

Aula d'Extensió Universitària del Col·legi i Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya



Institut
d'Estudis
Catalans



Enginyers
Industrials de Catalunya

Tecnologia i Astronomia. Telescopis en els límits tecnològics

Dr. Josep M. Fuertes i Armengol,

Enginyer Industrial. Catedràtic d'Universitat a la UPC

Dept. d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial

President de la Societat Catalana de Tecnologia (IEC)

La Balmesiana
dimecres 13 de maig 2010

Presentació

Josep M. Fuertes, Doctor Enginyer Industrial

josep.m.fuertes@upc.edu, T: 93 401 7290 F: 93 401 7045

- Professor Catedràtic d'Universitat del departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial, docència a la UPC
- Investigador a l'Institut de Cibernètica, a la Universitat de Califòrnia a Berkeley i a la UPC.
- Desenvolupament inicial de la investigació en el disseny de sistemes electrònics amb mP per a aplicacions de Control.
- Tesis doctoral en l'àrea de comunicacions: Definició, descripció i avaluació d'un protocol adaptatiu de capa d'enllaç per a entorns locals industrials
- Temes d'interès:
 - Sistemes Distribuïts de Control.
 - Sistemes de Control en Xarxa.
 - Xarxes de Comunicació per a Aplicacions en Entorns Industrials.
 - Control Avançat.

Guió

- Introducció:
 - Què és un telescopi
 - Conjunt de radiacions a l'Univers
 - Un xic d'història
- Els reptes científics
 - Els grans telescopis òptics
 - Altres telescopis
- Els reptes tecnològics
 - Els telescopis Keck i GTC
 - Estructura interna i de control
- Altres reptes
 - On són els límits?
 - Conclusions

Resum:

- Els grans telescopis òptics són uns instruments d'observació que tenen per objectiu extreure informació sobre diversos aspectes relacionats amb l'estudi de l'Univers, per exemple, com s'han format i evolucionen els objectes astronòmics, quines dinàmiques tenen, quines interaccions mútues presenten, ...
- Els grans telescopis doncs permeten als astrònoms no només observar, sinó també comprovar les hipòtesis de treball que busquen solucions als problemes esmentats.
- Però abans de poder observar, els telescopis s'han de construir, i aquests requereixen un disseny que tingui en compte totes les limitacions que intervenen en el fet de la observació astronòmica, des del comportament mecànic de les seves parts, els sistemes electrònics i computacionals, els sistemes de suport a les observacions i els seus sistemes de control.
- En aquesta conferència es mostra com s'està treballant en el disseny d'aquests grans instruments, els exemples més recents (WM. Keck a Hawaii, GTC a La Palma, Hubble a l'espai) i quins seran els models previsibles en el futur.
- L'enfocament, a més del recorregut històric i tècnic, pretén analitzar les metodologies i les conseqüències de treballar cercant els límits tecnològics i com aquests poden servir fins i tot, de model d'implicació personal en tots els aspectes de la vida.

Guió

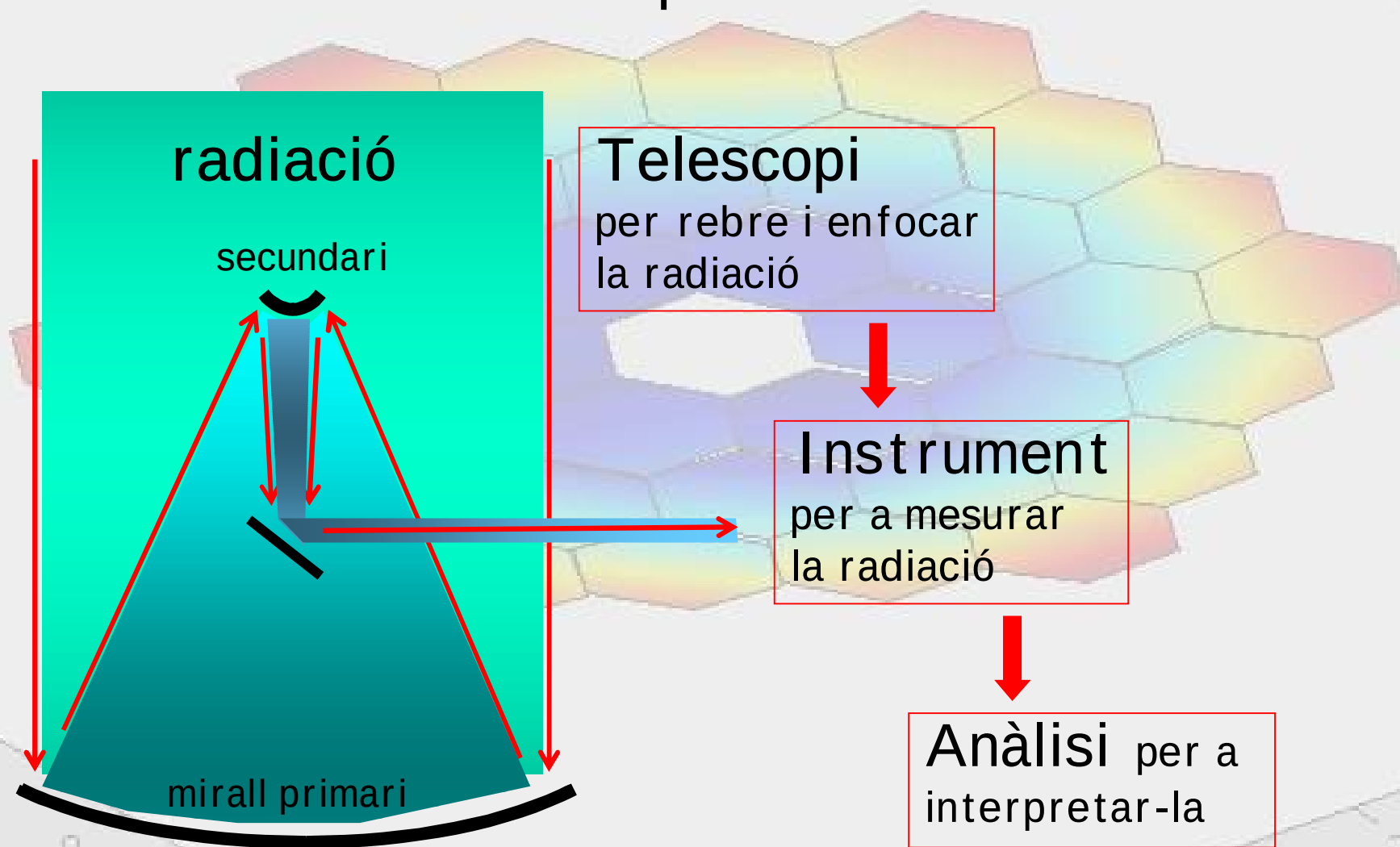
- **Introducció:**
 - Què és un telescopi
 - Conjunt de radiacions a l'Univers
 - Un xic d'història
- **Els reptes científics**
 - Els grans telescopis òptics
 - Altres telescopis
- **Els reptes tecnològics**
 - Els telescopis Keck i GTC
 - Estructura interna i de control
- **Altres reptes**
 - On són els límits?
 - Conclusions

Les observacions i els observadors

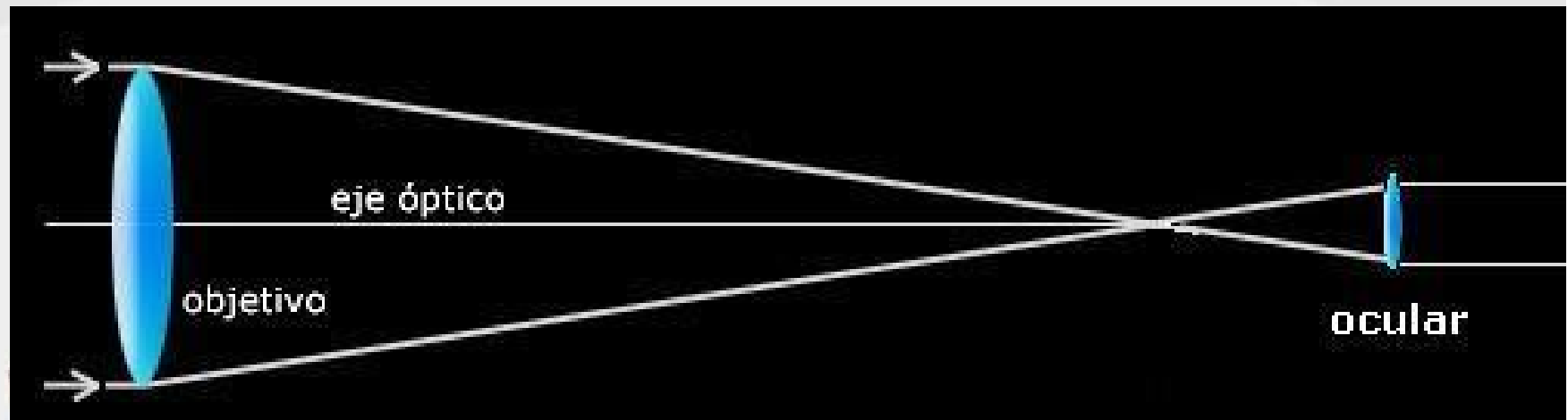


Introducció a la astronomia

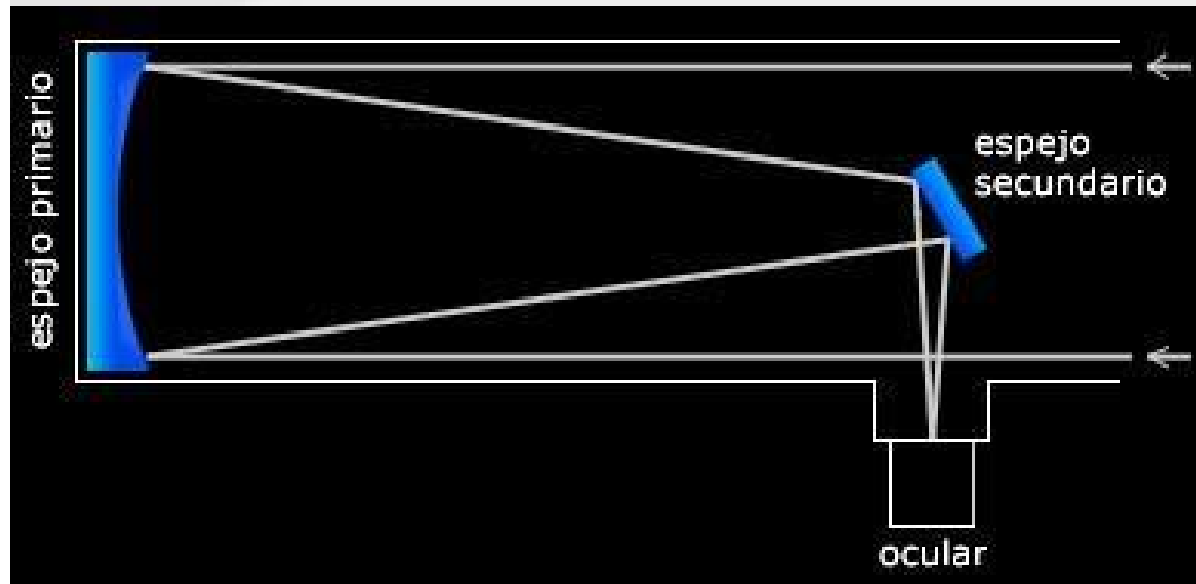
Infraestructures bàsiques:



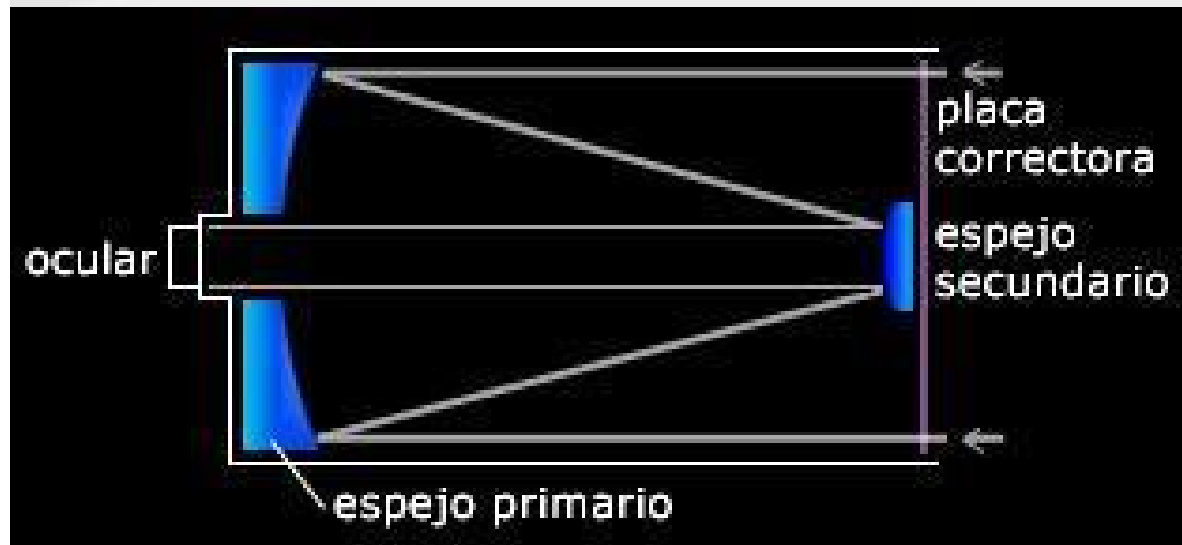
Telescopis refractors



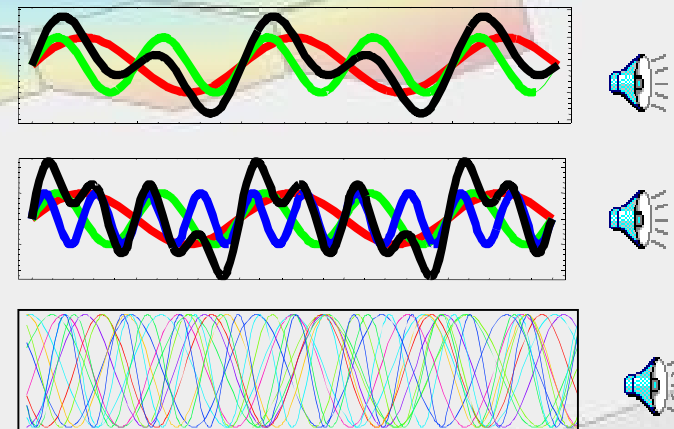
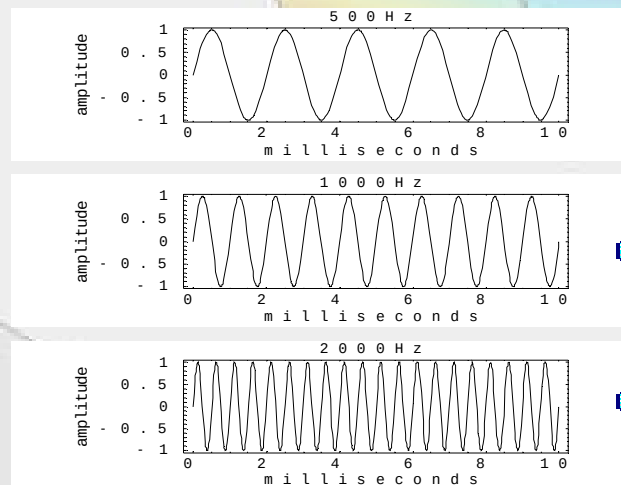
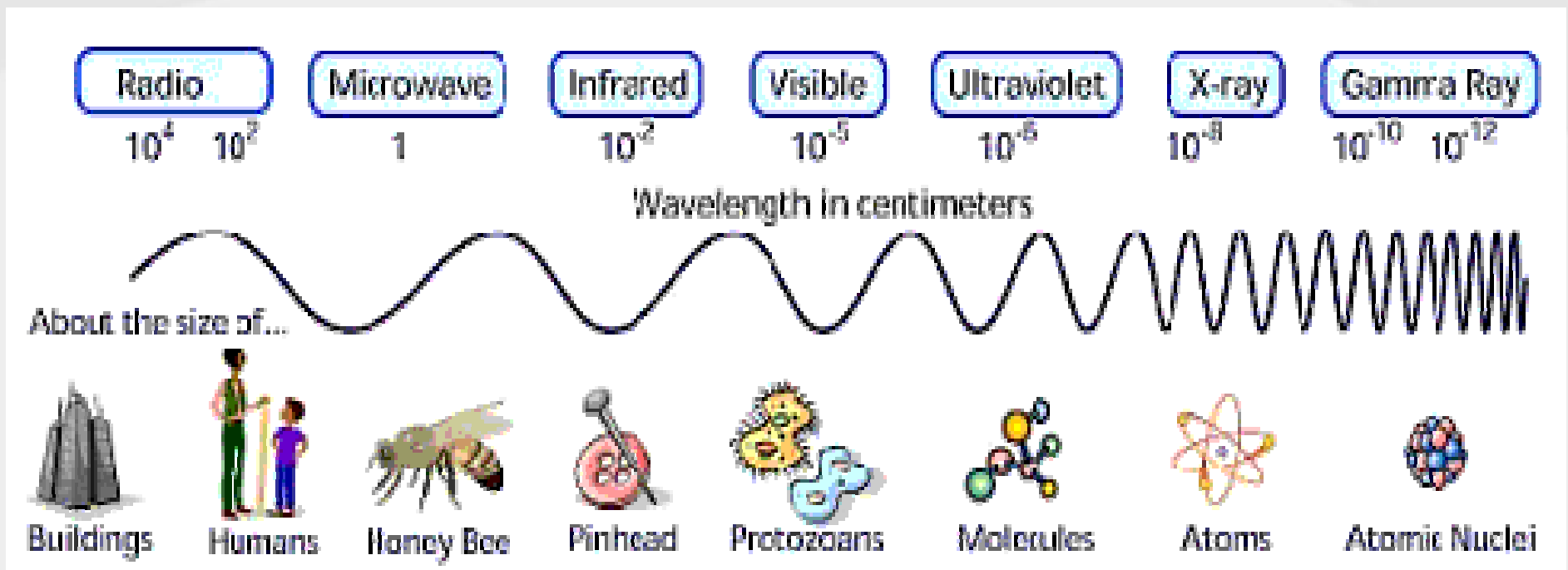
Telescopis reflectors



