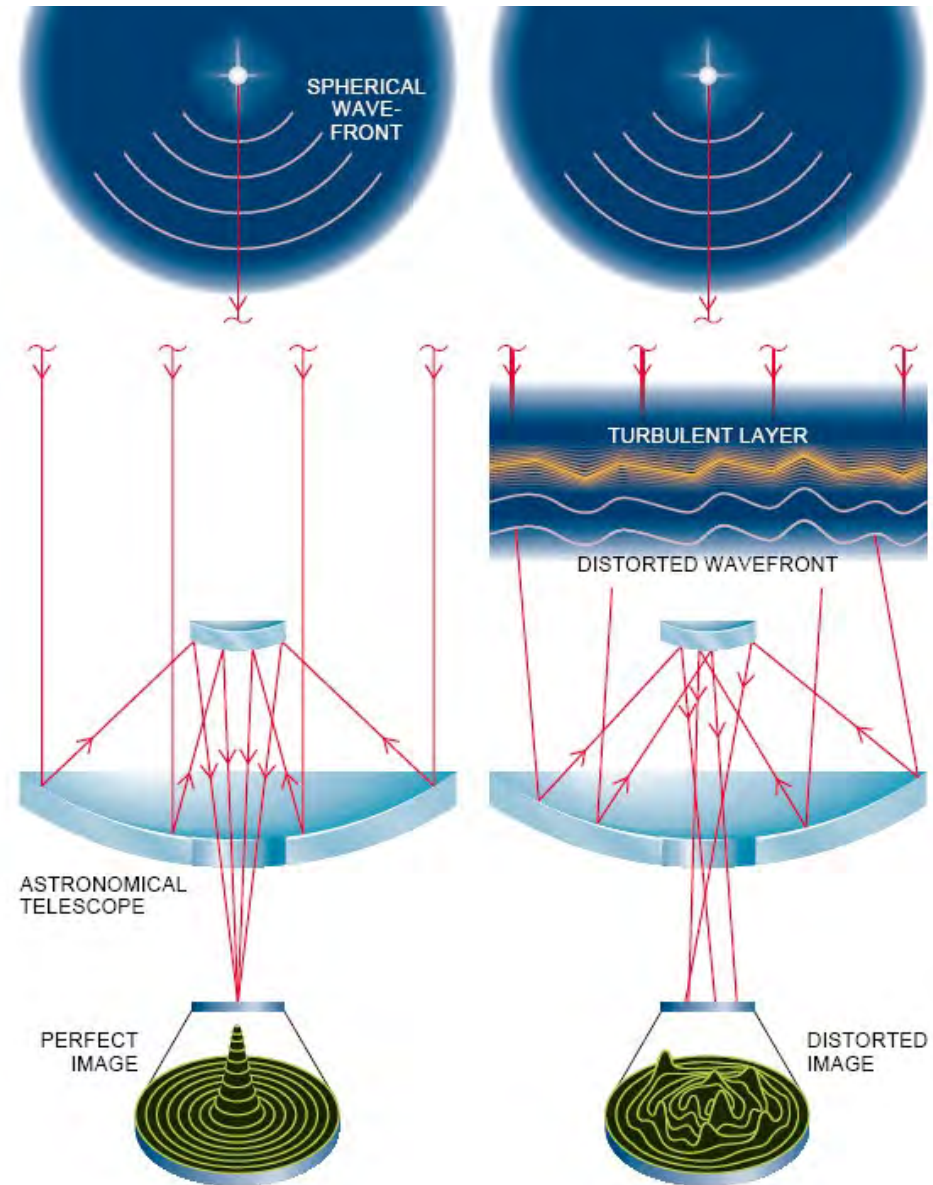
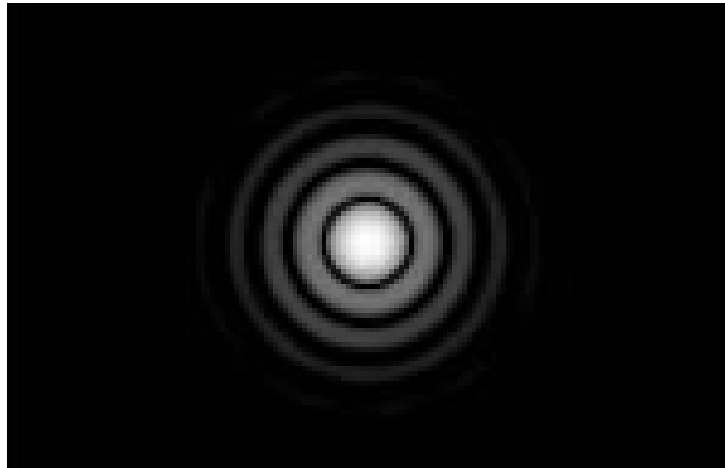




- David Fried nel 1965 individua un parametro (oggi detto “*di Fried*” e solitamente indicato con r_0) oltre il quale l’immagine viene aberrata significativamente.
- Un telescopio con diametro maggiore di questo parametro è detto “*seeing-limited*”
- Valori tipici di r_0 vanno dal cm al mezzo metro
- Tutti i grandi telescopi moderni, da terra, sono “*seeing limited*”



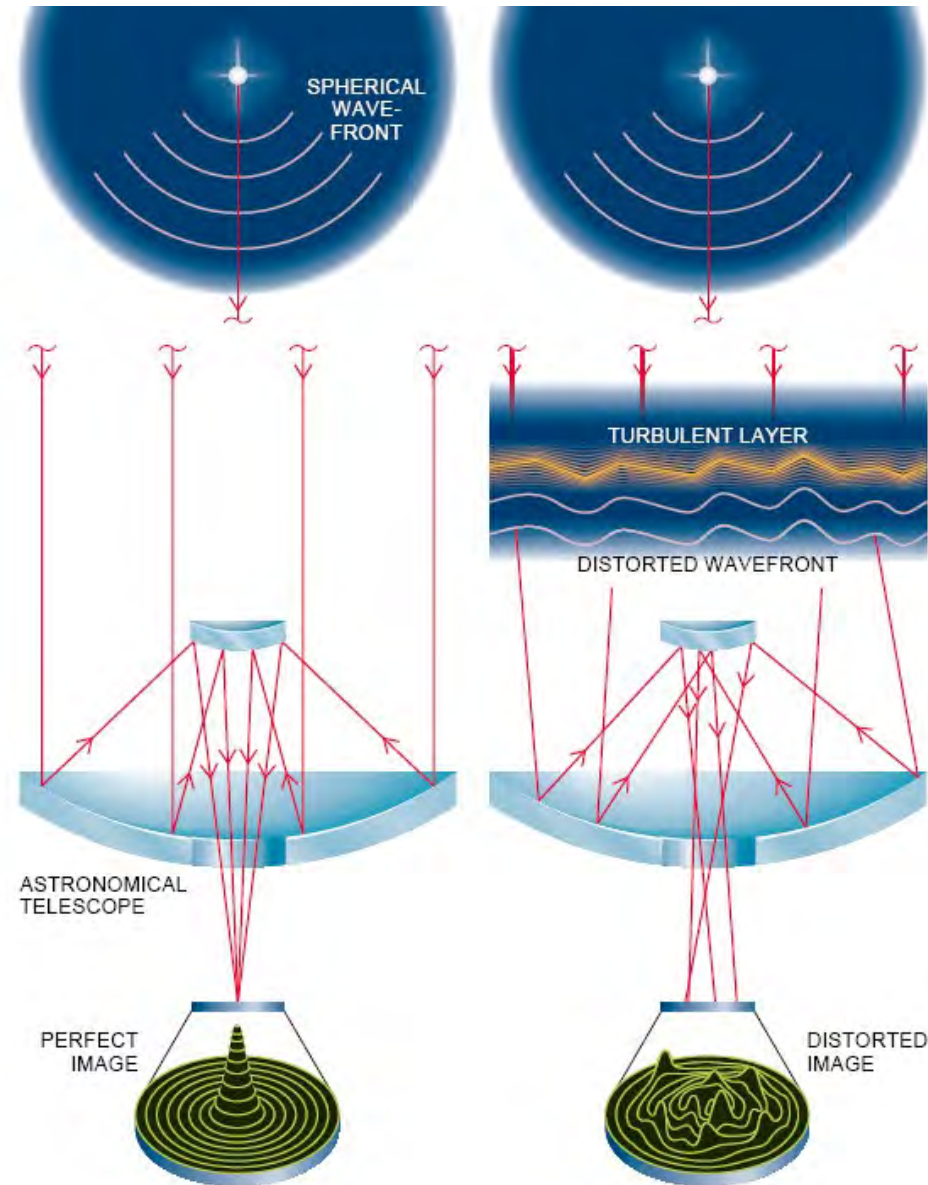
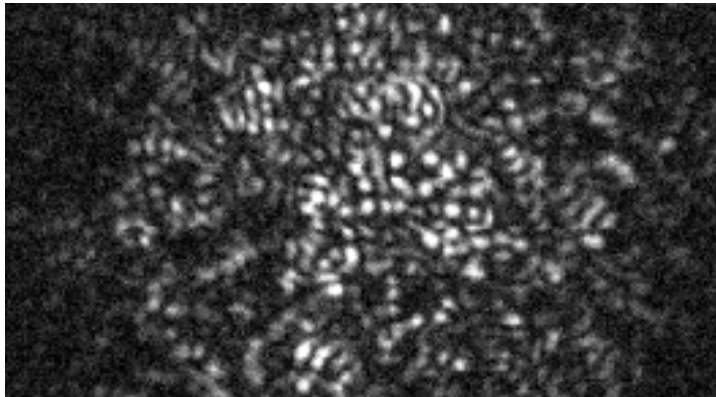
Disco di Airy



Il problema...



Speckle



Il problema...



Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA





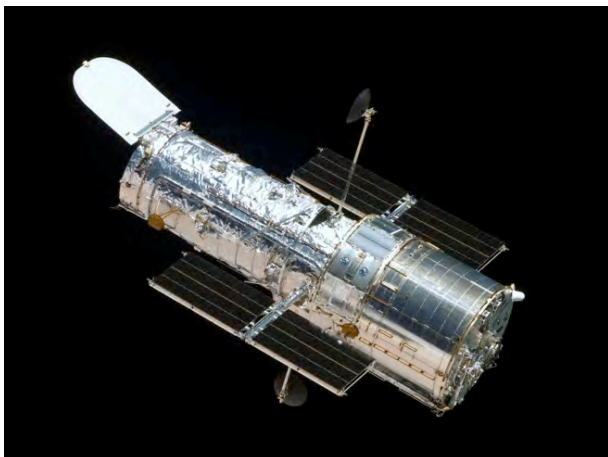
Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA





- Il fondo del cielo non è perfettamente scuro, anche nei posti più bui della Terra
- Oltre la metà di questo fondo cielo deriva dalla luce zodiacale
- La maggior parte delle osservazioni del cielo profondo sono "*background limited*"
- Quando, per via della turbolenza dell'atmosfera, la luce di un astro è sparsa su un angolo di seeing la sua luce è sovrastata dalla luce del background