Telescopis catadriòptics

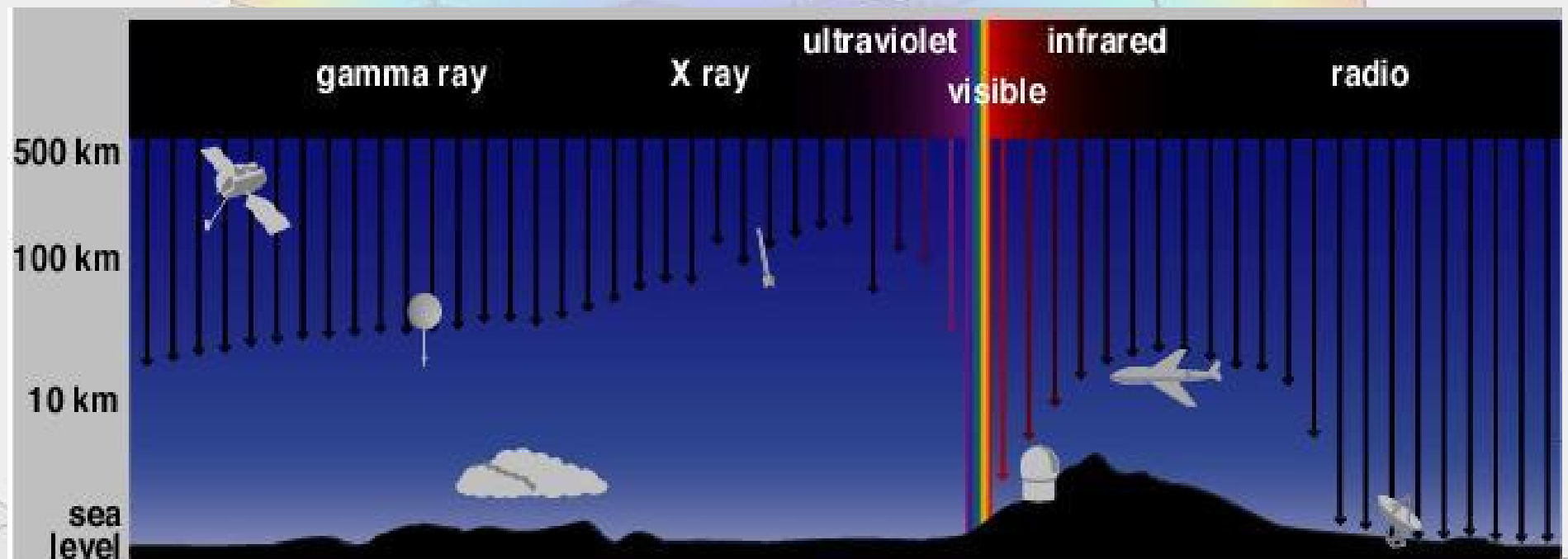


L'espectre électromagnétique



Absorció de la radiació en l'atmosfera

- L'atmosfera absorbeix molts tipus de radiació.
 - *Fa una bona feina, doncs sinó seriem morts!*
- Només la radiació visible, de radio, i certes radiacions IR i UV arriben a la superfície terrestre.



Per a observar altres radiacions hem de posar telescopis a l'espai!

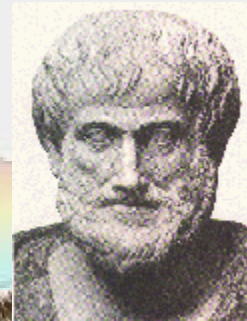
Tipus de telescopis: radiació

- Telescopis Òptics
- Ràdio telescopis
- Infrarojos
- Altes energies: X, γ
- Telescopis solars
- ...



- Un xic d'història:

Aristòtil i Claudi Ptolomeo



Hipàtia d'Alexandria



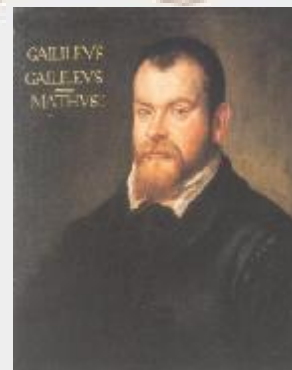
Nicolàs Copèrnic



Tycho Brahe



Johannes Kepler



Galileo Galilei





Guió

- Introducció:
 - Què és un telescopi
 - Conjunt de radiacions a l'Univers
 - Un xic d'història
- Els reptes científics
 - Els grans telescopis òptics
 - Altres telescopis
- Els reptes tecnològics
 - Els telescopis Keck i GTC
 - Estructura interna i de control
- Altres reptes
 - On són els límits?
 - Conclusions

Reptes científics: Qüestions plantejades

- Quan i com es van formar les estrelles
- Com es va formar el sol i els planetes
- Com evolucionen les galàxies
- Com s'ha format l'Univers
- Les galàxies joves són brillants o dèbils, roges o blaves
- Quins són els objectes responsables dels miratges gravitatoris
- Diversitat de l'evolució química de l'Univers
- Estabilitat i sismologia als objectes galàctics
- Estàtica i dinàmica dels objectes galàctics
- ...
- Som capaços de fer instruments que permetin ... ?

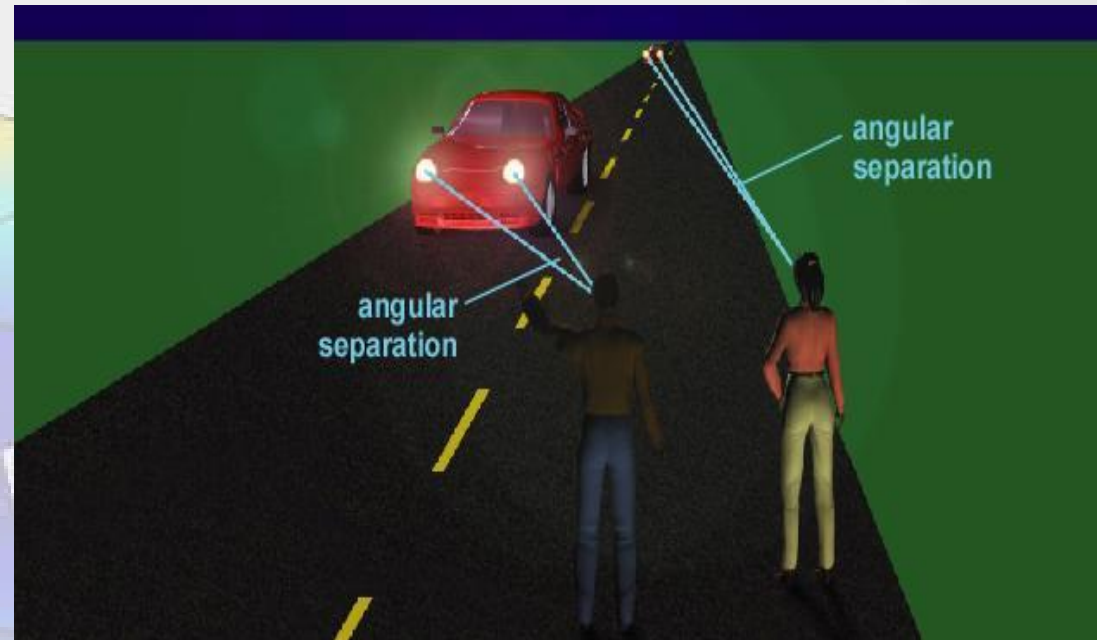
Propietats principals pels Telescopis

- **Resolució**

- Capacitat de separar dos objectes allunyats.
- L'angle entre dos objectes disminueix al créixer la distància de l'observador

- $\theta = 1.22 \lambda / D$

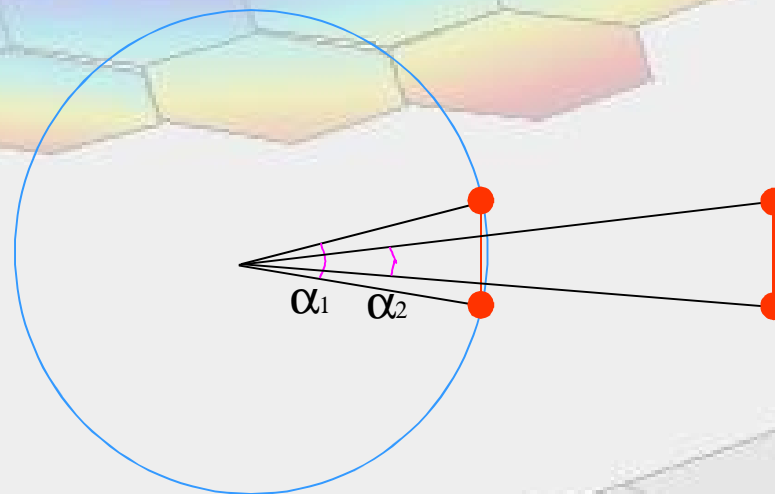
p.e. $\lambda = 0,5\mu\text{m}$; $D = 4\text{m}$
 $\Rightarrow 0,025\text{arcsec}$, 35m lluna



- f Superfície col·lectora de llum**

- el telescopi es comporta com un cabàs recol·lector de fotons
- La seva àrea és:

$$A = \pi (D/2)^2$$



Reptes tecnològics

NOUS DISSENYYS:

Disseny de telescopis amb noves configuracions

Emplaçament dels telescopis ... a l'espai ...

Objectiu1: Reduir la mida però mantenint la distància focal f

Objectiu2: Incrementar la mida però mantenint el cost

Objectiu3: Millorar la qualitat de les recepcions

Solució1: Telescopis de reflexió “plegats”

Solució2: Telescopis amb control dinàmic millorat

Solució3: Telescopis amb òptiques adaptatives

Disseny de grans telescopis:



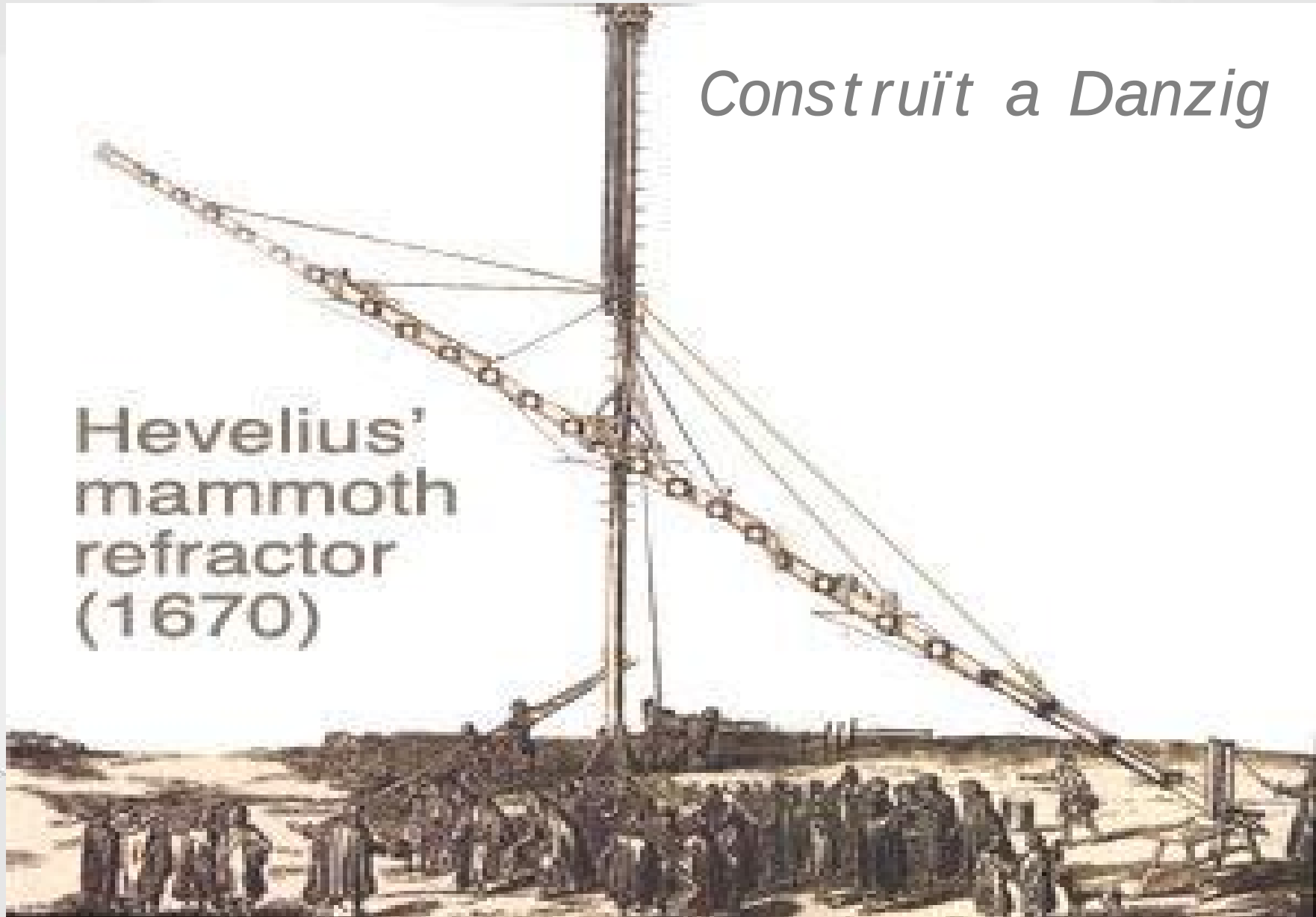
El telescopi reflector de Sir Isaac Newton

Després de concloure que els telescopis refractors tindrien sempre errors d'aberració cromàtica, el 1672 Isaac Newton va decidir construir-se el seu propi telescopi reflector. A partir dels dissenys de Descartes, va desenvolupar un telescopi amb un mirall esfèric de 1.5" - 40X i un mirall secundari pla a 45° per a reflectir la llum a un ocular en angle recte de l'eix òptic

Disseny de grans telescopis:

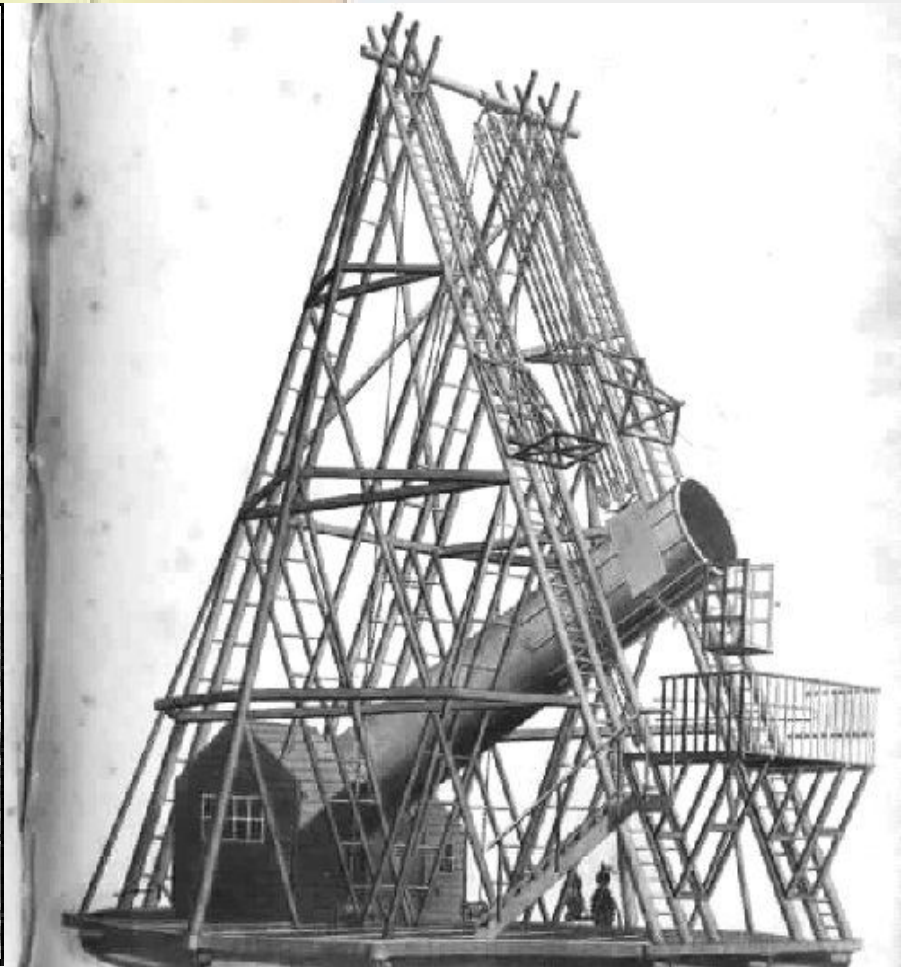
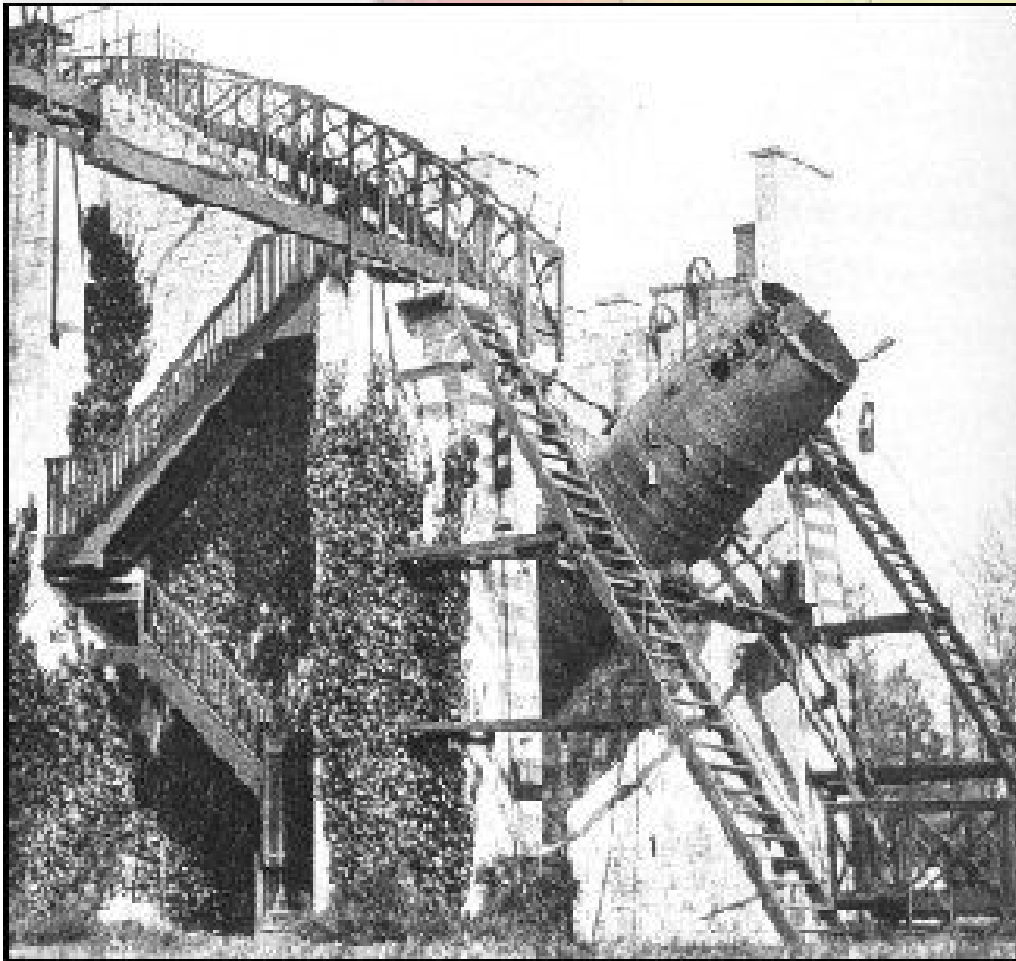
Construït a Danzig

Hevelius'
mammoth
refractor
(1670)

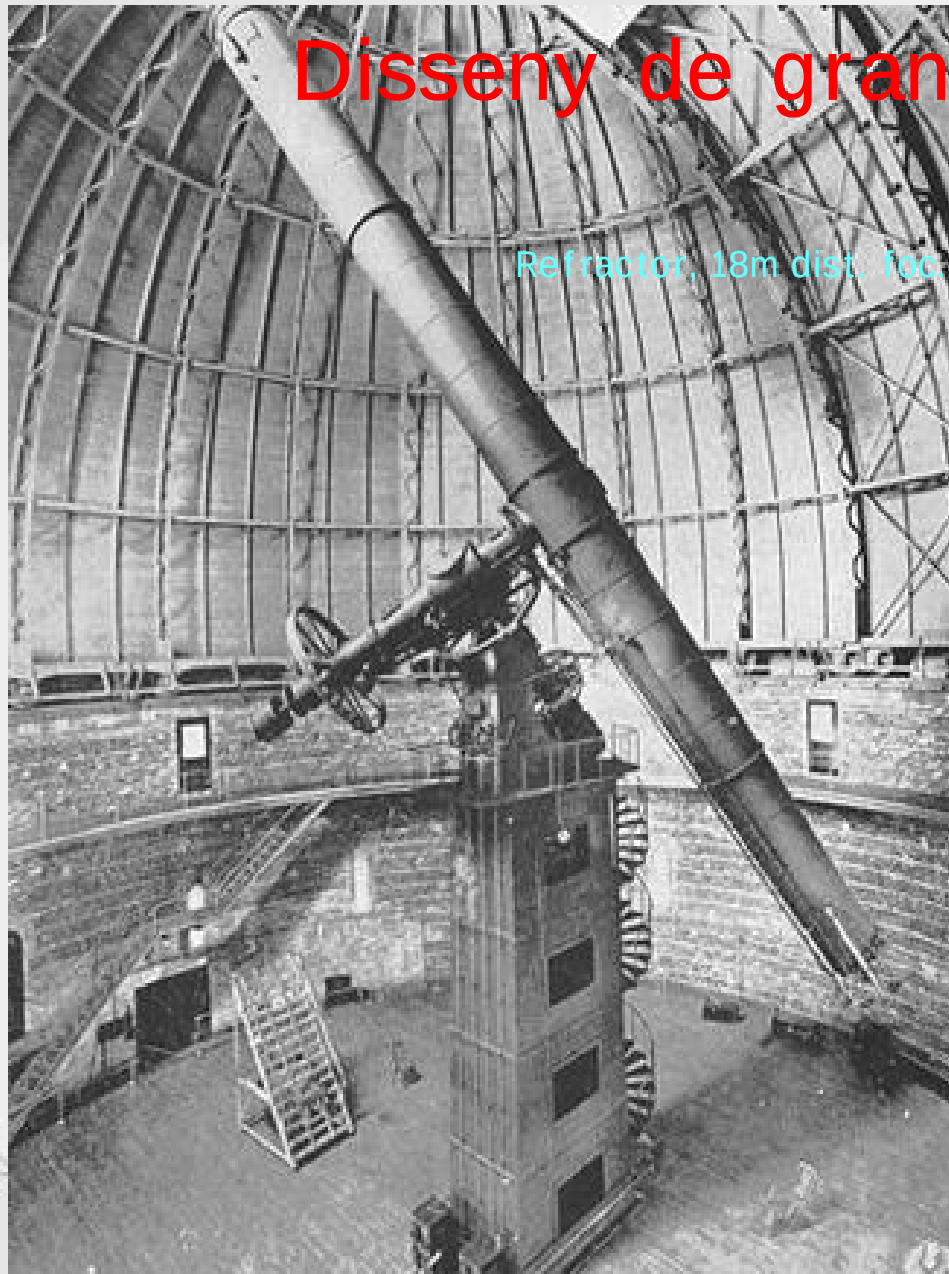


Disseny de grans telescopis:

Telescopi reflector de W. Herschel (1789) de f : 40' amb mirall metàl·lic d'1,3m i muntatge altazimutal



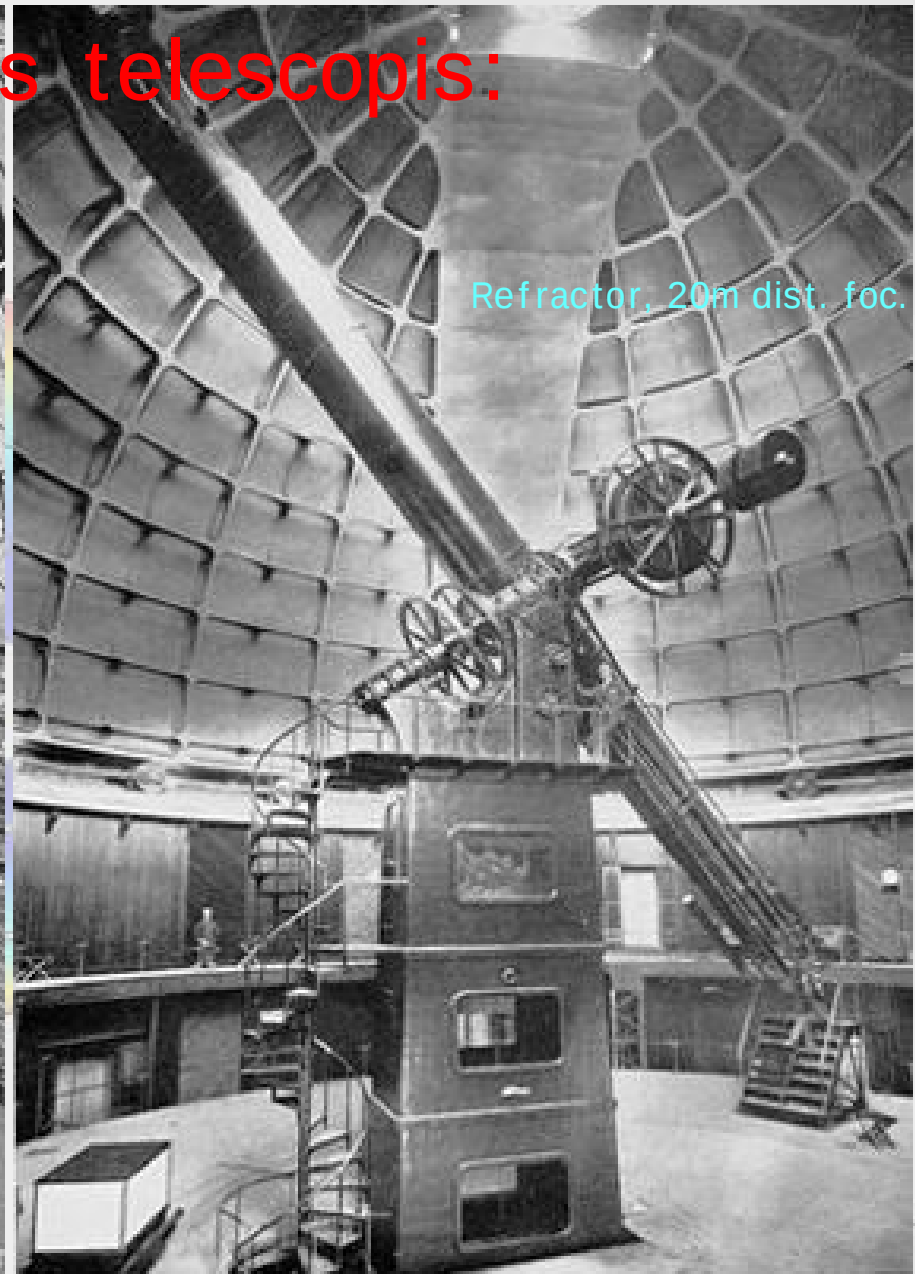
Disseny de grans telescopis:



Refractor, 18m dist. foc.

Observatori LICK, 36" 1888

prop San José, Ca



Refractor, 20m dist. foc.

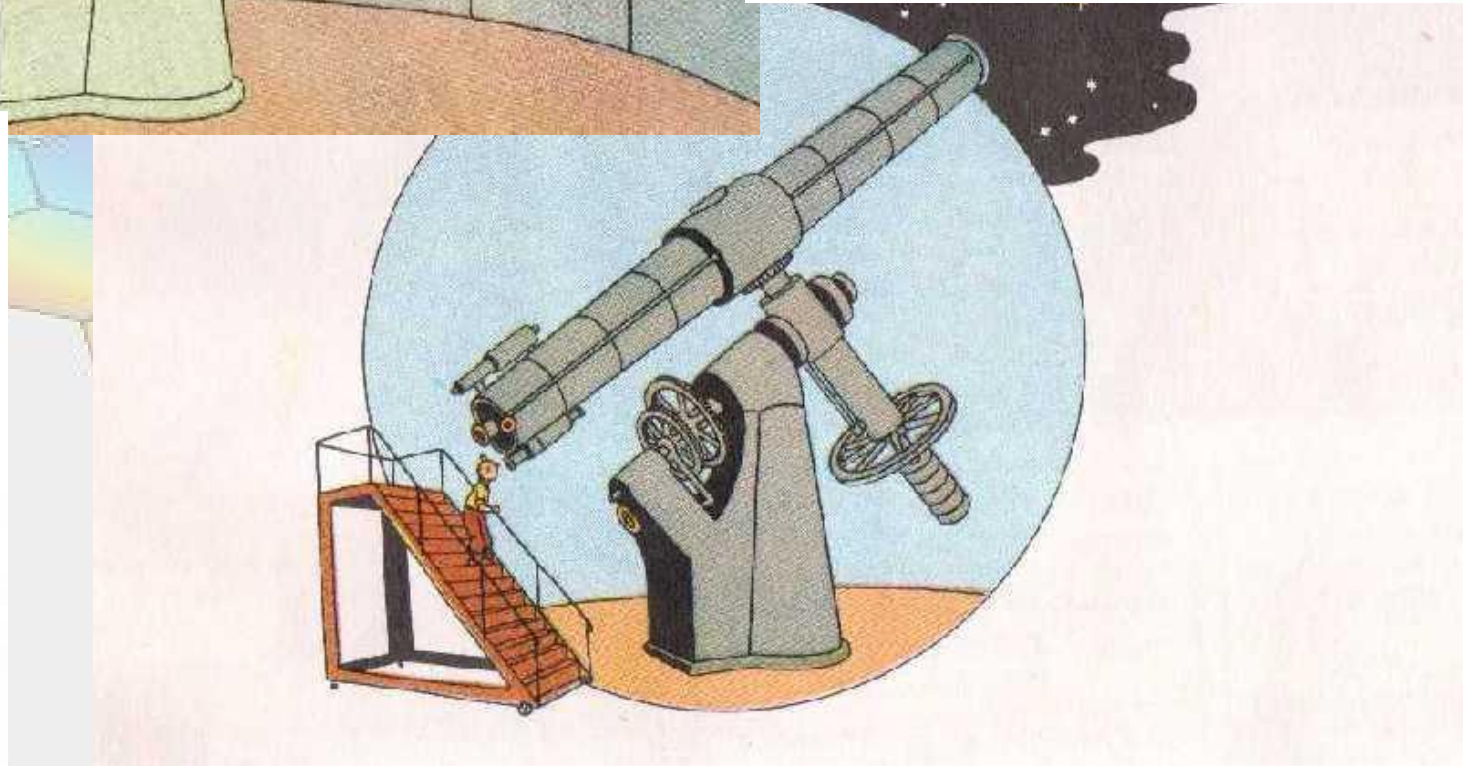
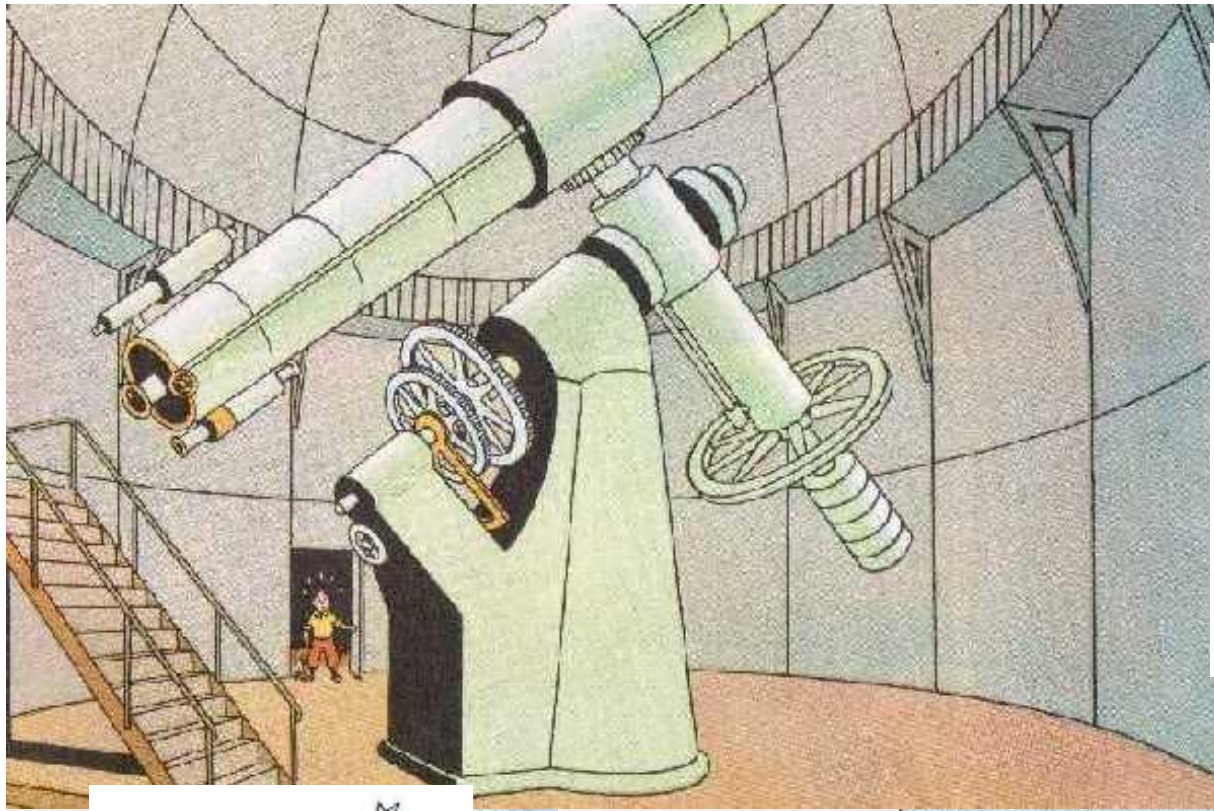
Observatori Yerkes, 40" 1896

prop Chicago

Disseny de grans telescopis:



El telescopi Hooker a Mount Wilson, 1917, 2.5m



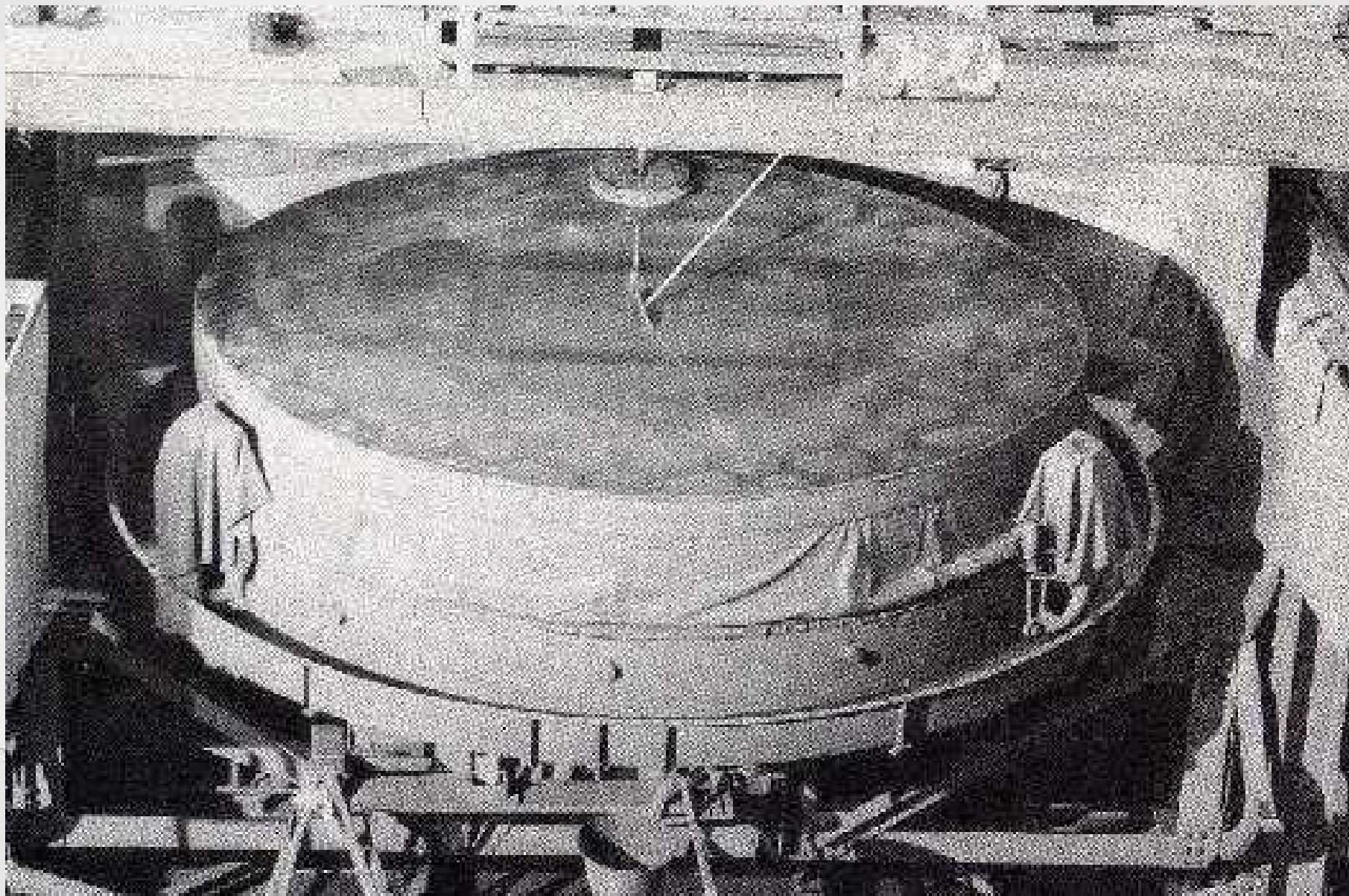
El telescopi Hale a Monte Palomar



El telescopi Hale a Monte Palomar



El primari del telescopi Hale, de 5m



El telescopi Hale a Monte Palomar



El primari del telescopi Hale, de 5m



Bolshoi Teleskop Azimutalnyi de 6m (1976)



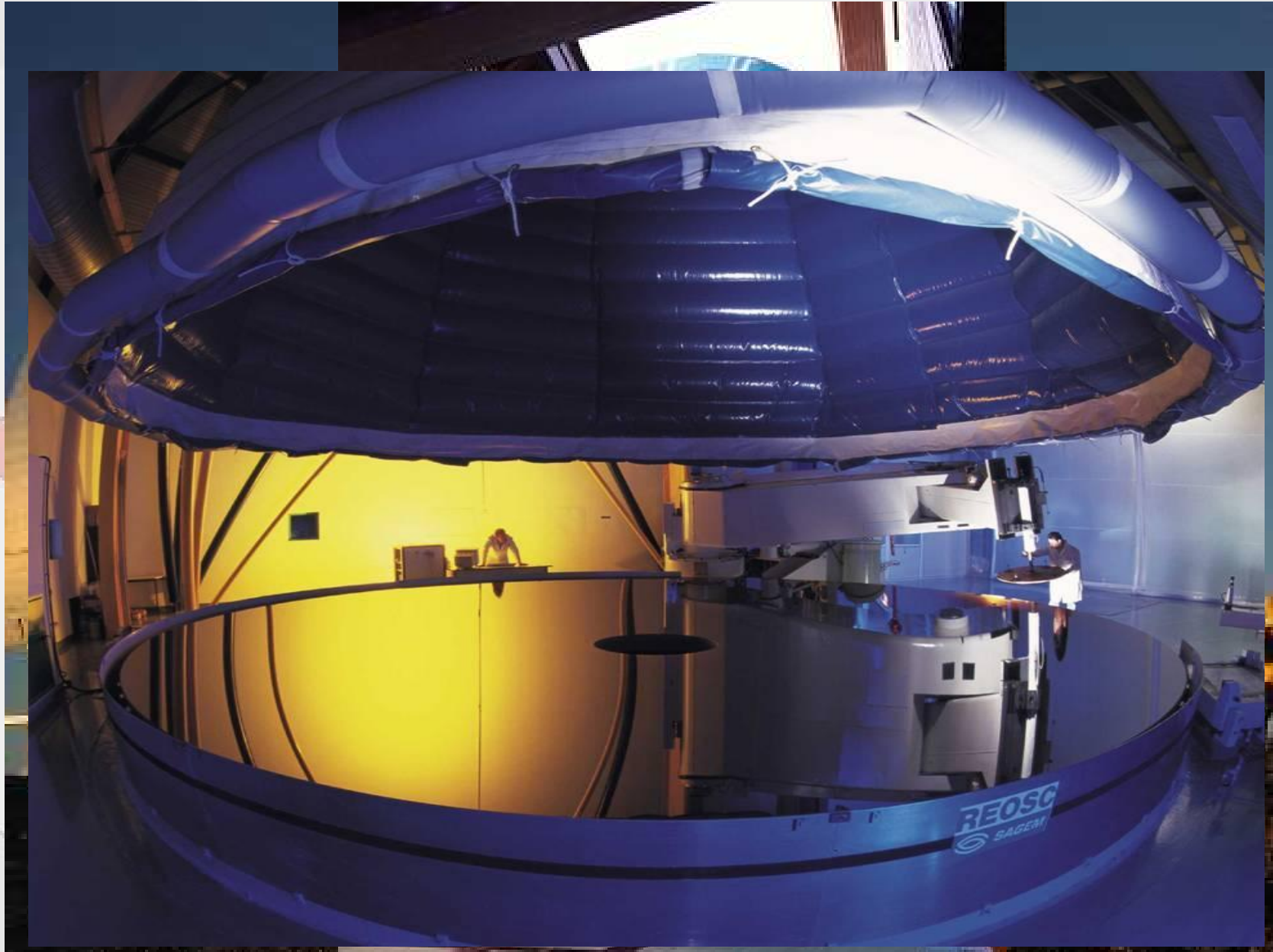
Bolshoi Teleskop Azimutalnyi de 6m (1976)



Altres telescopis, CFH, Hawaii



Telescopi Gemini 8m, Hawaii



Telescopi Subaru 8m, Hawaii



Telescopi VLT, 4X8m, Chile



Altres telescopis, IRT, Hawaii



Altres telescopis, IRTF, Hawaii



Altres telescopis, JCMT, Hawaii

James Clerk Maxwell Telescope (JCMT)
Sub-millimetric facility 15 m diameter antenna



Altres telescopis, solars, Tenerife

Telescopi solar franco-italià
THEMIS I altres al Teide



El mayor telescopio solar del mundo será instalado en Canarias

EL PAÍS, Madrid

El ministro de Educación y Ciencia, Javier Solana, anunció el jueves 18 la próxima instalación del telescopio solar LEST (Large Earth-Based Solar Telescope), el más avanzado del mundo, en el observatorio astrofísico del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma de Gran Canaria.

Solana señaló que la adjudicación a España, el martes 16, de este telescopio por parte del consejo de la fundación LEST, formado por 10 países, supone "la victoria en una batalla científica singular". Por este proyecto pujaba también el Observatorio Astronómico de Hawai (EE UU).

El presupuesto para la construcción de este telescopio, de 2,5 metros de diámetro, es de 5.780 millones de pesetas (aproximadamente 50 millones de dólares) para los próximos ocho años, de los que España aporta el 4,8% (21 millones de pesetas) en una primera fase de diseño y el 14,4% en la fase de construcción (unos 770 millones).

Solana indicó que todos los países de la fundación LEST fi-

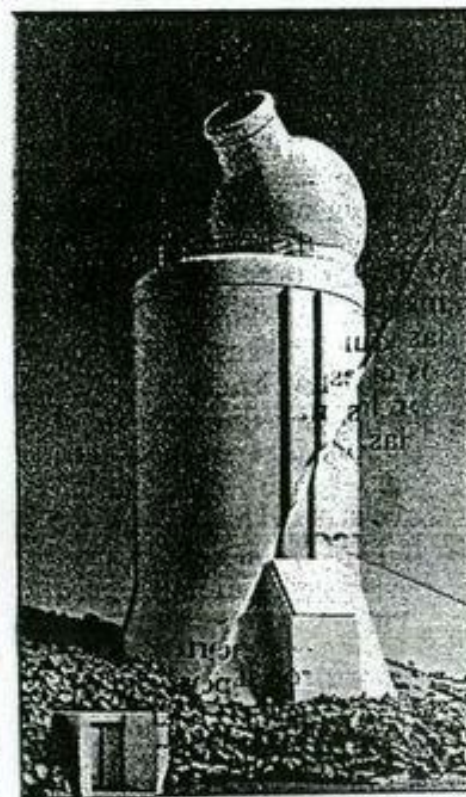
nancian este proyecto, aunque ninguno de ellos puede sobrepasar el 33% del coste total.

Por su parte, el director general del Instituto Astrofísico de Canarias, Francisco Sánchez, dijo que con el LEST se podrán observar cosas inéditas del Sol, como el magnetismo solar, y de otras estrellas.

El telescopio tendrá una resolución espacial de 0,1 puntos de arco y se podrán observar, incluso de noche, puntos en el Sol separados tan solo unos 70 kilómetros. Con el nuevo observador, según explicó Francisco Sánchez, los famosos puntos negros podrán dividirse en dos magnitudes.

Sánchez añade que una de las mayores ventajas de esta adjudicación es que los mejores astrofísicos mundiales pasarán por España y podrán trabajar conjuntamente con los astrofísicos españoles. La fundación LEST la componen los siguientes países: República Federal de Alemania, Australia, China, España, Estados Unidos, Israel, Noruega, Suecia y Suiza.

La adjudicación de este pro-



Maqueta del telescopio LEST.

yecto a España supone el reconocimiento internacional al trabajo desplegado por el Instituto Astrofísico de Canarias para que el cielo canario sea una reserva astrofísica mundial. En este sentido, en 1988, se promulgó la ley del cielo canario por la cual se le protegía de la contaminación atmosférica y lumínica.

Viernes 19 de enero

Altres telescopis: Radio-telescopis



SEST: Diametre 15 m 84 GHz - 147 GHz - La Silla, Chile

Altres telescopis: Radio-telescopis



radio telescopis de 305-metres a Arecibo, Puerto Rico

- La longitud d'ona de les ones de ràdio són llargues. Les plataformes que les reflecten han de ser molt grans per tal d'assolir una resolució raonable.

Radio-telescopi en construcció



Radio Interferòmetres



Per a augmentar la resolució angular

Altres telescopis, Interferòmetres, Hawaii



Telescopi Hubble a l'espai

Va ser llançat el 1990; Es va descobrir que la seva lent s'havia polit incorrectament i les imatges eren borroses!

El 1993 es van instal·lar unes "lents de contacte", COSTAR.

(Actualment els instruments del Hubble porten òptiques correctives.)