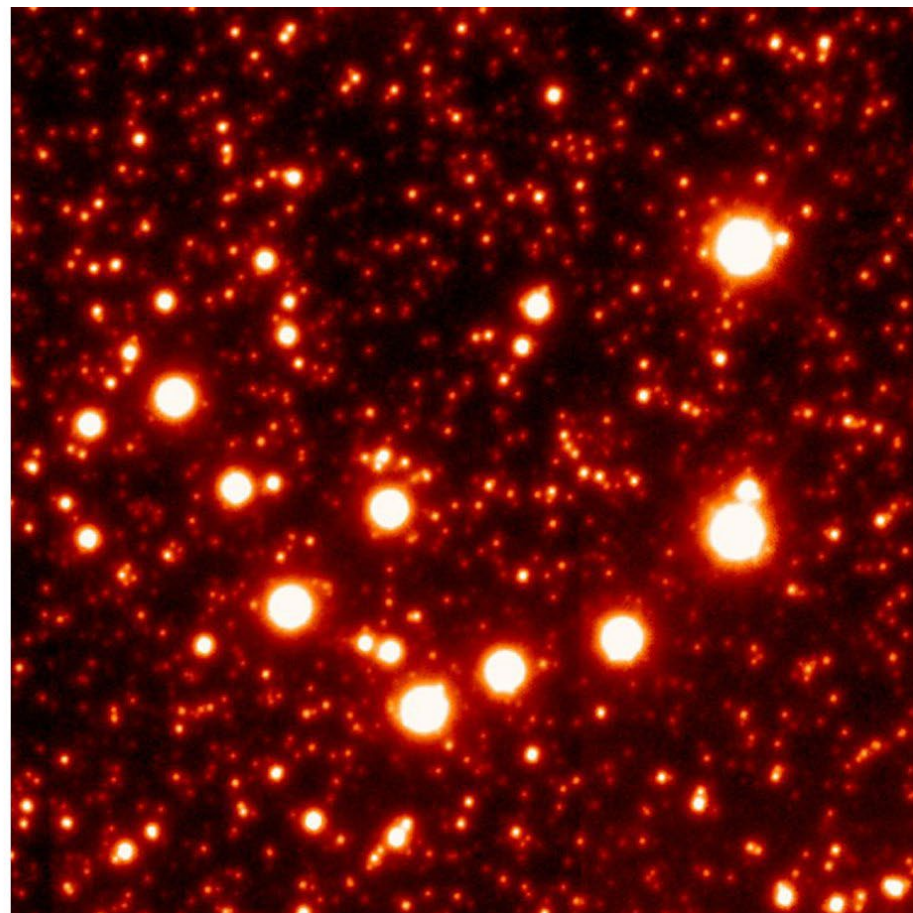
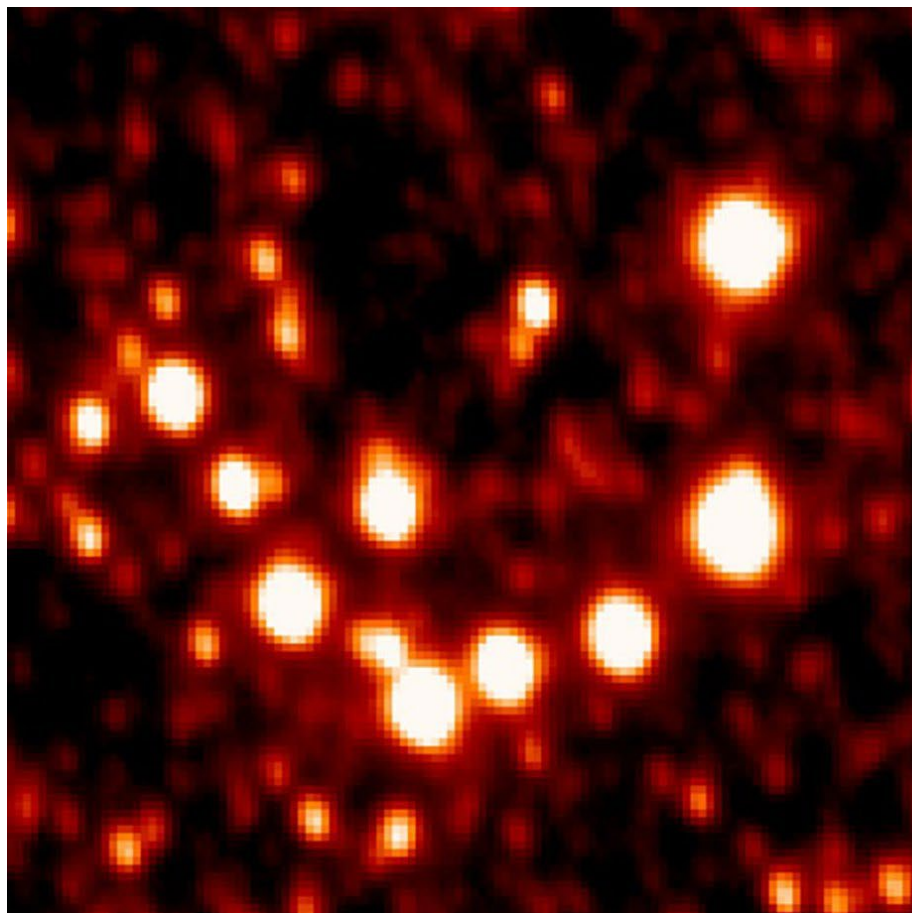
Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA





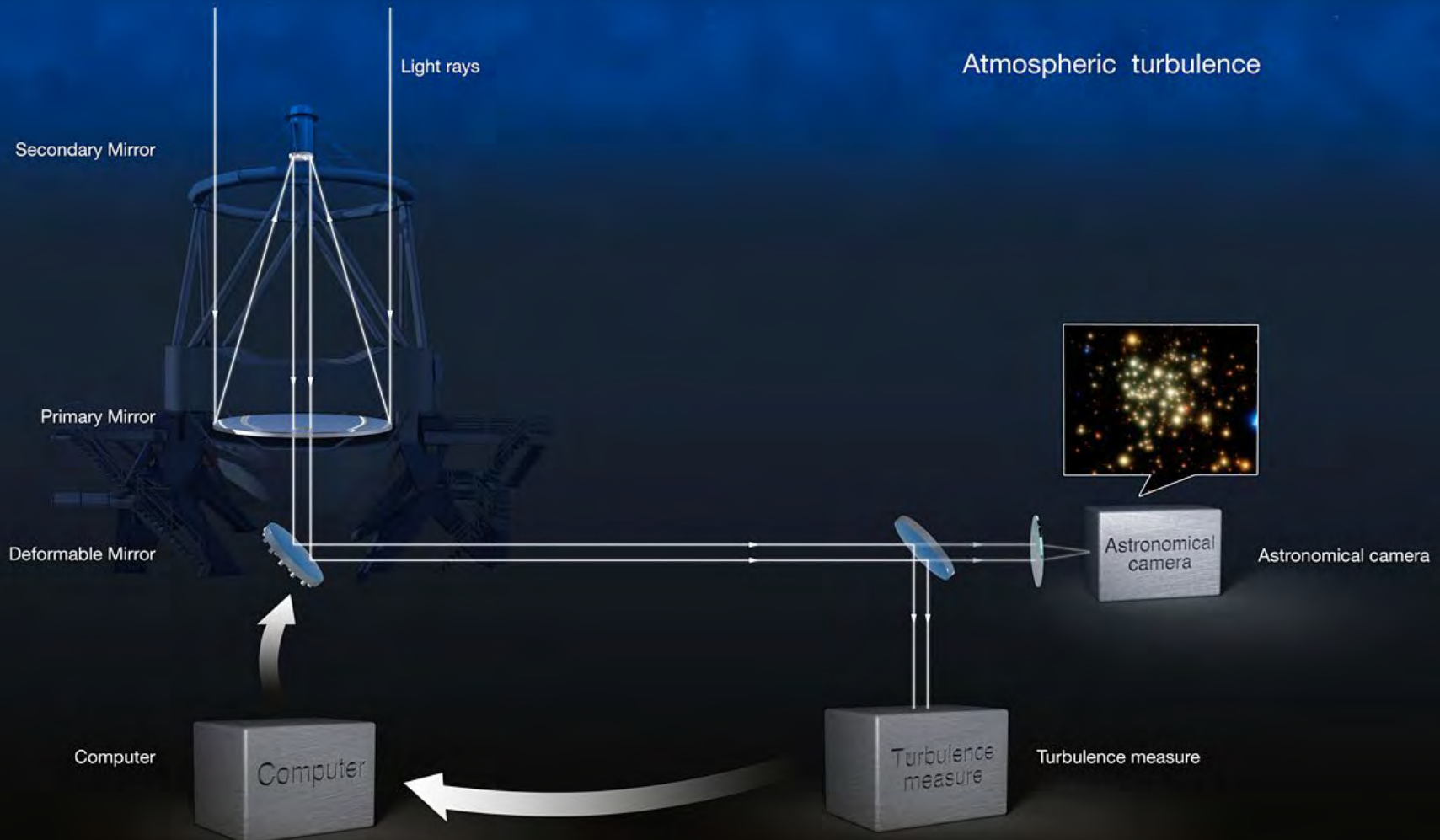
Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

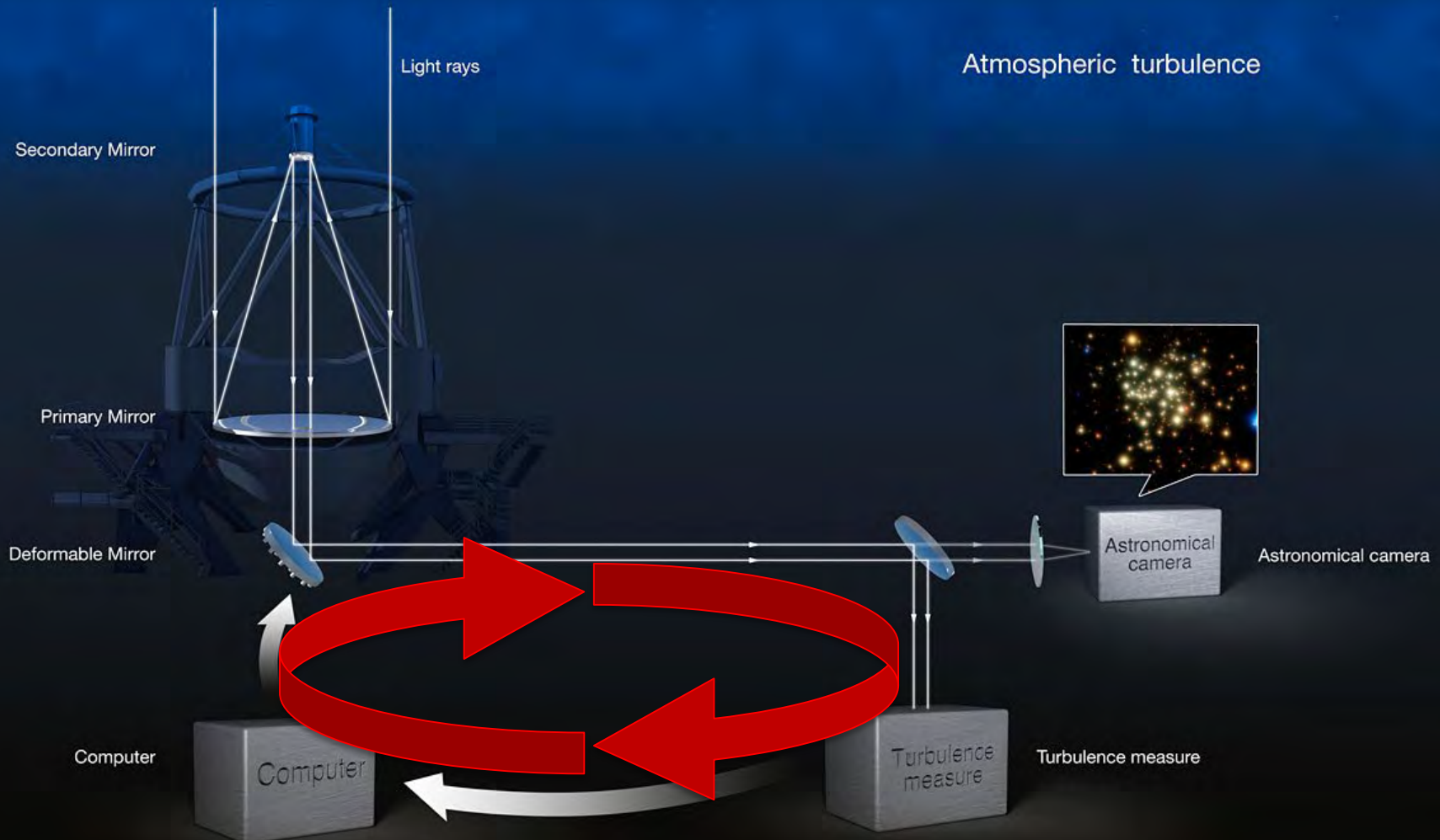
LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA

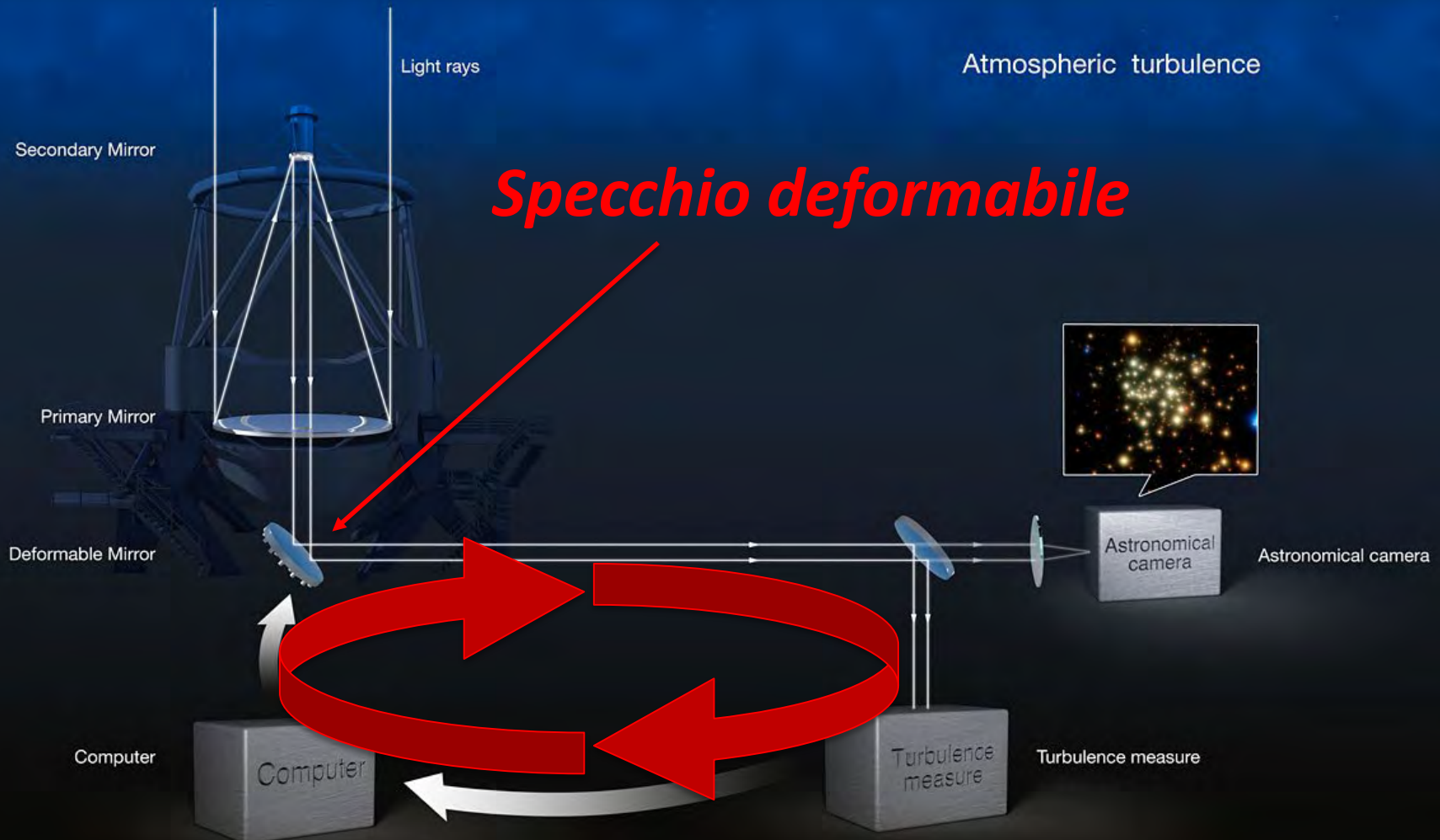


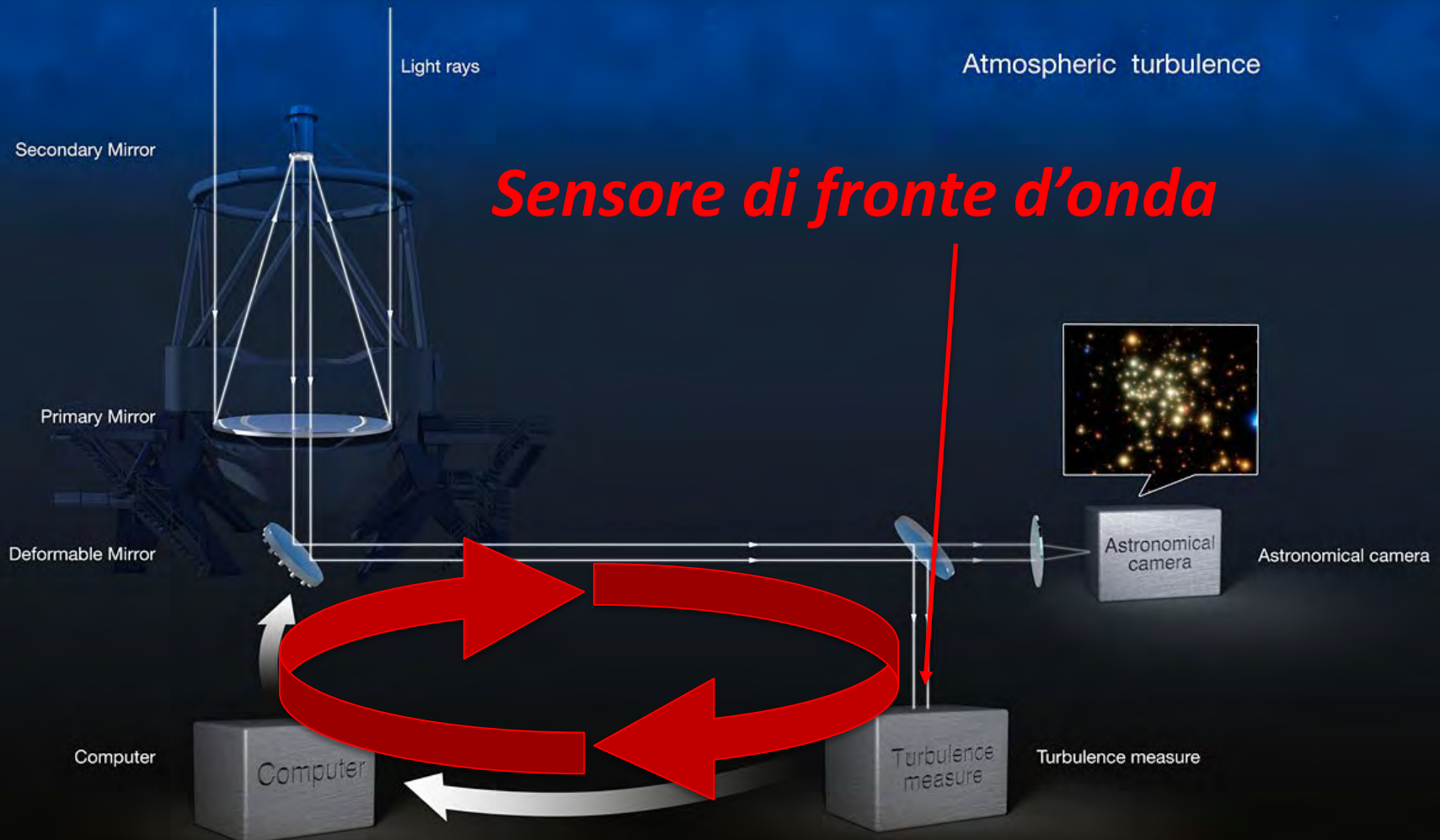
INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI











Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA





Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)

Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI



Maschera di Hartmann (1900)

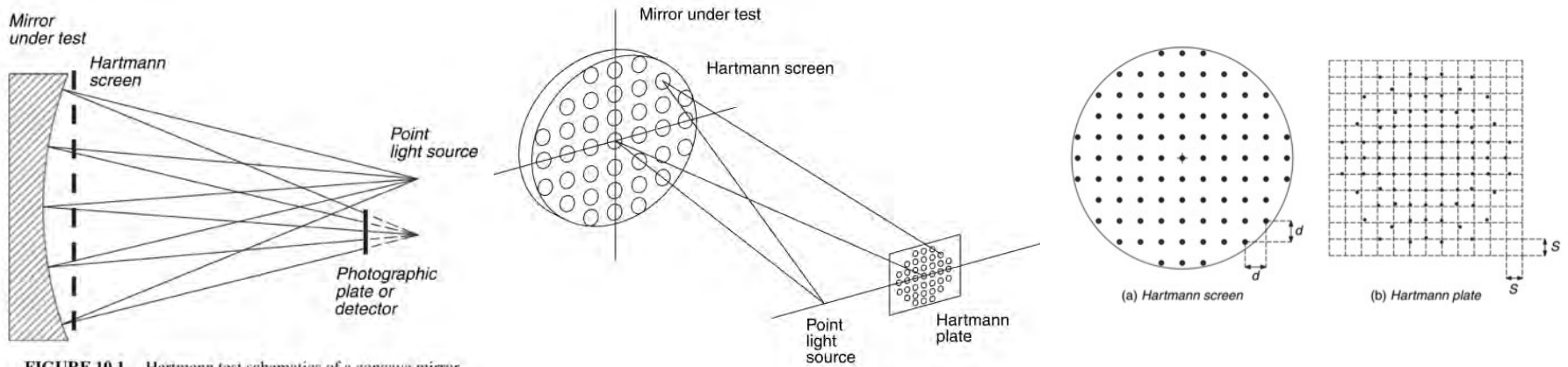


FIGURE 10.1. Hartmann test schematics of a concave mirror.

$$\frac{\partial W(x, y)}{\partial x} = -\frac{TA_x(x, y)}{r}$$

$$\frac{\partial W(x, y)}{\partial y} = -\frac{TA_y(x, y)}{r}$$

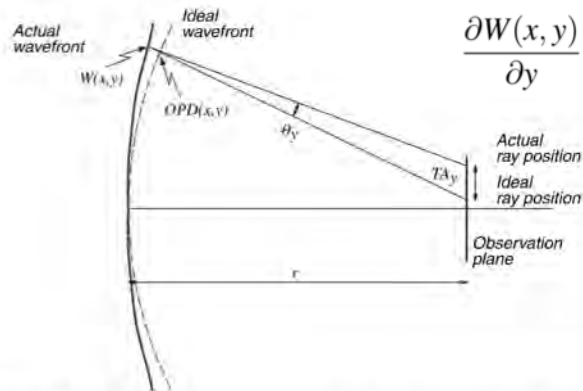


FIGURE 10.3. Relation between the transverse aberrations and the wavefront deformations.

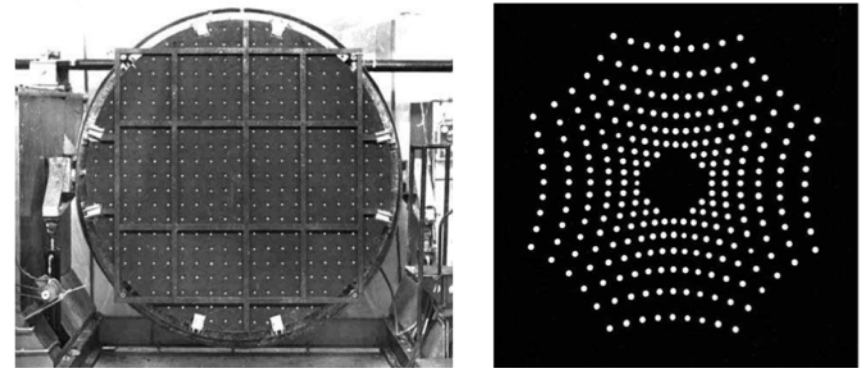
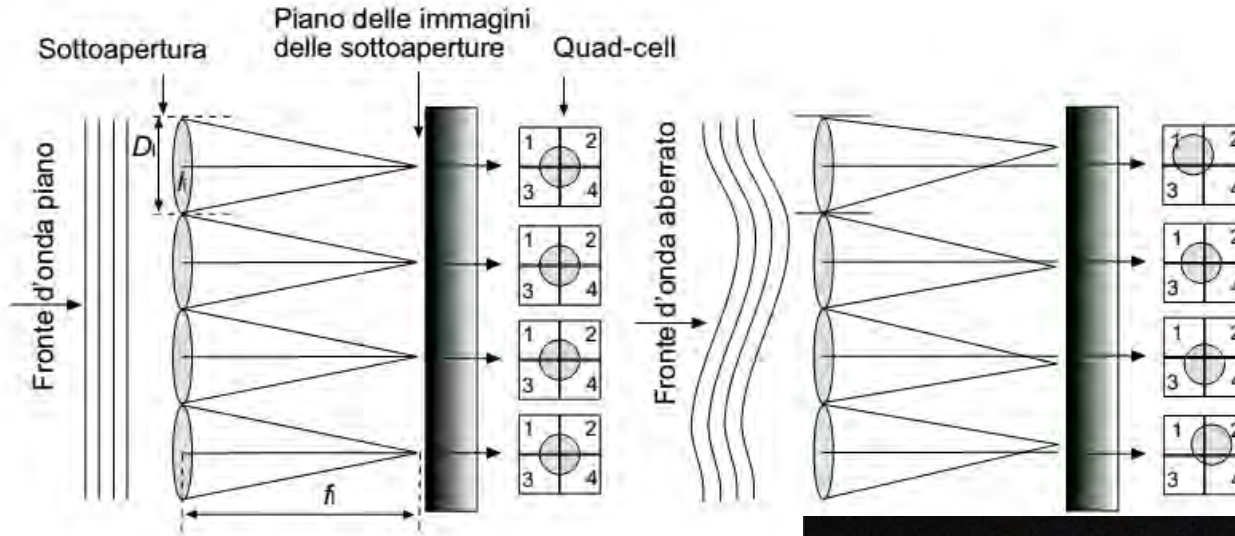


FIGURE 10.4. Hartmann screen over the 2.1 m primary mirror of the Guillermo Haro Observatory telescope made at the Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, en Tonantzintla Pue. Mexico.