Abans del COSTAR

.. i després

Obertura del mirall primari : 2.4 m

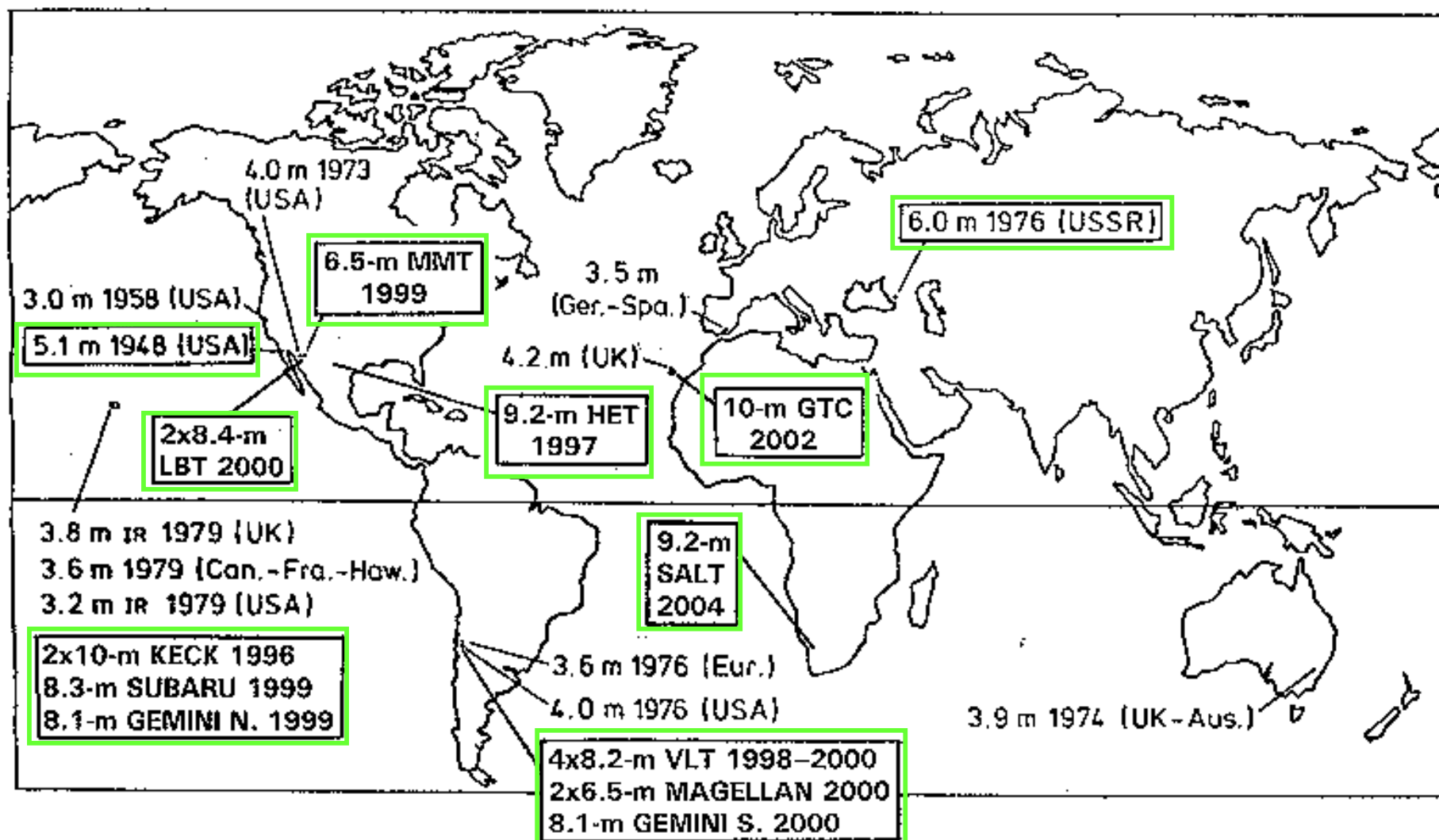
Massa del mirall primari : 828 kg



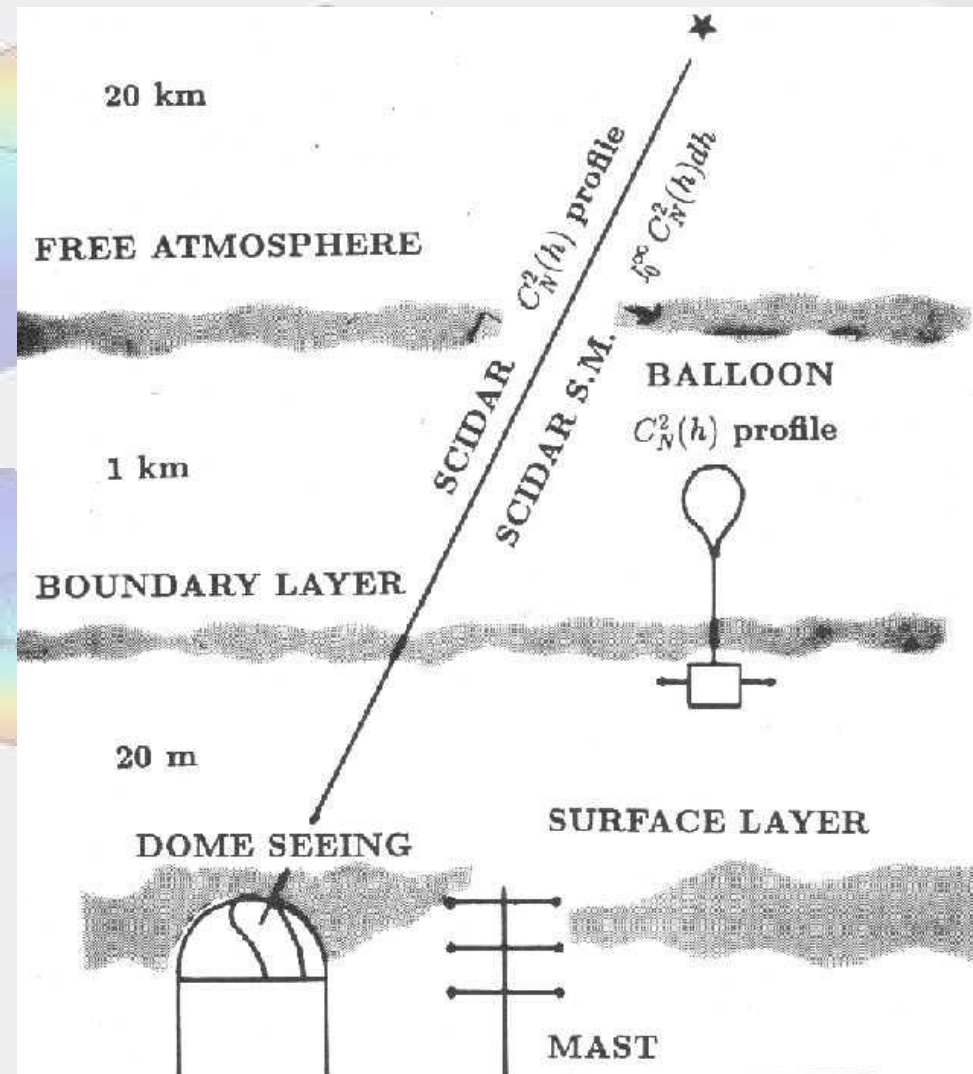
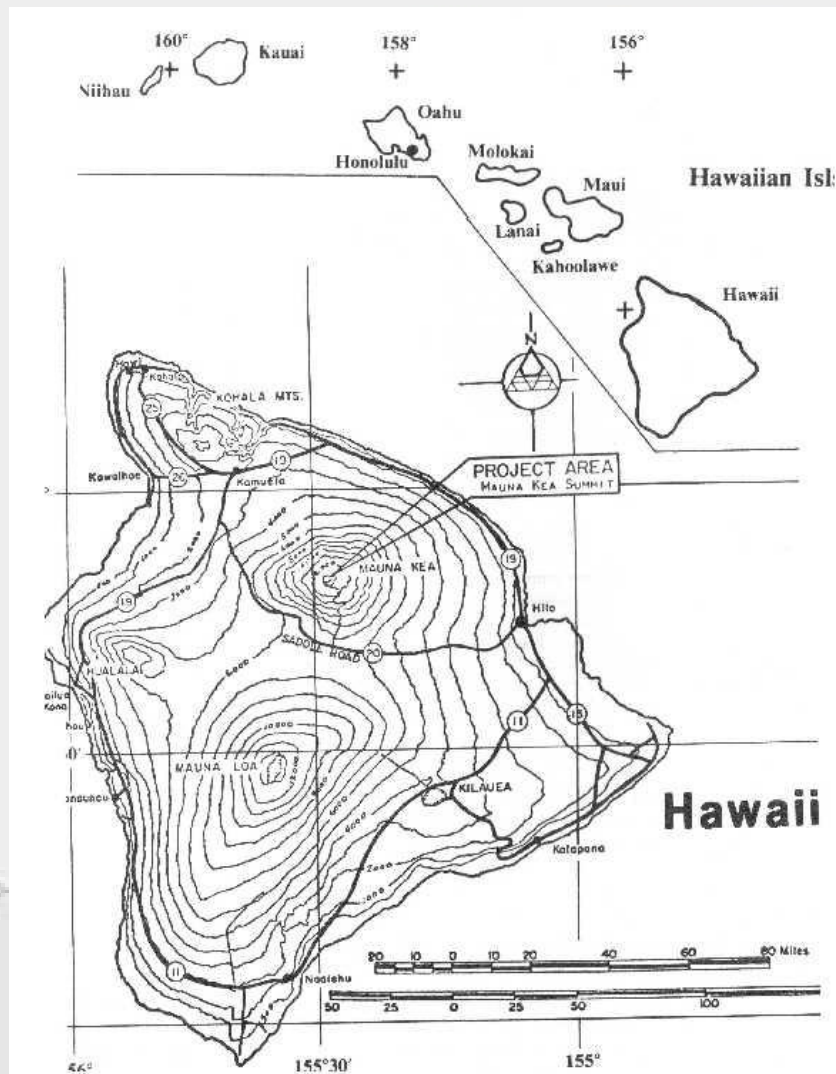
Guió

- Introducció:
 - Què és un telescopi
 - Conjunt de radiacions a l'Univers
 - Un xic d'història
- Els reptes científics
 - Els grans telescopis òptics
 - Altres telescopis
- Els reptes tecnològics
 - Els telescopis Keck i GTC
 - Estructura interna i de control
- Altres reptes
 - On són els límits?
 - Conclusions

Límits físics i límits tecnològics. Emplaçament dels telescopis (2005)



Límits físics i límits tecnològics. Emplaçament dels telescopis (2005)



L'illa gran de Hawaii



L'emplacement de Mauna Kea



L'emplacement de Mauna Kea



L'emplacement de Mauna Kea



L'emplacement de Mauna Kea



Els telescopis Keck a Mauna Kea



Els telescopis Keck a Mauna Kea



Els telescopis Keck a Mauna Kea



Els telescopis Keck a Mauna Kea



Els telescopis Keck a Mauna Kea



Els telescopis Keck a Mauna Kea



Els telescopis Keck a Mauna Kea



Els telescopis Keck a Mauna Kea

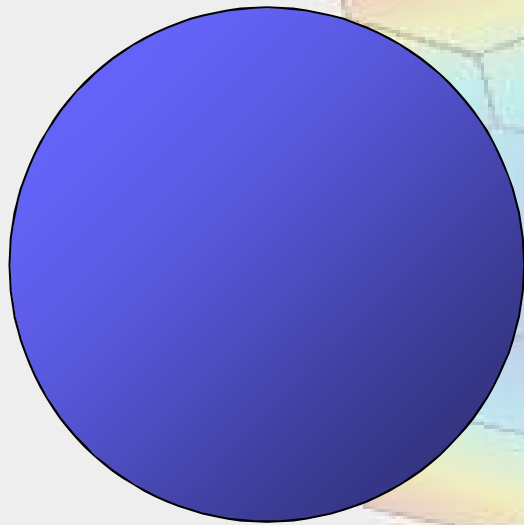


Els grans telescopis òptics

Nombre ☒	Diàmetre ☒	País ☒	Lugar ☒	Año de construcción ☒
Gran Telescopio Canarias (GTC)	10.4 m	España	La Palma, Canarias	2007
Keck 1	9.8 m	Estados Unidos	Mauna Kea, Hawái	1993
Keck 2	9.8 m	Estados Unidos	Mauna Kea, Hawaii	1996
Southern African Large Telescope (SALT)	9.5 m	Sudáfrica, Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Polonia, Nueva Zelanda	Sutherland, Sudáfrica	2005
Hobby-Eberly Telescope (HEB)	9.2 m	Estados Unidos, Alemania	Mt Fowlkes, Texas	1997
Large Binocular Telescope (LBT)	2x8.4 m	Italia, Estados Unidos, Alemania	Mt Graham, Arizona	2004
Subaru Telescope (NLT)	8.3 m	Japón	Mauna Kea, Hawaii	1999
VLT 1 (Antu)	8.2 m	Países de la ESO	Cerro Paranal, Chile	1998
VLT 2 (Kueyen)	8.2 m	Países de la ESO	Cerro Paranal, Chile	1999
VLT 3 (Melipal)	8.2 m	Países de la ESO	Cerro Paranal, Chile	2000
VLT 4 (Yepun)	8.2 m	Países de la ESO	Cerro Paranal, Chile	2001
Gemini North	8.1 m	Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Argentina, Chile, Australia, Brasil	Mauna Kea, Hawaii	1999
Gemini South	8.1 m	Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Argentina, Chile, Australia, Brasil	Cerro Pachón, Chile	2001
Multiple Mirror Telescope (MMT)	6.5 m	Estados Unidos	Mt Hopkins, Arizona	1999
Magellan 1 (Walter Baade)	6.5 m	Estados Unidos	Las Campanas, Chile	2000
Magellan 2 (Landon Clay)	6.5 m	Estados Unidos	Las Campanas, Chile	2002
BTA-6	6 m	Rusia	Mt Pastoukhov, Cáucaso	1976
LZT	6 m	Canadá, Francia	Maple Ridge, British Columbia	2003
Hale Telescope	5 m	Estados Unidos	Mt Palomar, California	1948

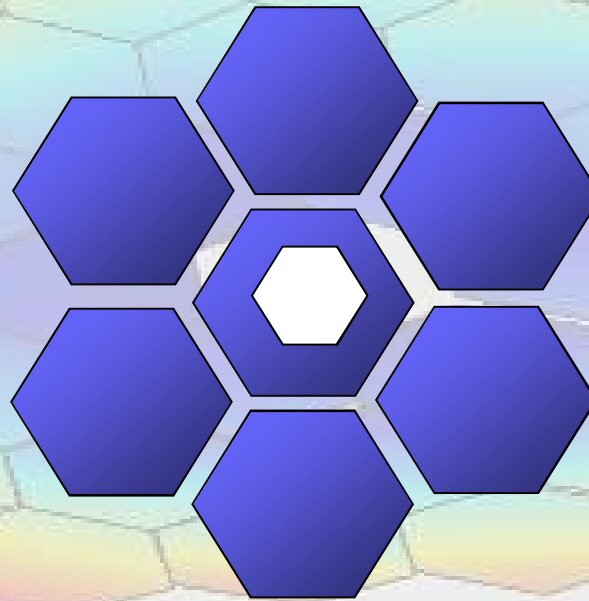
Tipus de primaris

Monolític



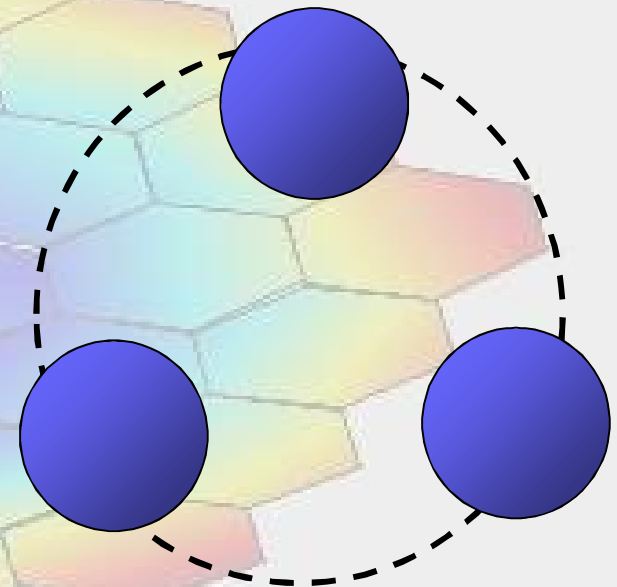
Exemples:
Palomar,
Subaru, ...