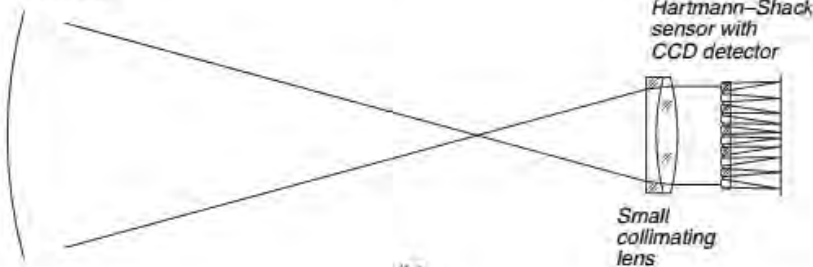
Platt and Shack (1971) Shack-Hartmann



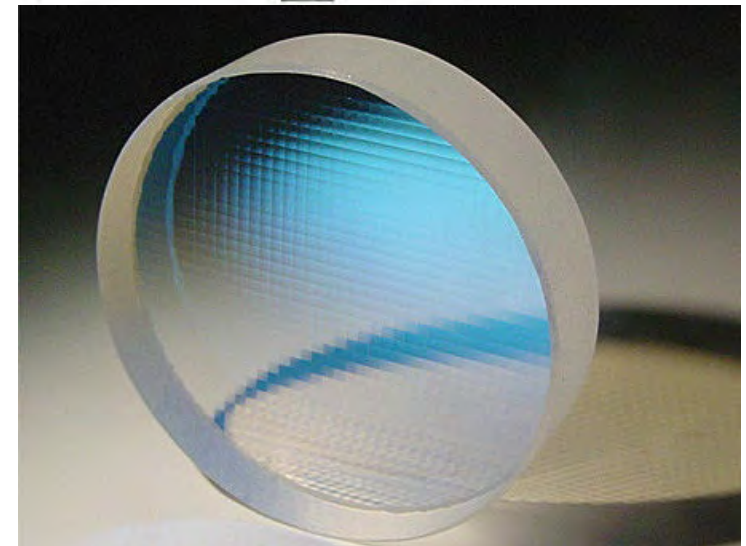
d = diametro lentina
 f = focale lentina

Convergent wavefront under test

(a)



(b)



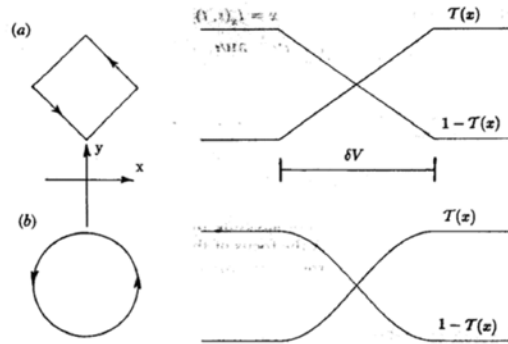
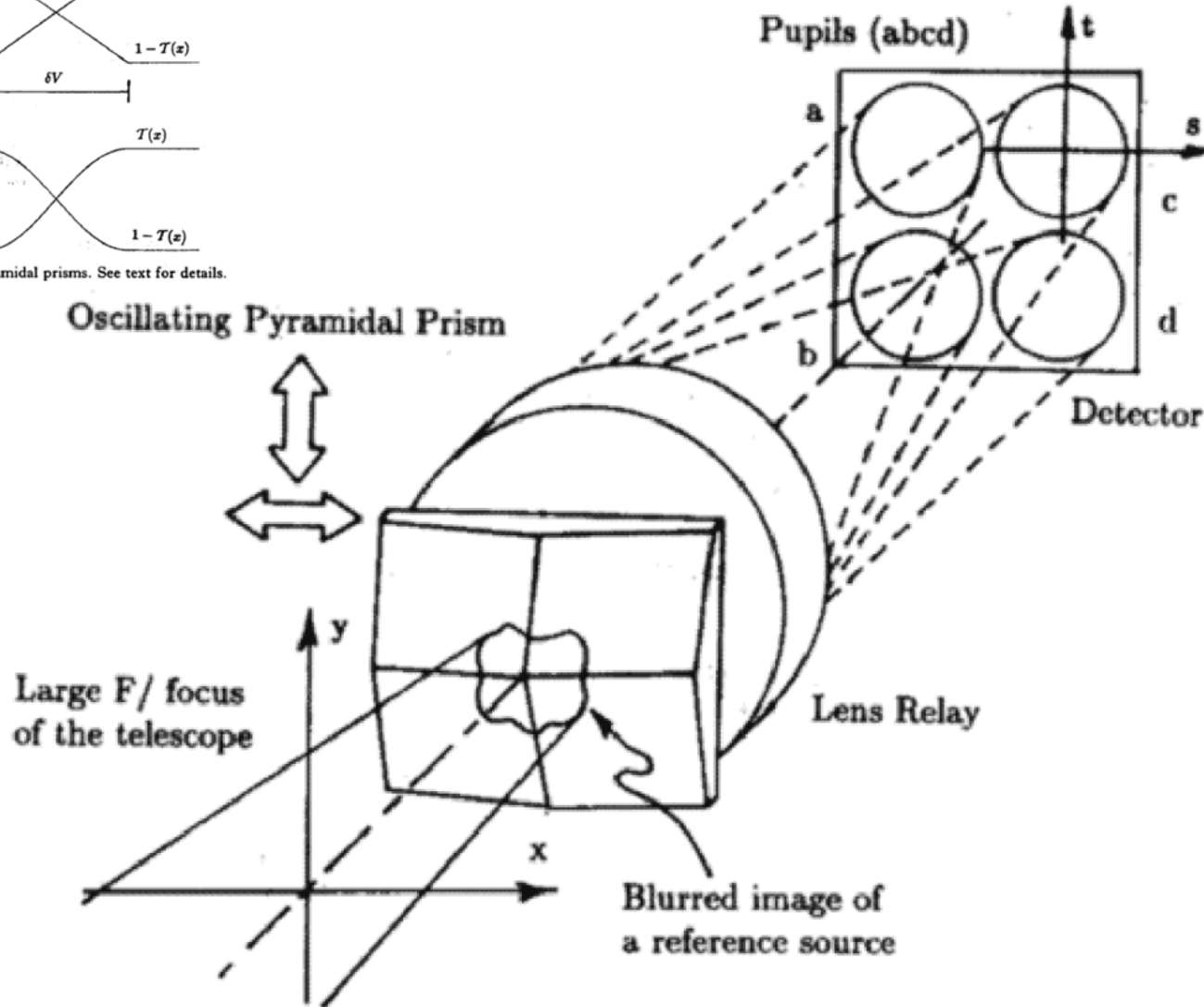
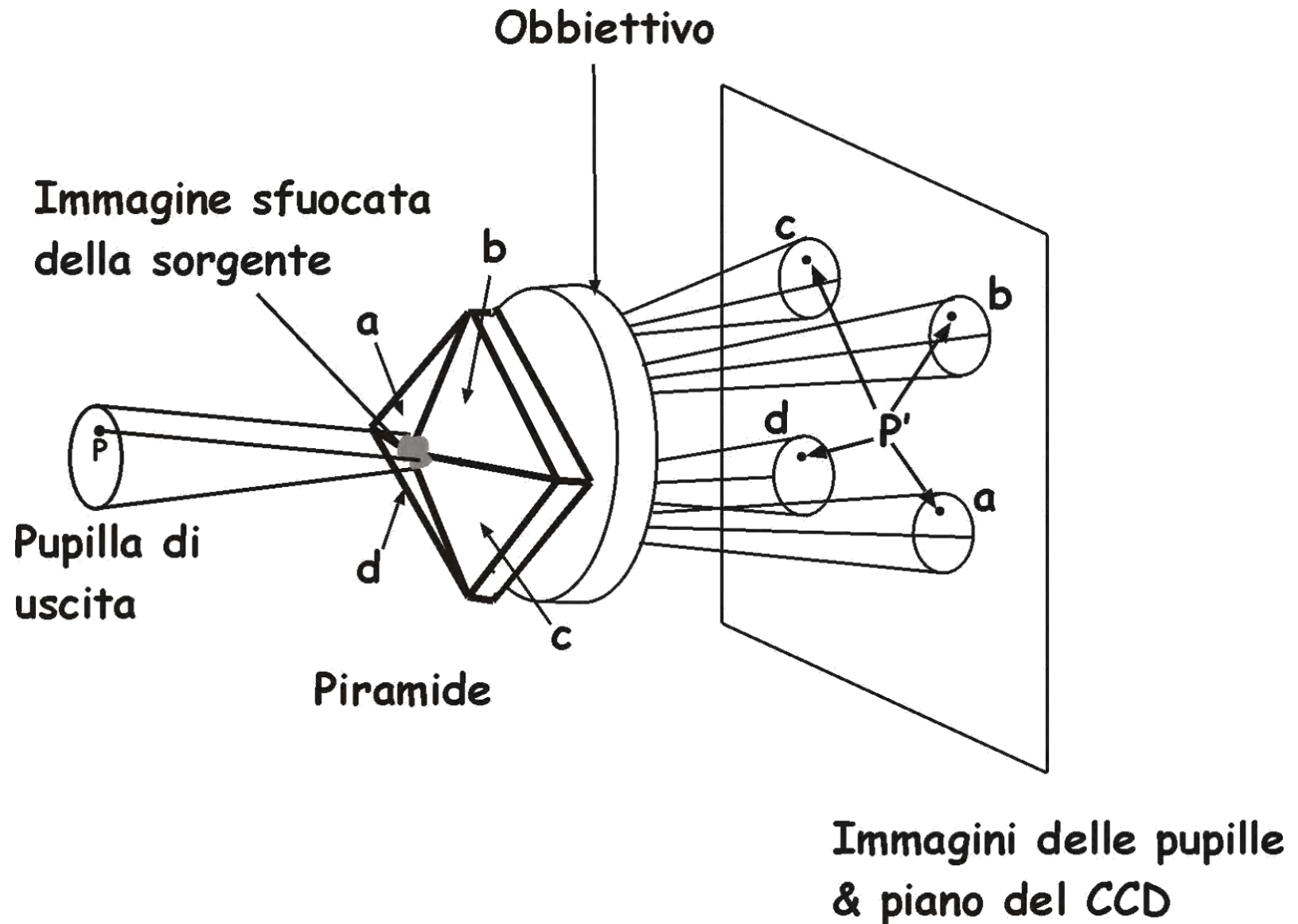


Figure 3. Two ways to vibrate the pyramidal prisms. See text for details.

Ragazzoni (1996) J. of Modern Optics



The overall layout of the wavefront sensor concept described in the text.





Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA

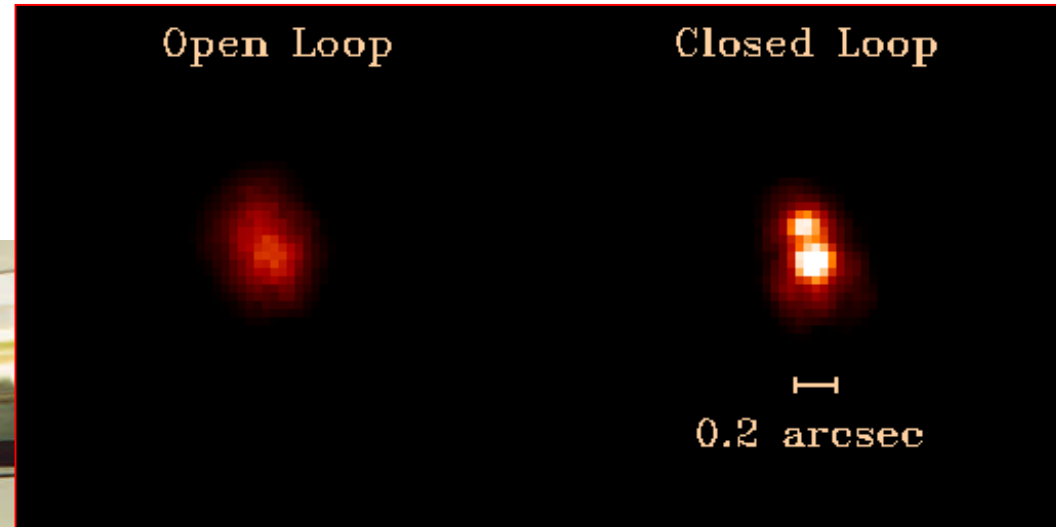
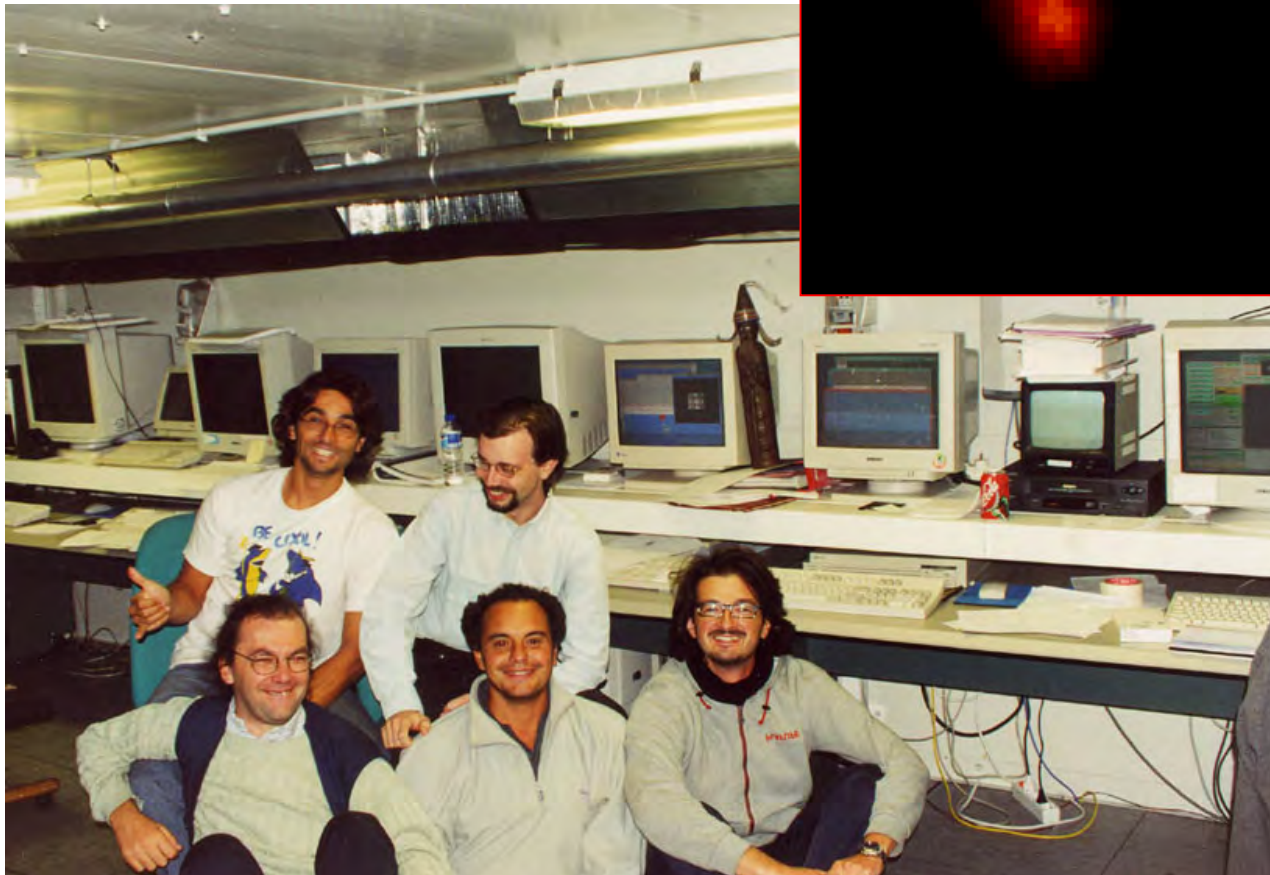


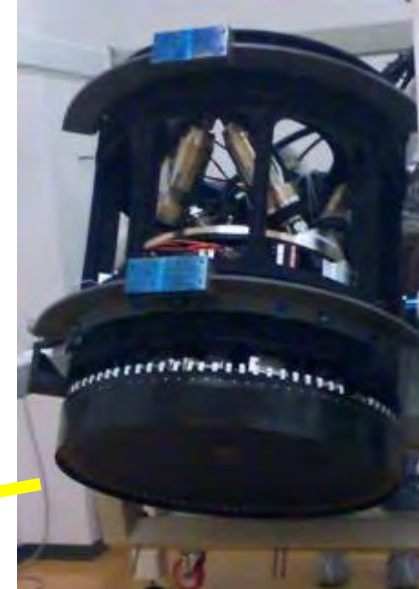
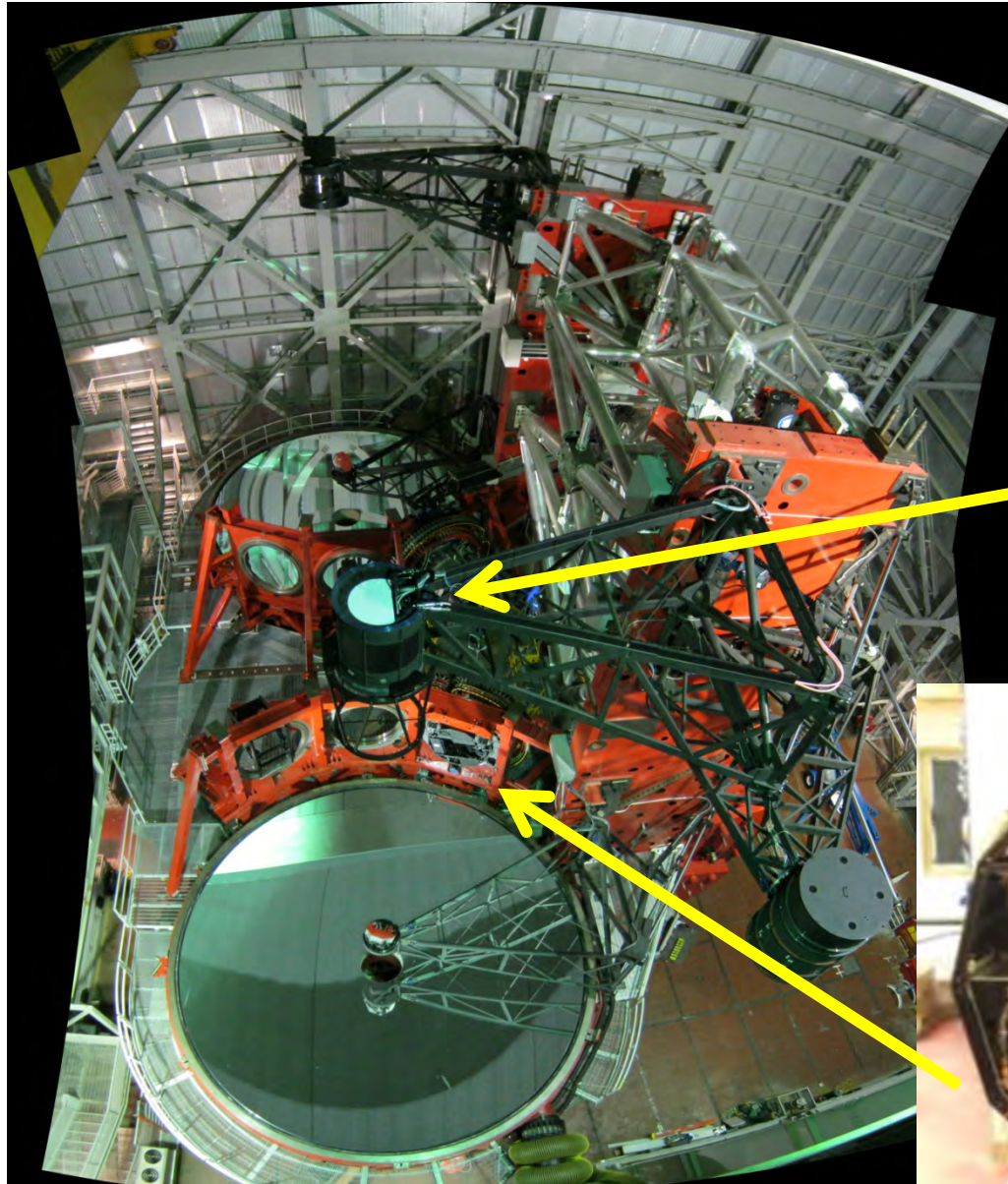
INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA





Telescopio Nazionale Galileo Isole Canarie, notte tra il 5 ed il 6 Settembre 2001...





LBT672a unit

- 911mm diameter
- 1.6mm thick
- 672 actuators
- Settling time < 1ms
- 30nm WFE



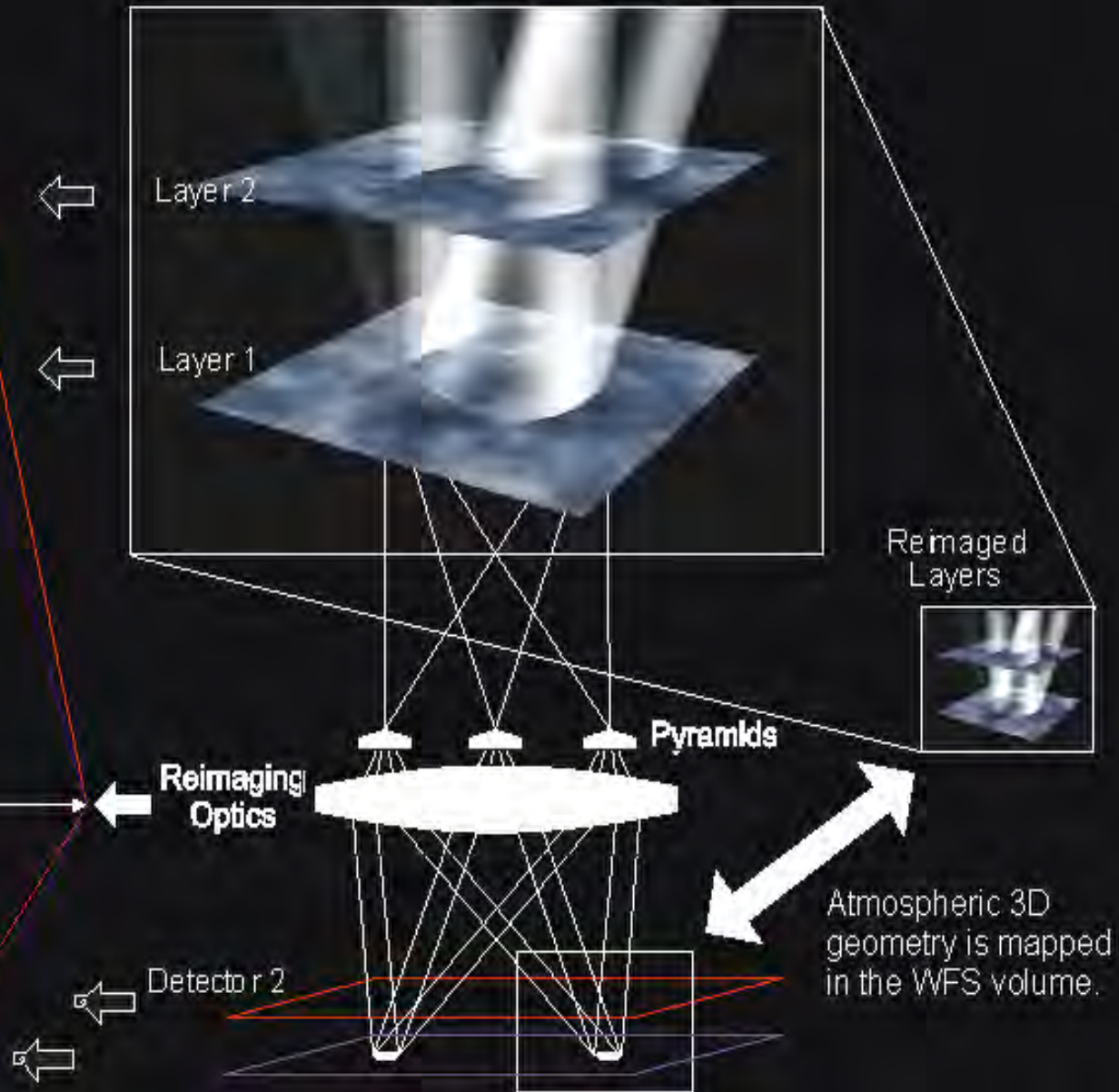
LBT WFS unit

- Pyramid sensor
- 30x30 to 5x5 subap.
- Tilt mod. $\approx 2-6 \lambda/D$
- 1Kfps max [30x30]



Ragazzoni, Marchetti & Valente
Nature (2000)

Pyramid WFS based system easily complies with such an approach. Complexity scales mostly with the number of sensed layers rather than with the number of references.





Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)

Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

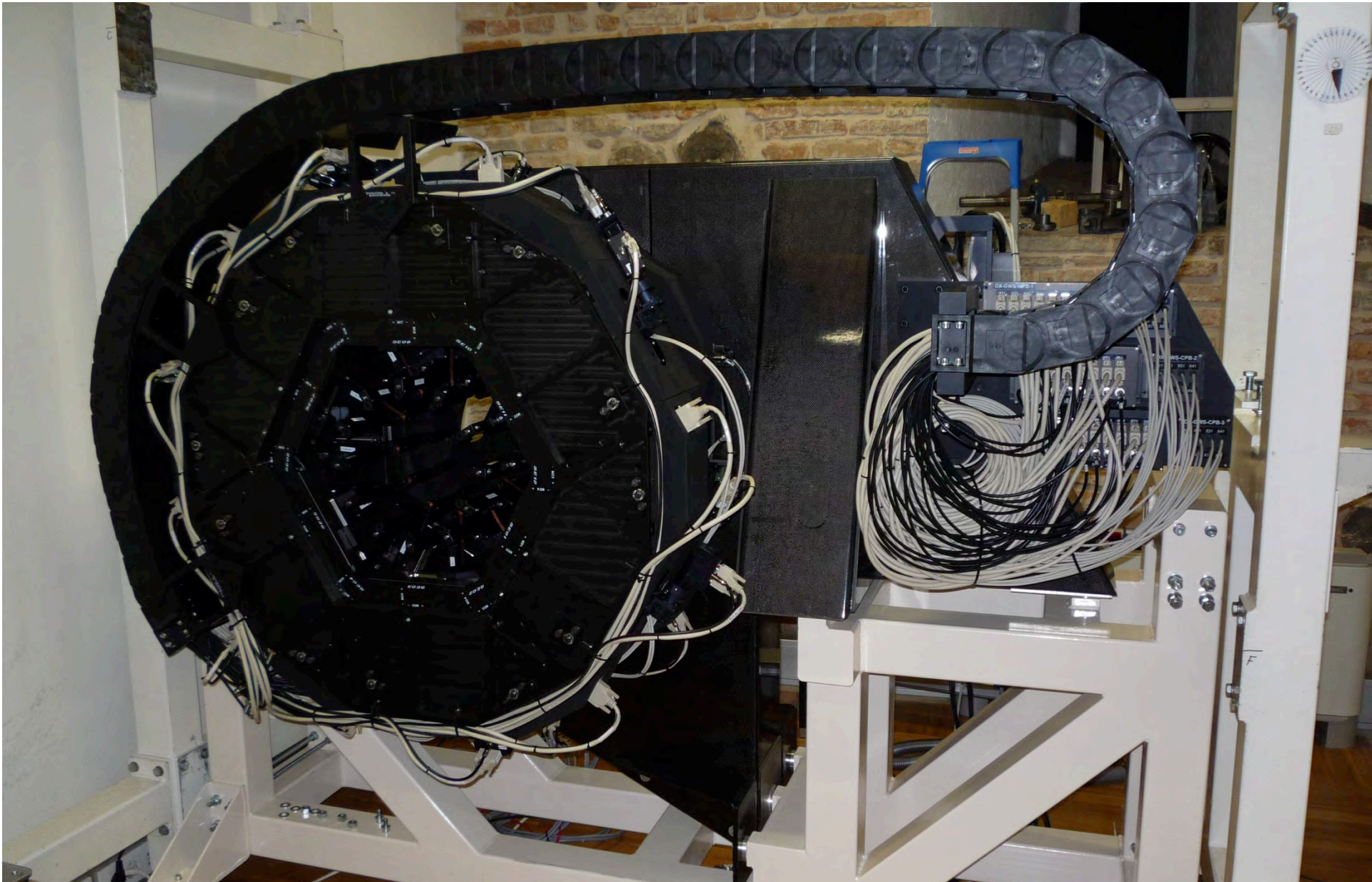
ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

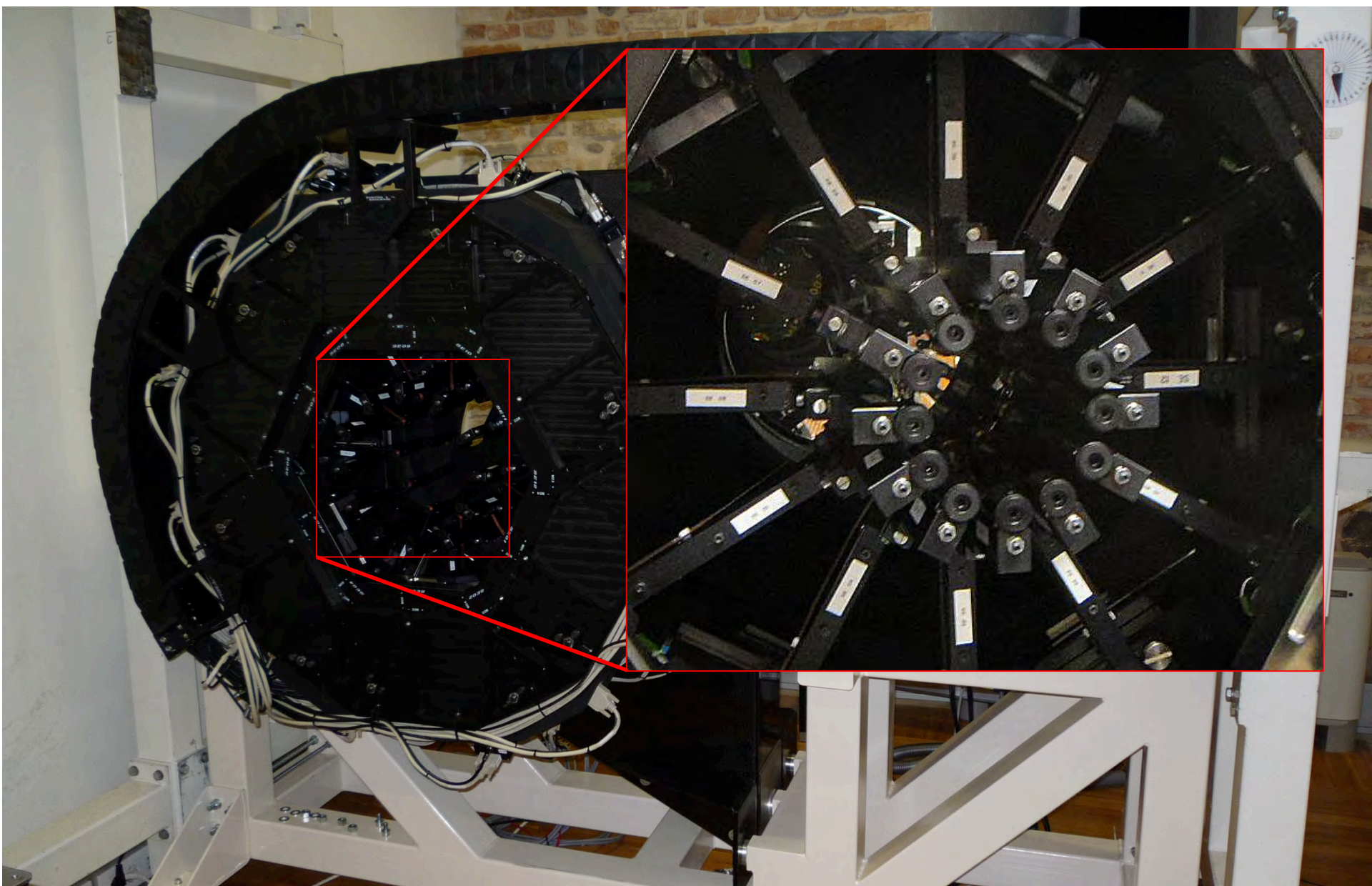
LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA









Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)

Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA





THE STRATEGIC DEFENSE INITIATIVE

RONALD REAGAN, NATO EUROPE, AND THE NUCLEAR AND SPACE TALKS, 1981-1988

RALPH L. DIETL





Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA





Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA





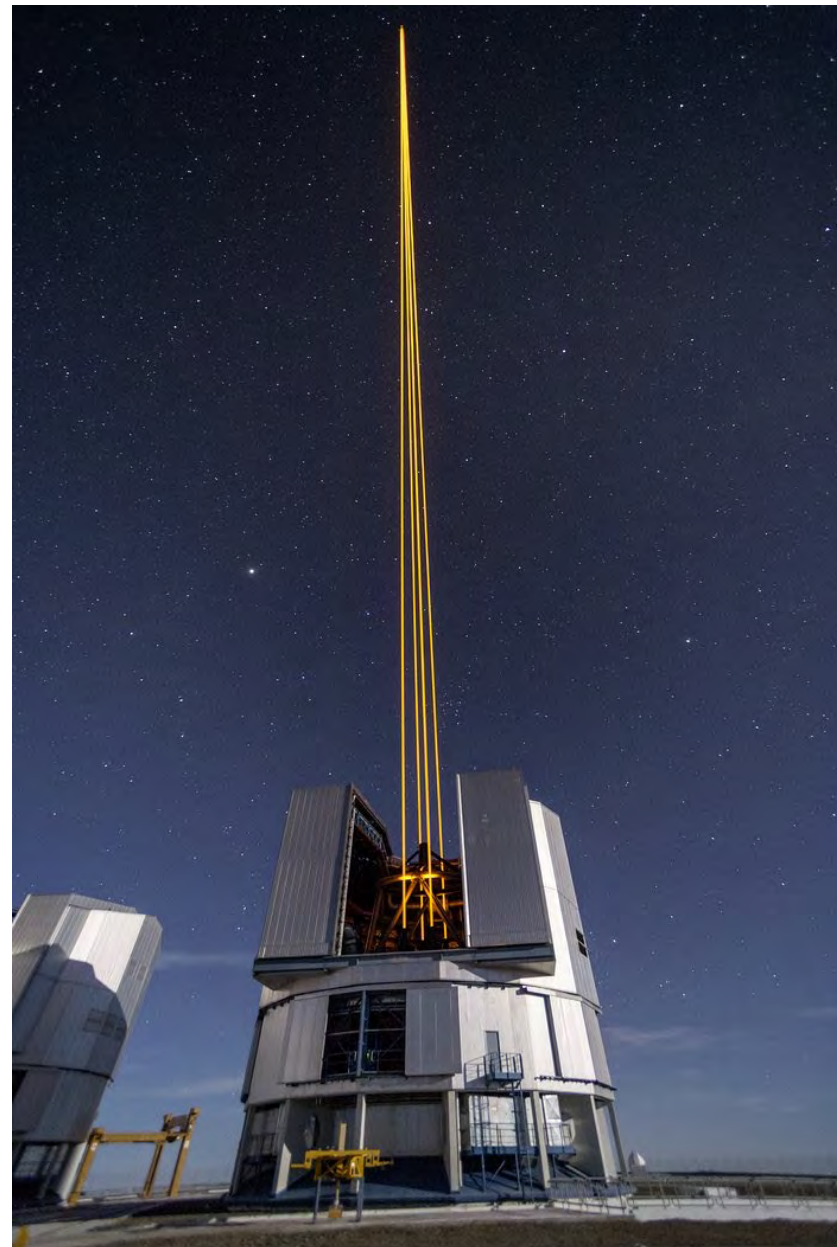
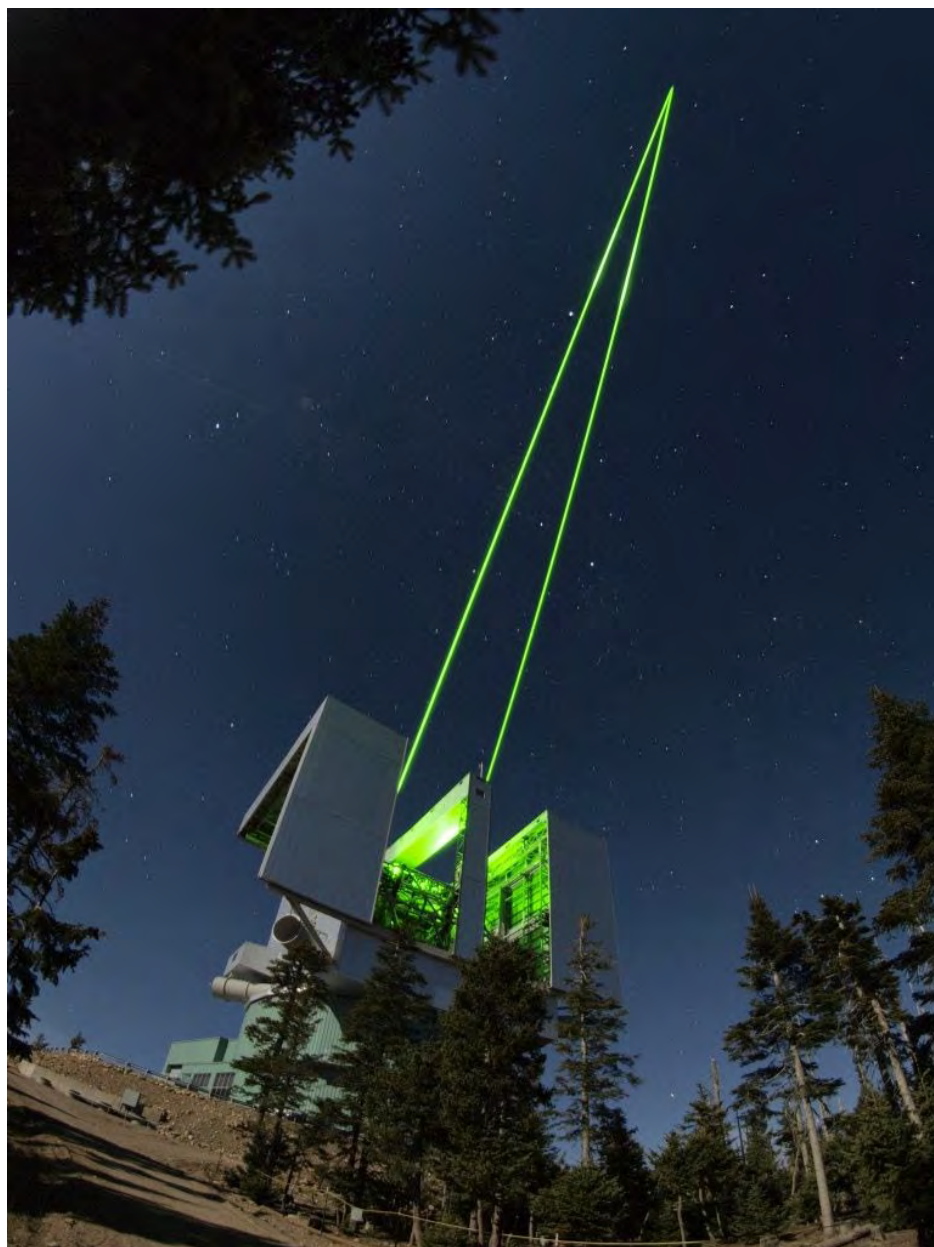
Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA







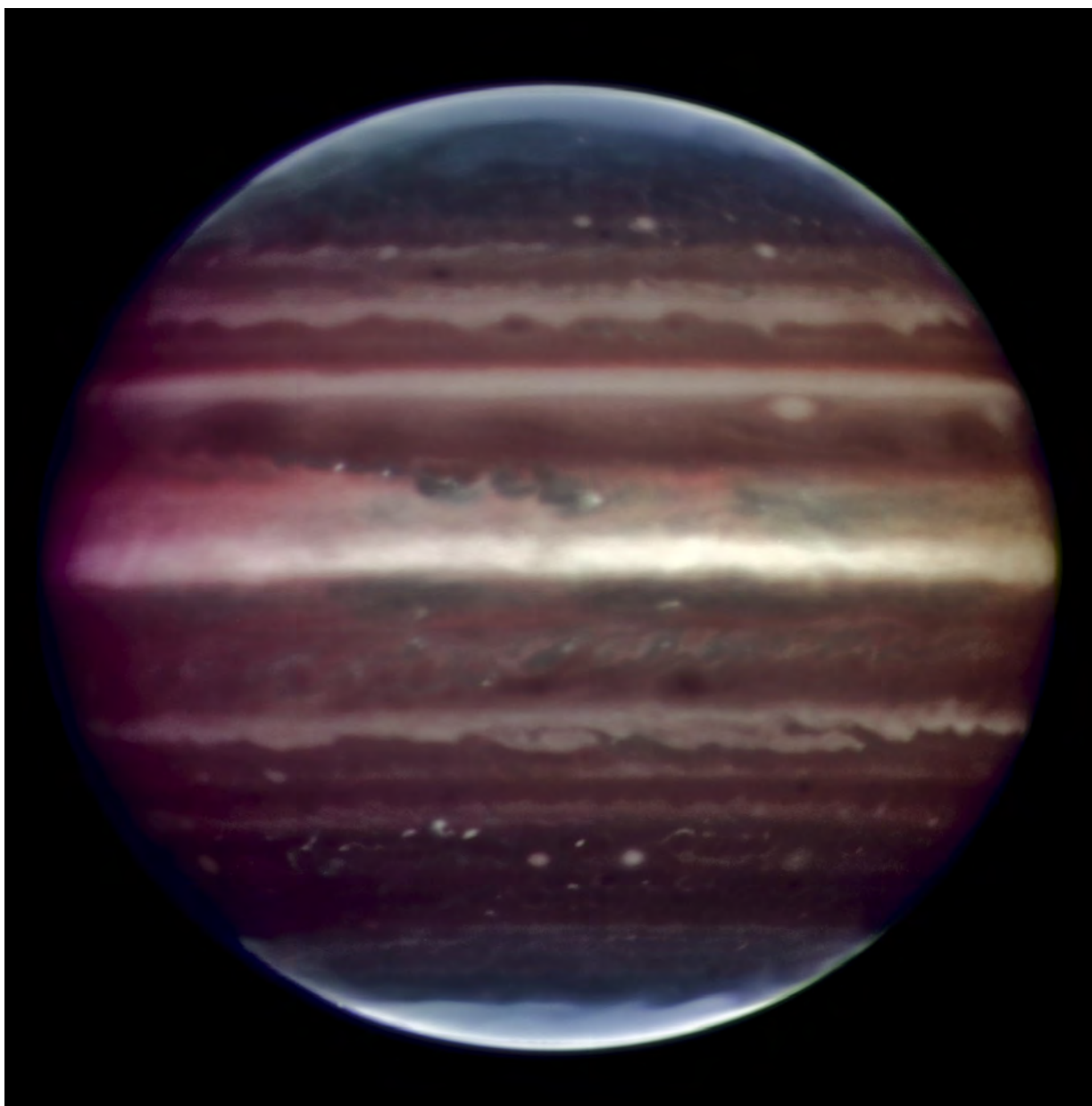
Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA





Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)
Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA

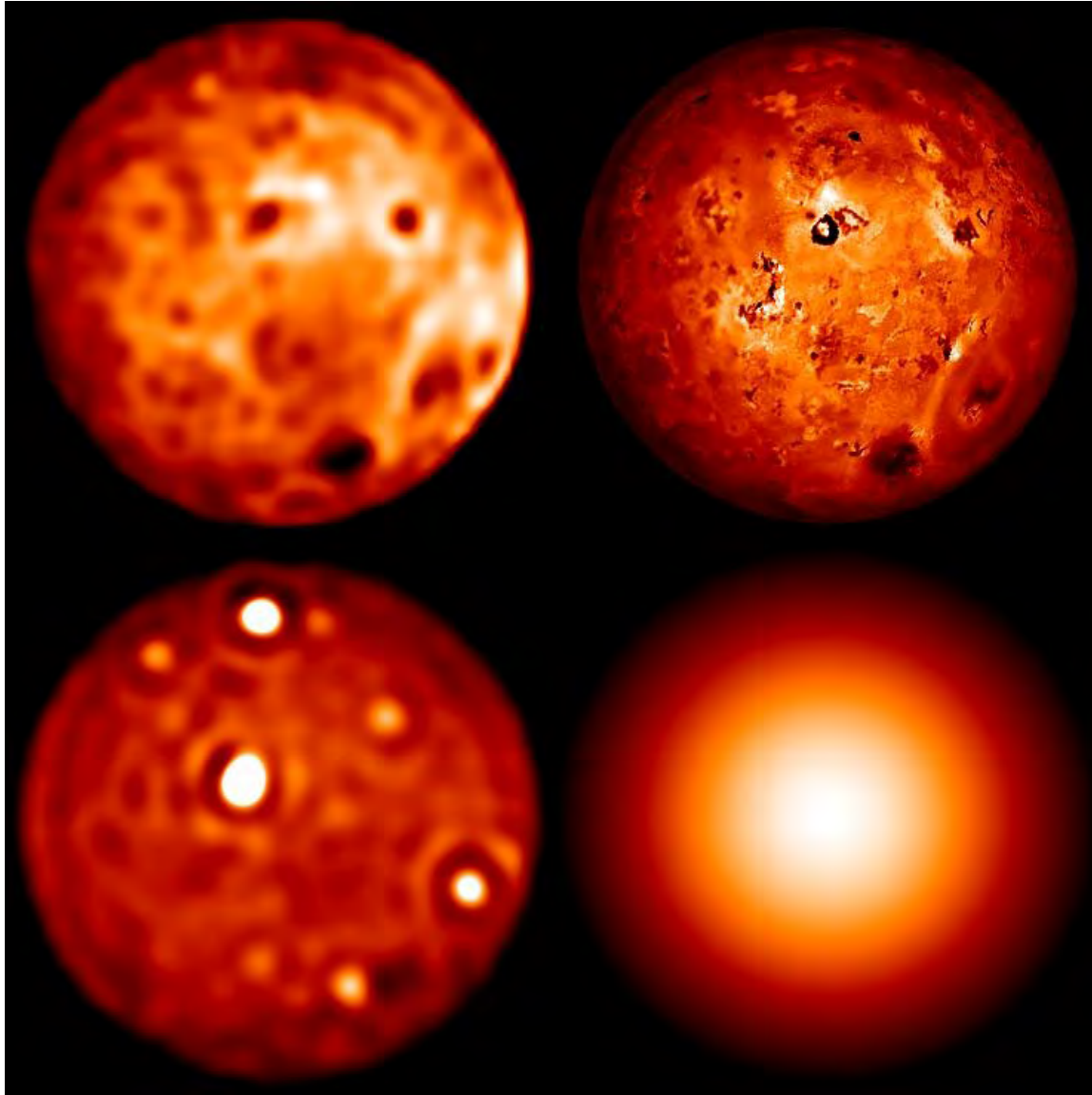


INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA





Ottica Adattiva





Keck/UCLA Galactic Center Group



Canale: *PadovAdopt*



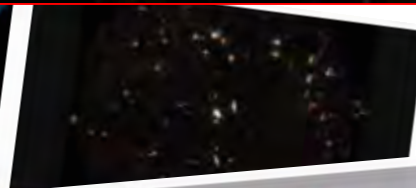
Layer Oriented MCAO - PadovAdOpt 1:11



MCAO with virtual DMs - 3Dmovie - PadovAdOpt 1:40



Virtual DM - PadovAdOpt 1:15



Referencing an MCAO system - 1:10



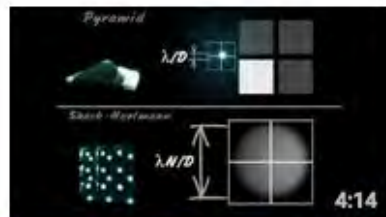
A very linear WaveFront Sensor - PadovAdOpt 0:54



MCAO with Virtual DMs - PadovAdOpt 1:35



Pyramid WFS - 3Dmovie - PadovAdOpt 1:18



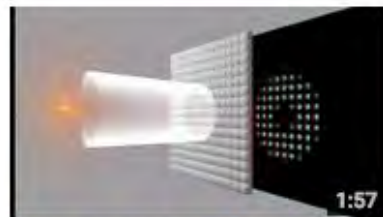
Pyramid vs Shack-Hartmann: the gain in sensitivity 4:14



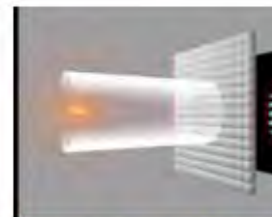
MOAO vs. MCAO - 3Dmovie - PadovAdOpt 1:25



Pyramid vs. Shack-Hartmann - 3Dmovie - PadovAdOpt 1:59



Pyramid and SH dealing with tilt - 3Dmovie - PadovAdOpt 1:57



Pyramid and SH dealing with defocus - 3Dmovie - PadovAdOpt



Grazie dell'attenzione



Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)

Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

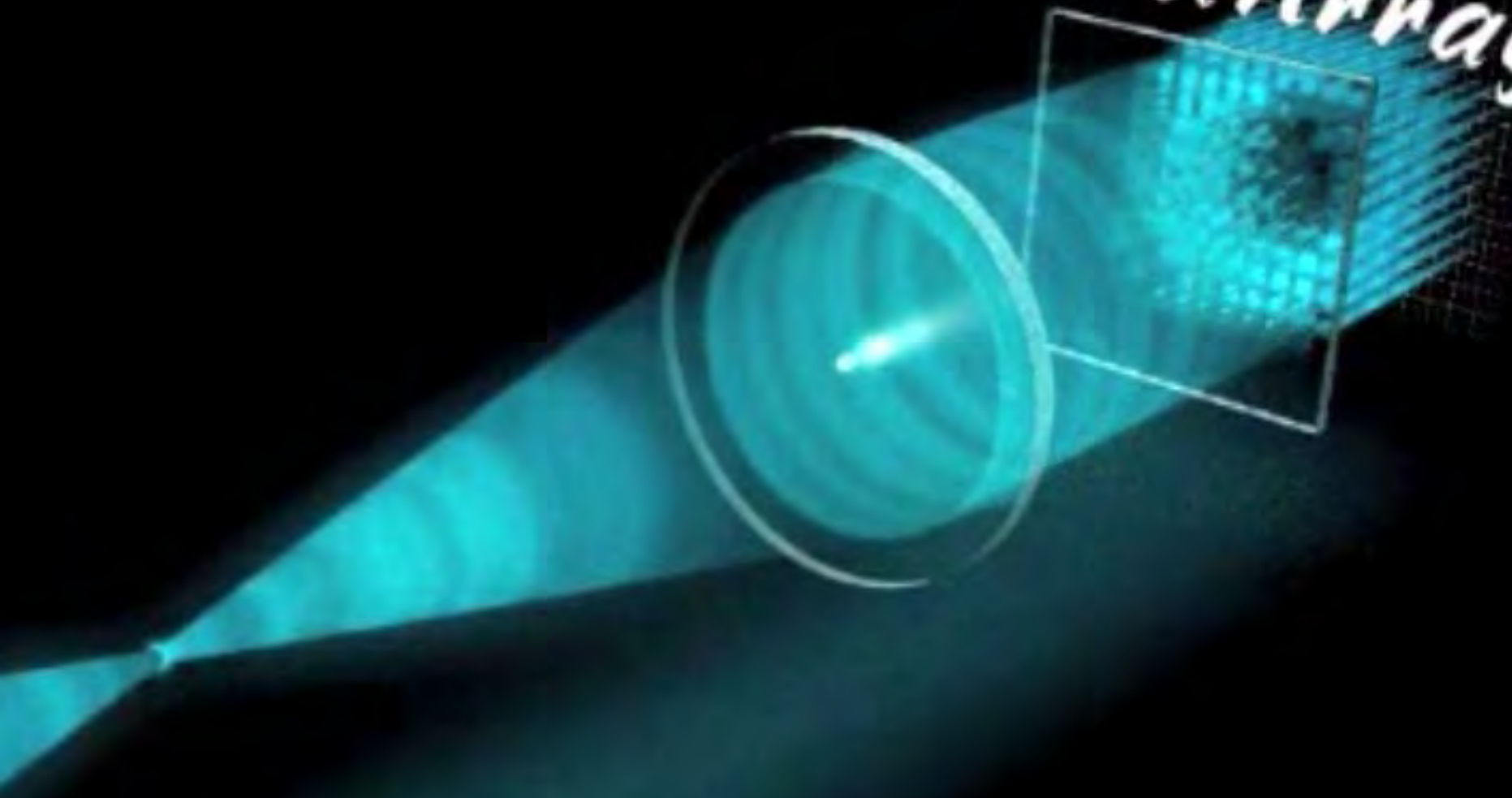
ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



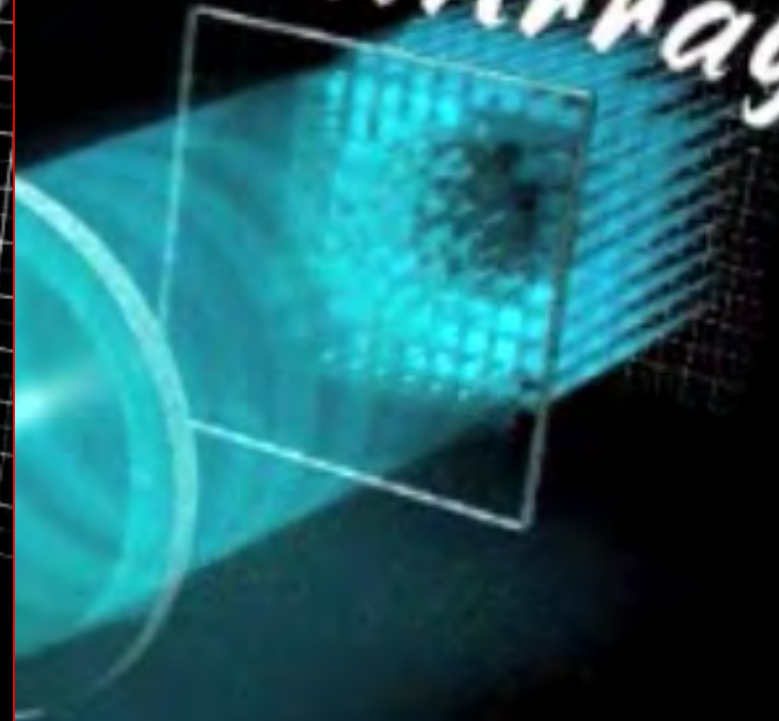
INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA

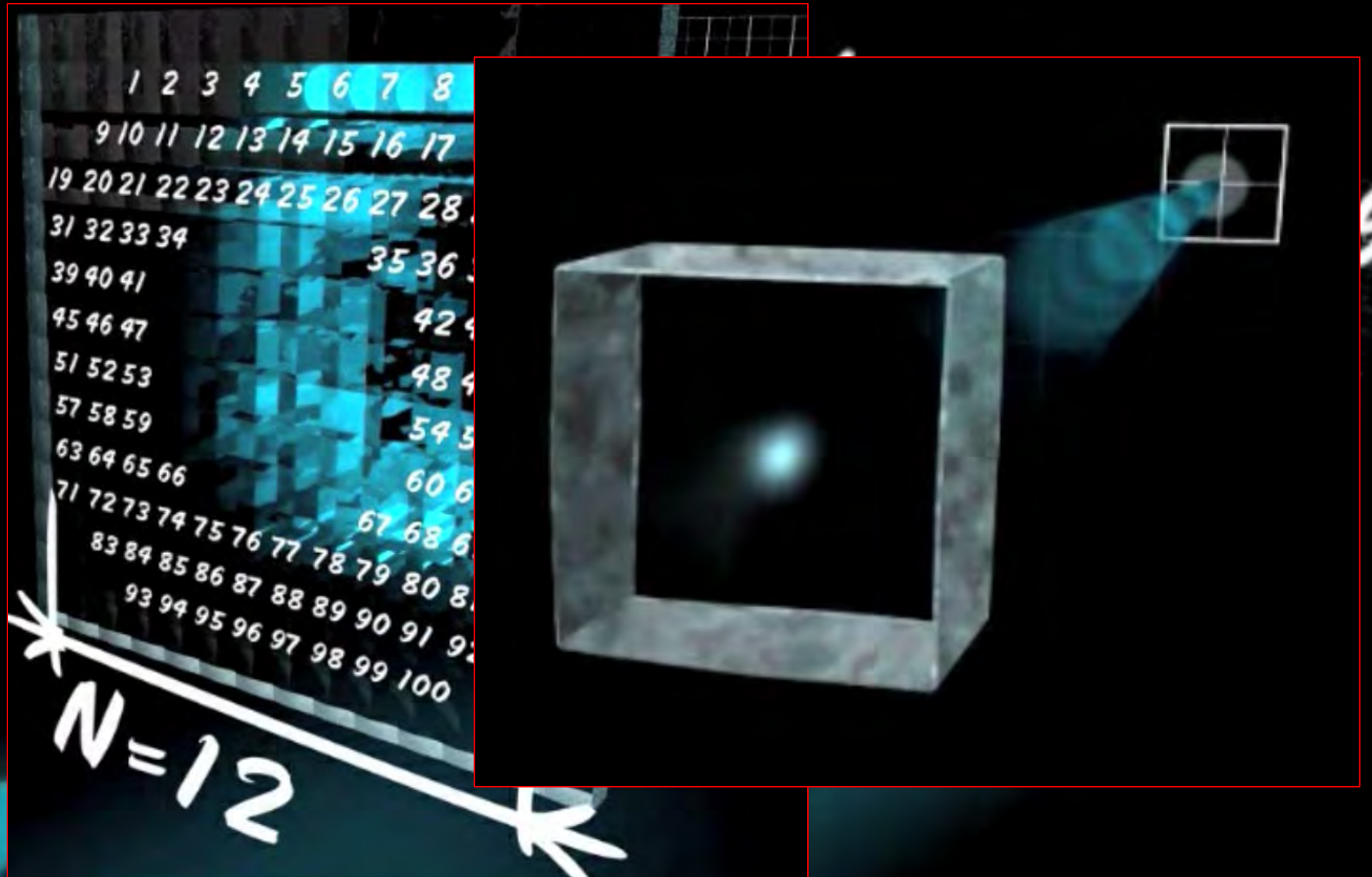
Lenslet Array





Lenslet Array







Roberto Ragazzoni (Osservatorio Astronomico di Padova)

Le proprietà ottiche delle piramidi oscillanti

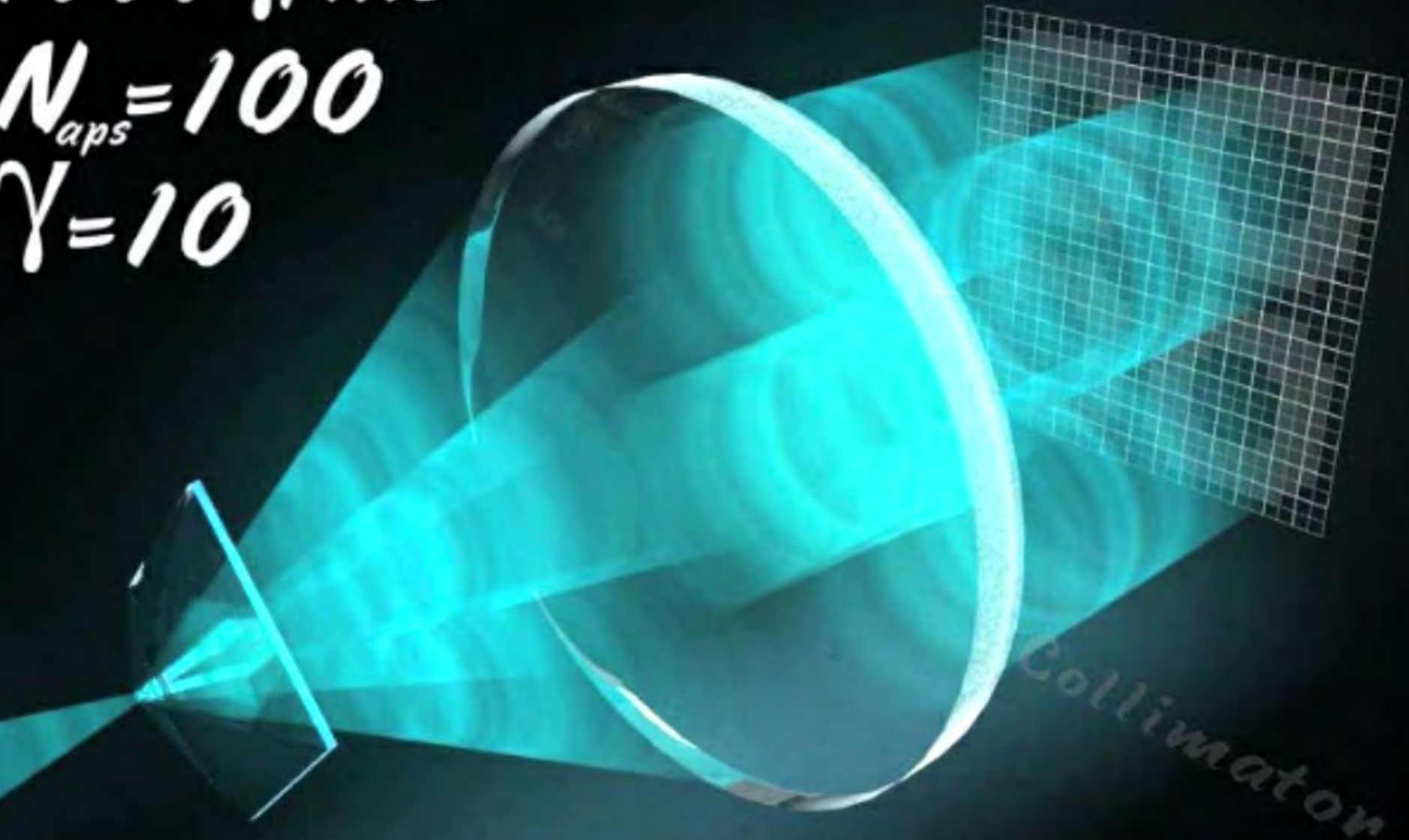
ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
20 ANNI DI RICERCA
SCIENTIFICA DI ECCELLENZA

1000 μ ms
 $N_{aps} = 100$
 $\gamma = 10$





1000 μm^2
 $N_{aps} = 100$
 $\gamma = 10$