Segmentat



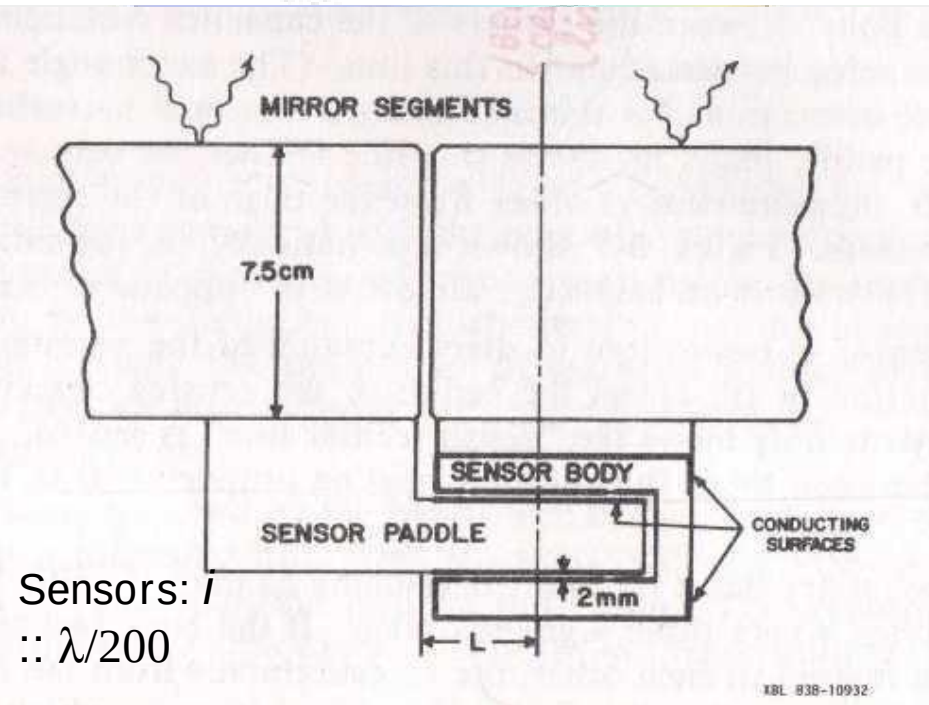
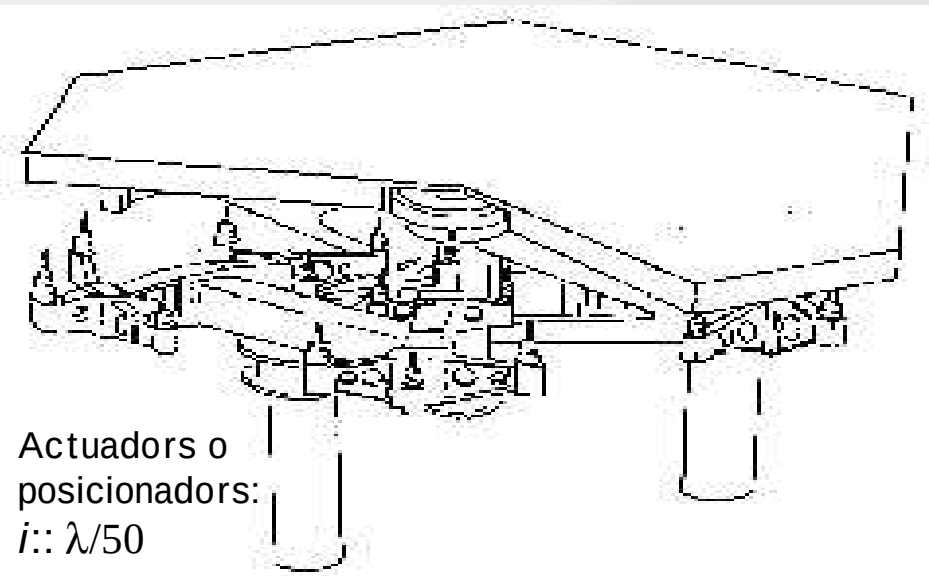
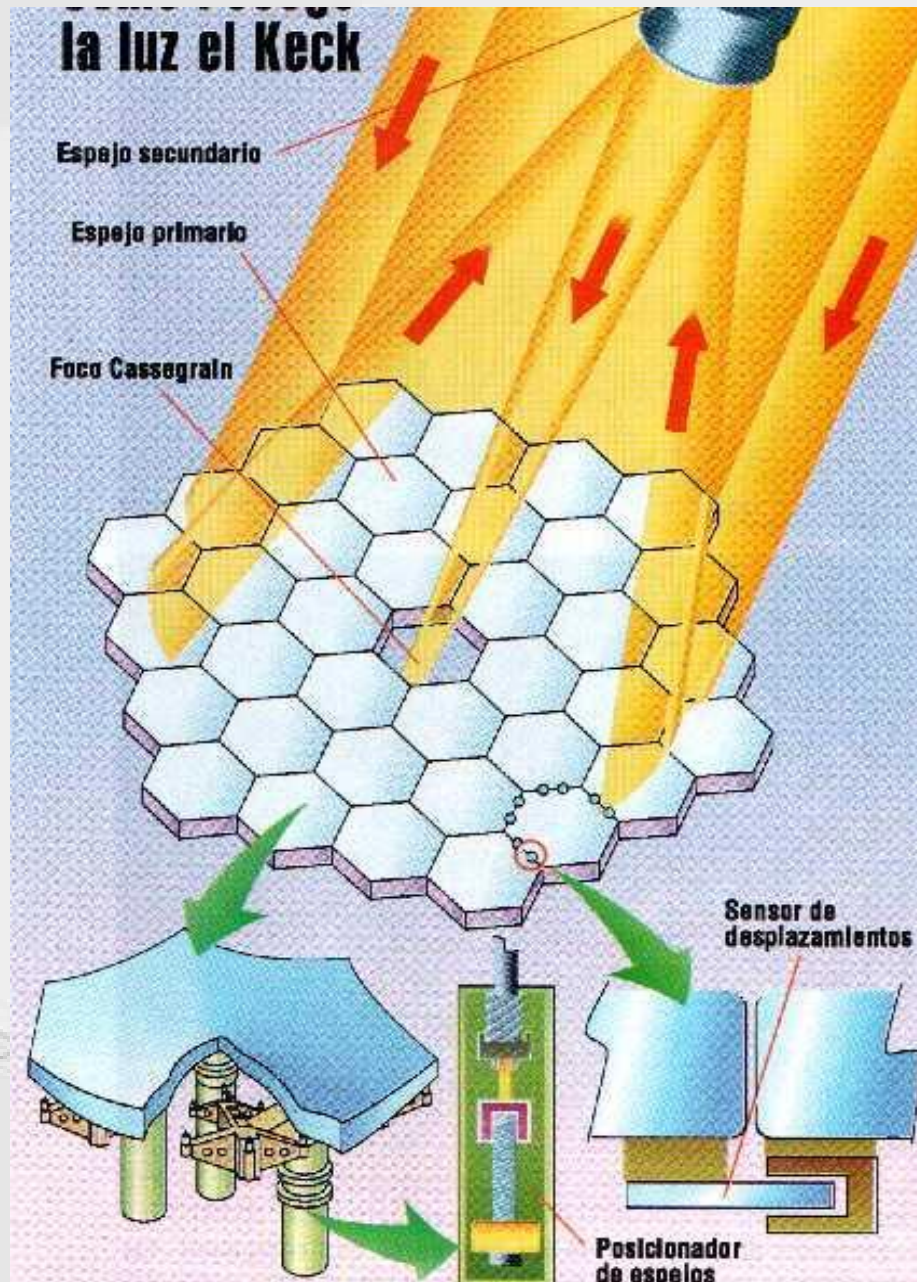
Exemples:
WMK, MMT, HET,

Espaiats



Exemples:
SIM, VLT

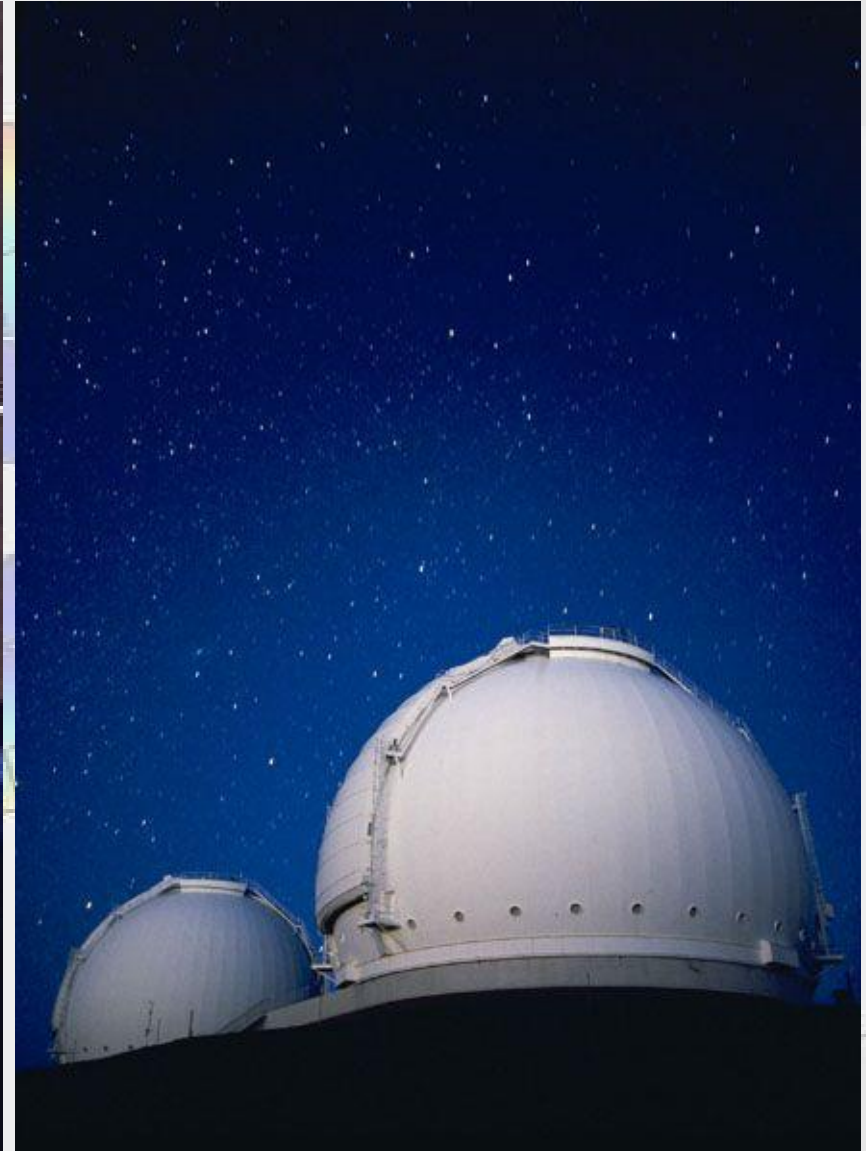
El primari segmentat del Keck



Els primaris del Keck



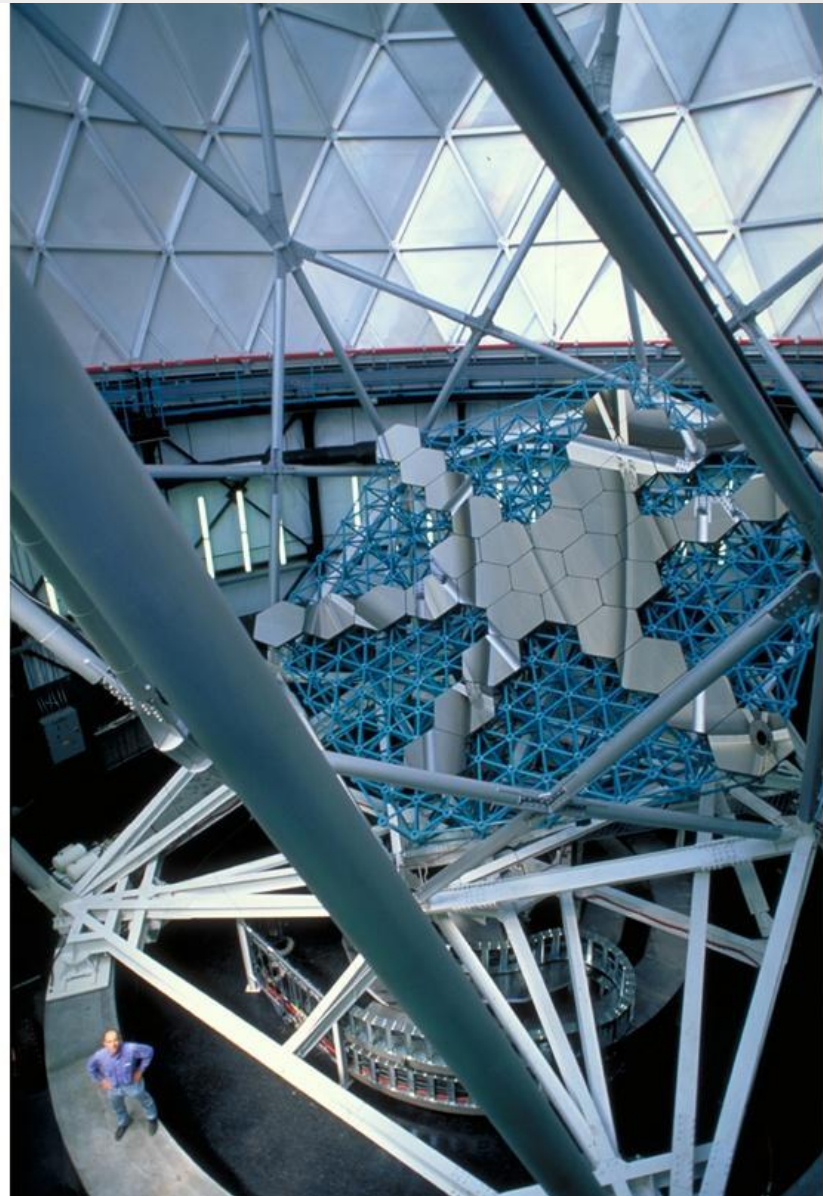
El primari del Keck



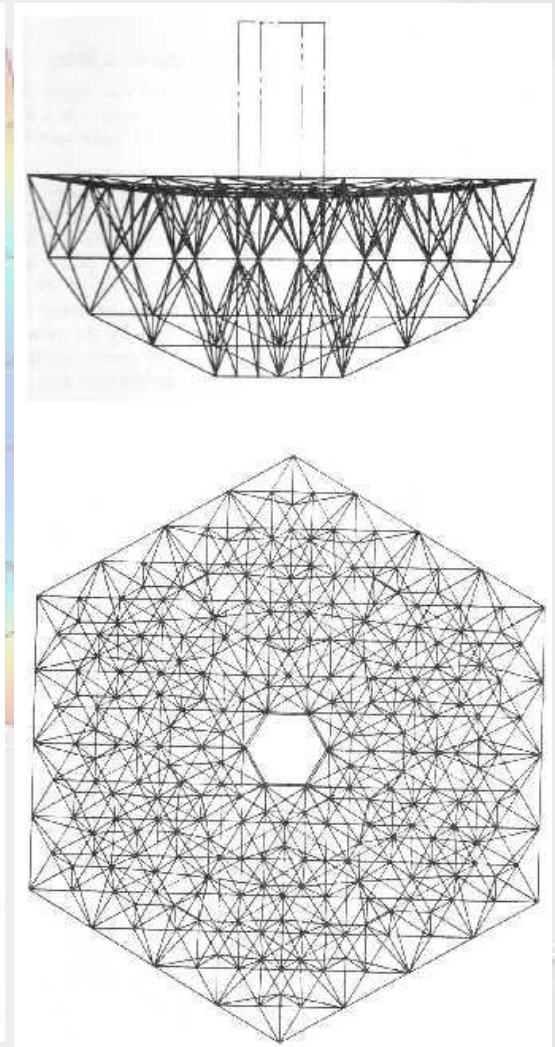
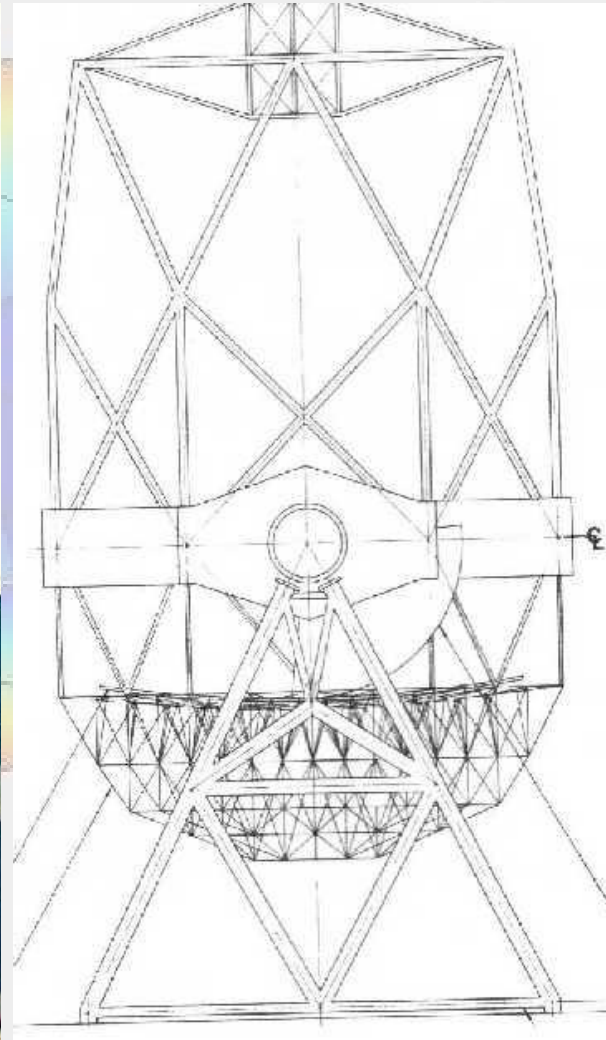
El telescopi HET

Telescope Hobby-Eberly
(1997)

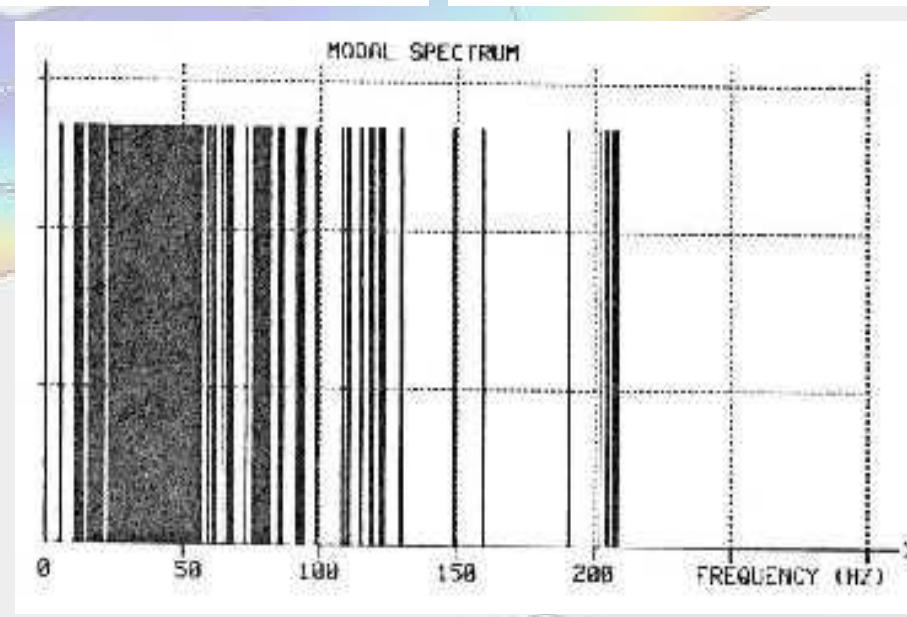
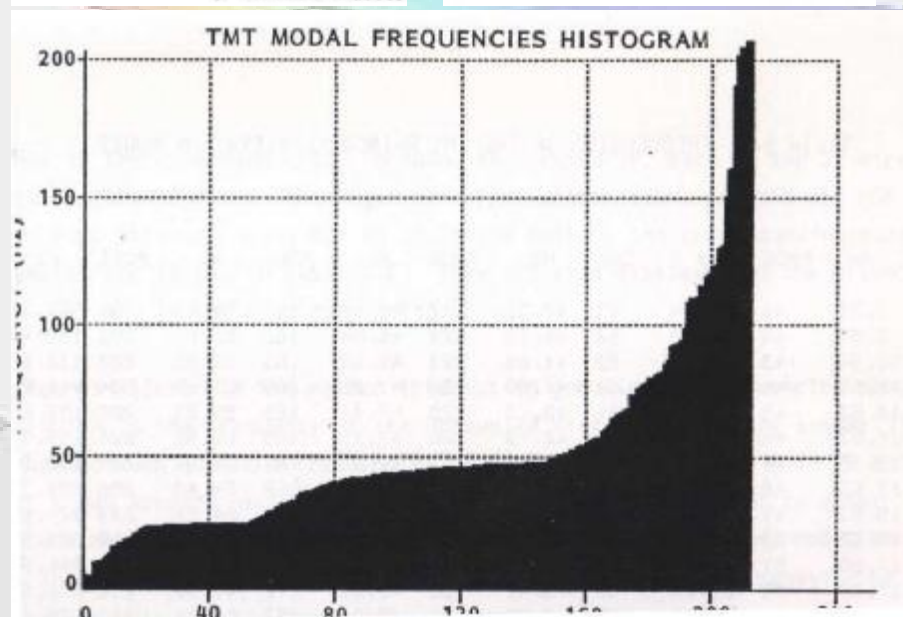
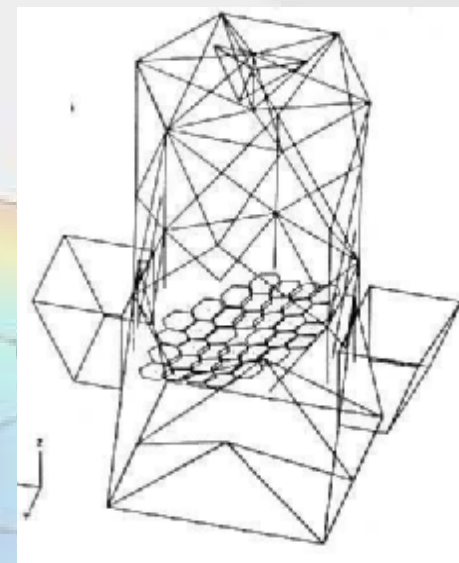
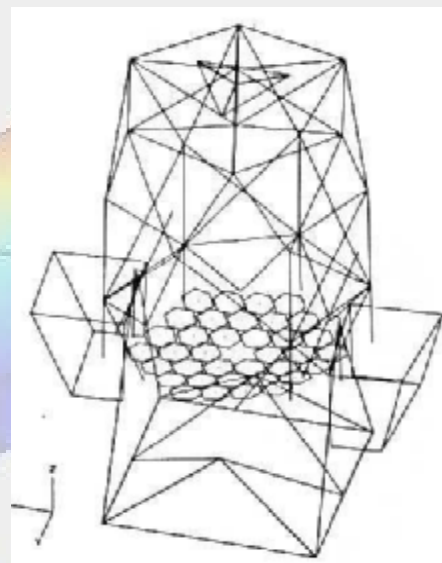
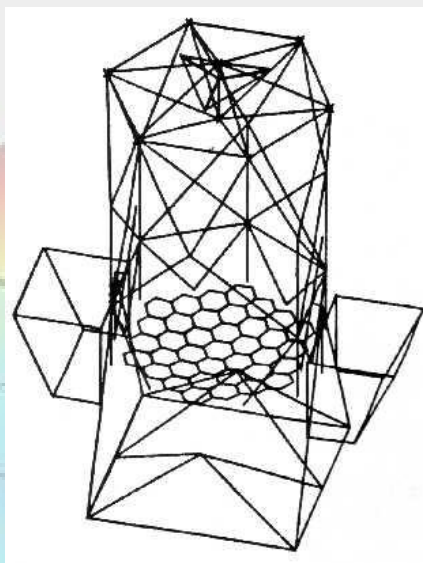
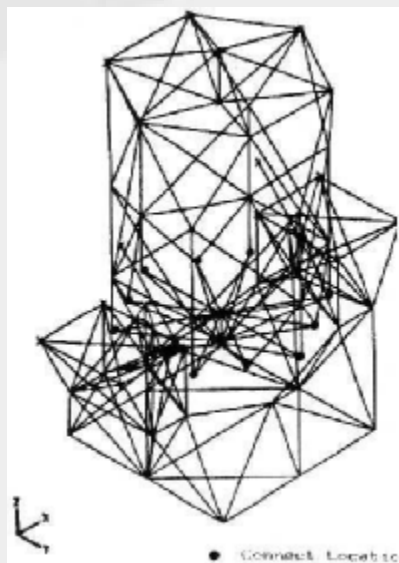
- Apertura de 9.2 m
- Segmentat amb 91 segments hexagonals
- McDonald Observatory
- Austin, Texas



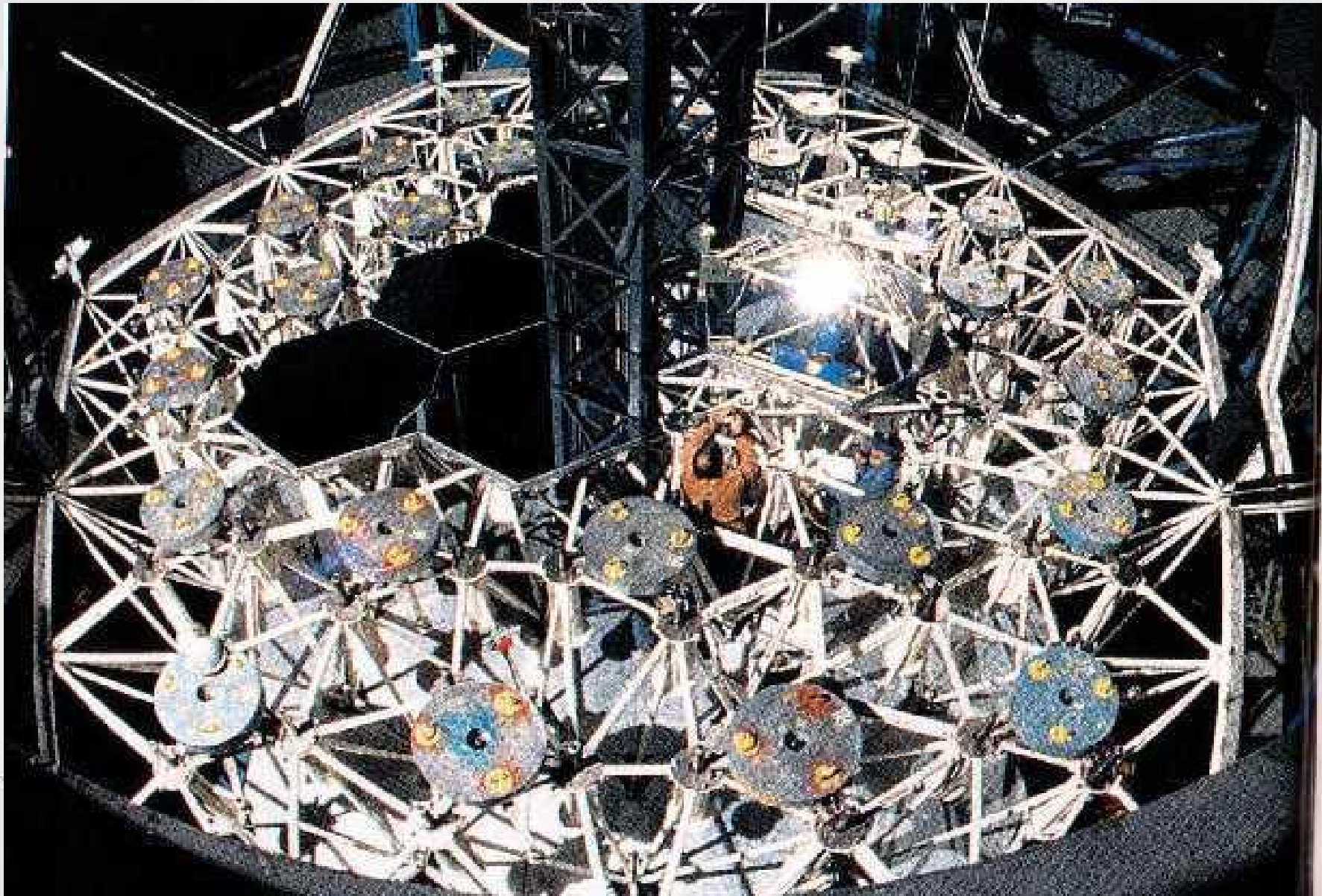
Estructura de l'enreixat de suport



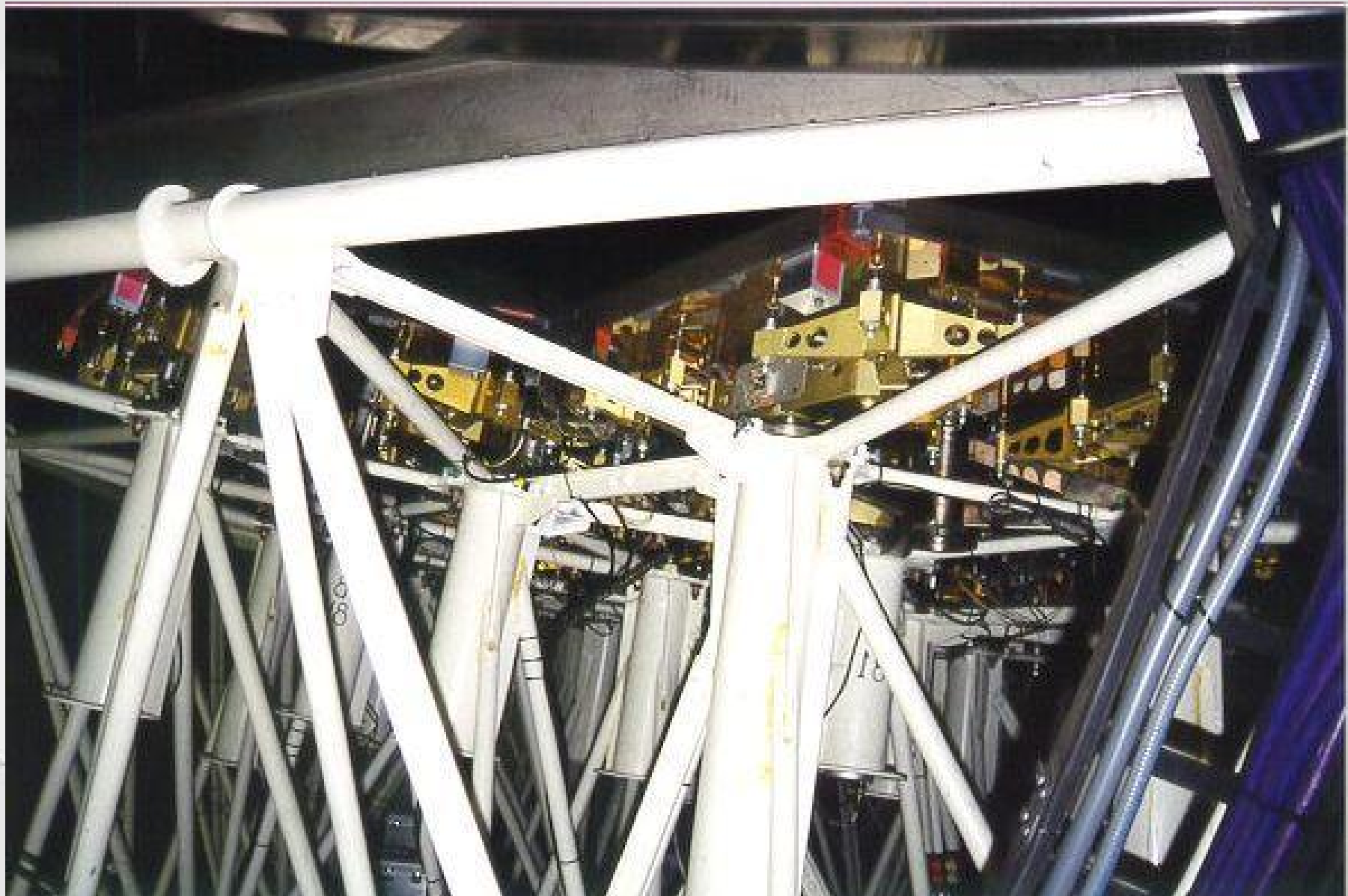
Modes d'oscil·lació del Keck



Estructura de suport del primari



Estructura de suport del primari

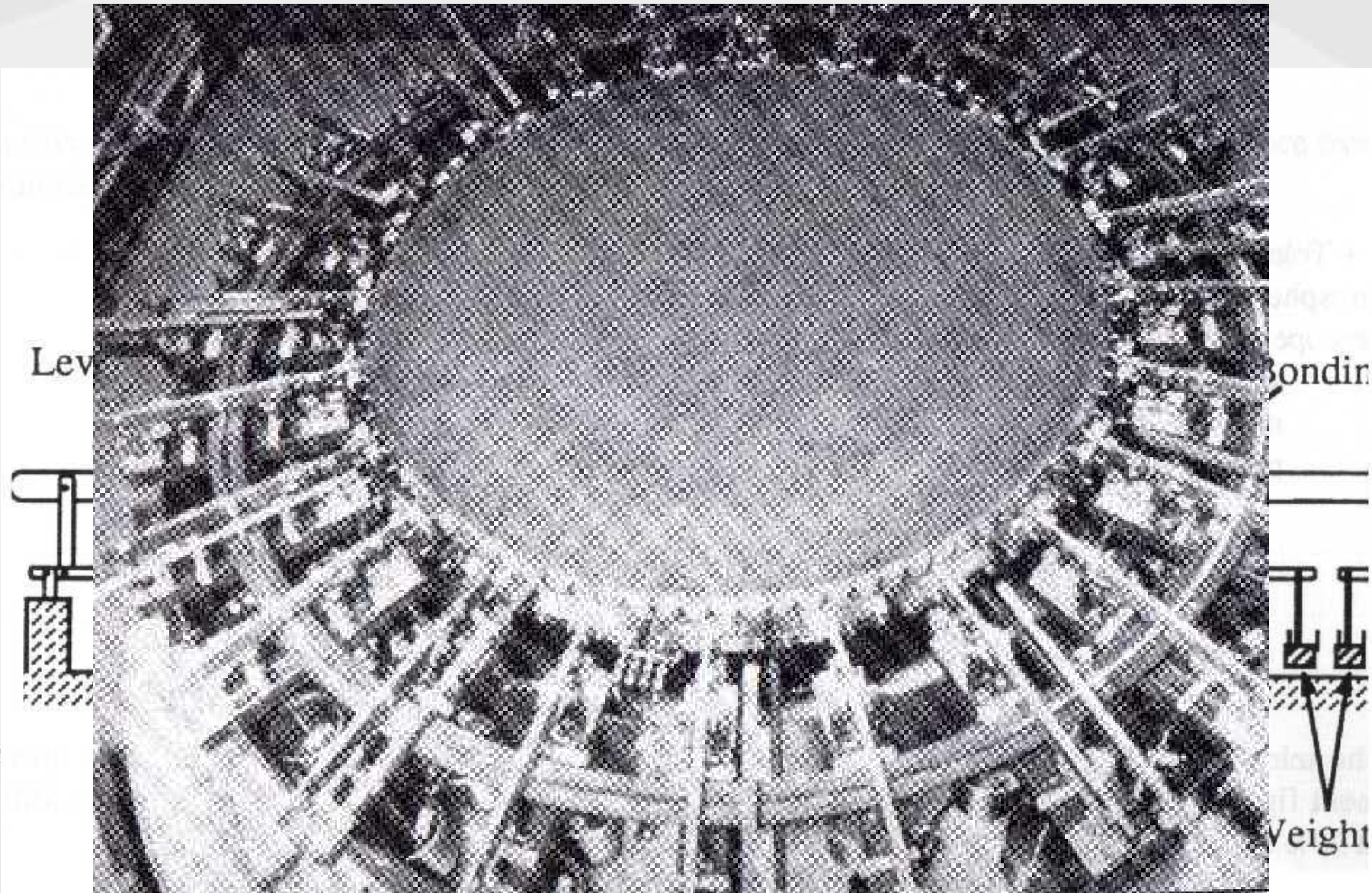


Jerry Nelson, dissenyador del Keck

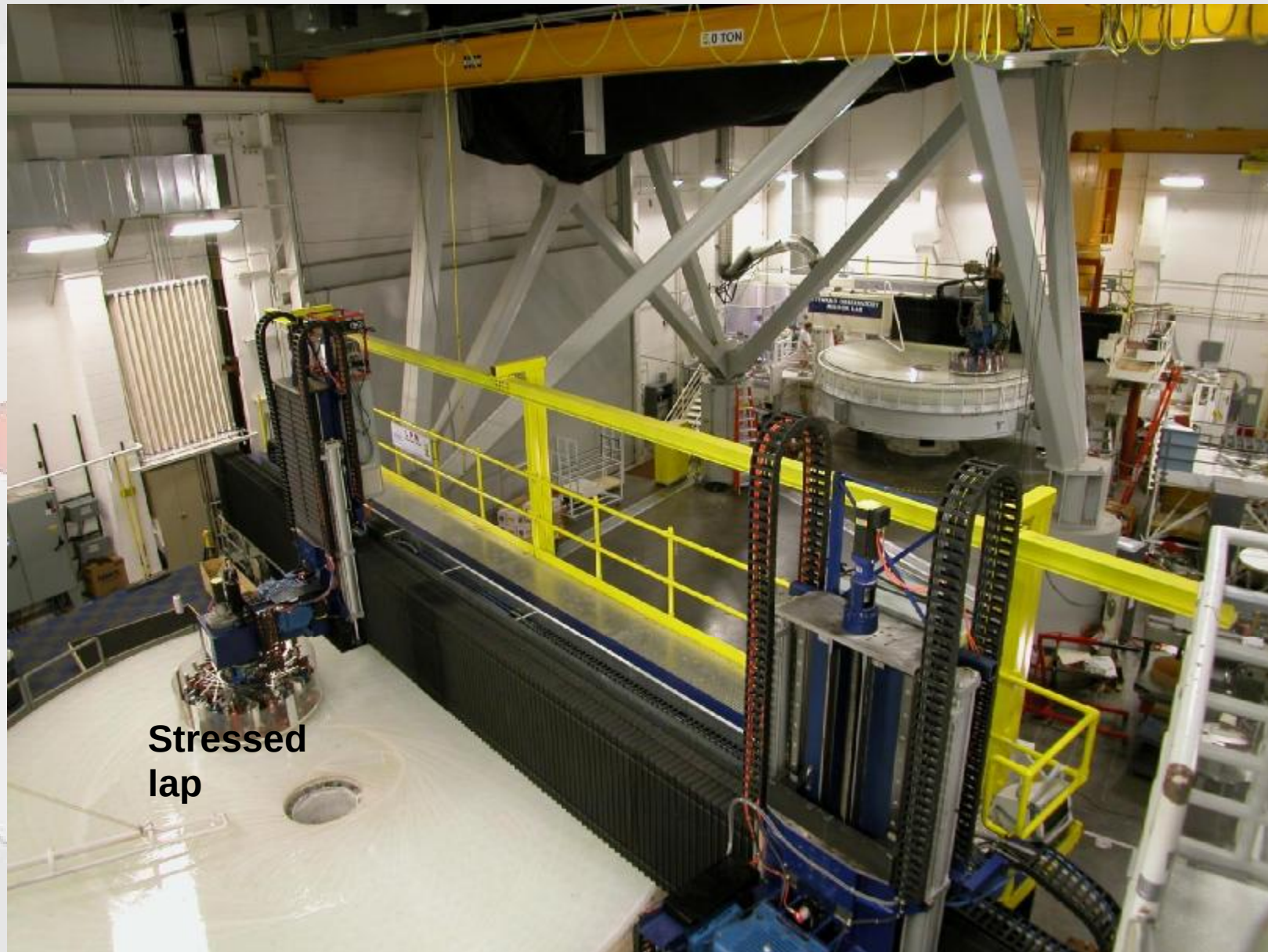




Procediment de polit dels segments



Procediment de polit dels segments

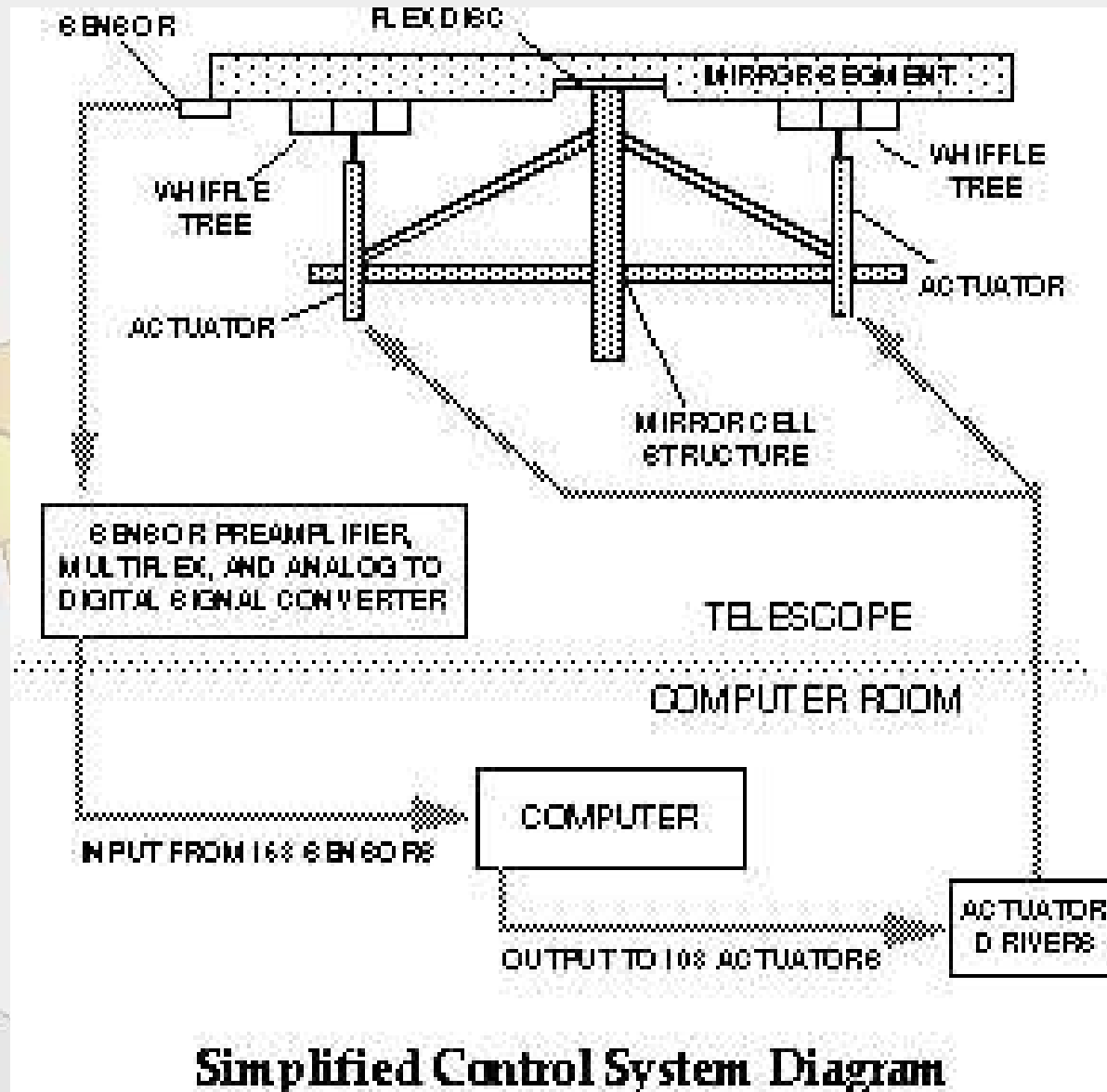


Stressed
lap

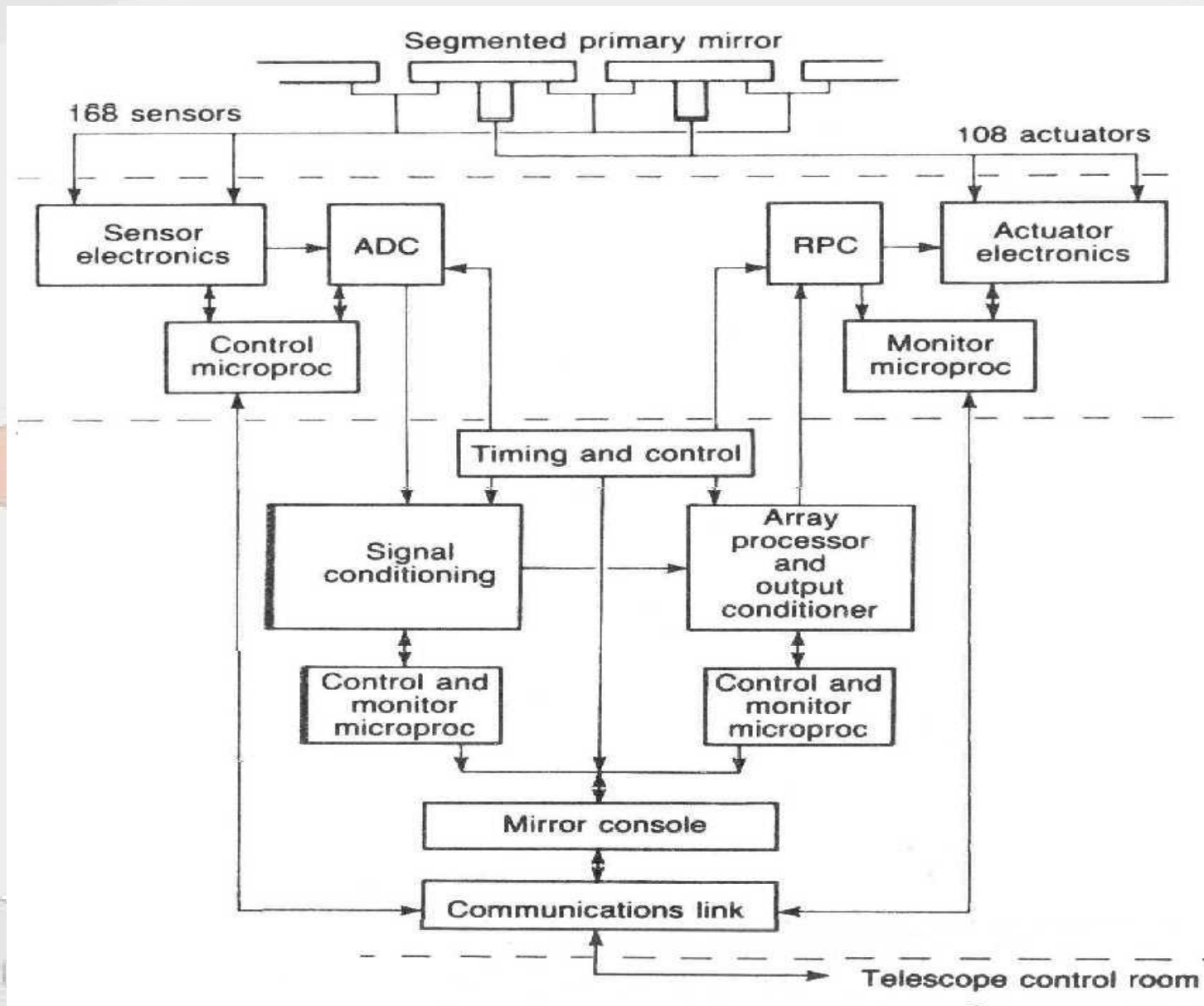
Instrumentació al Keck



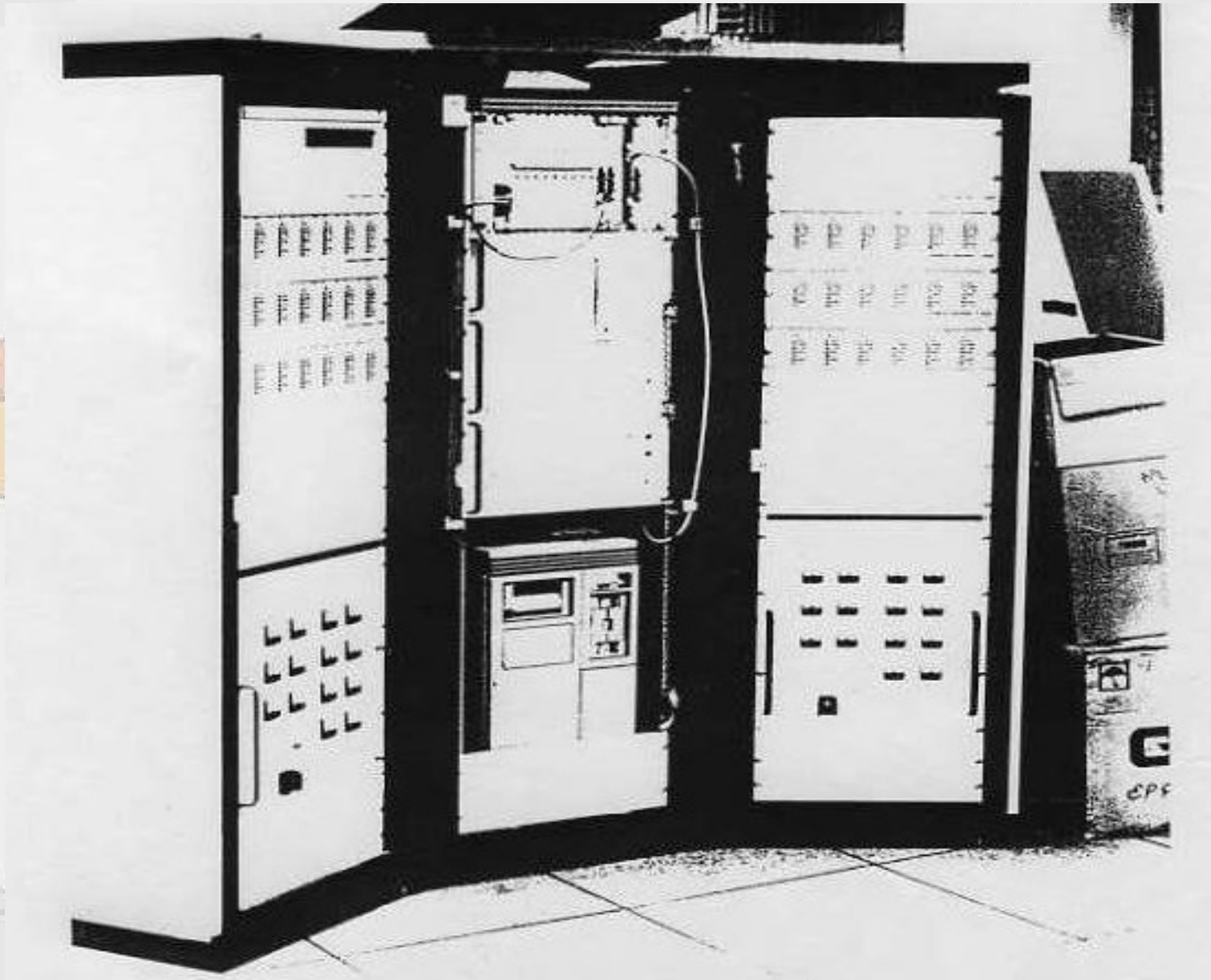
Arquitectura del sistema de control, Keck



Arquitectura del sistema de control, Keck

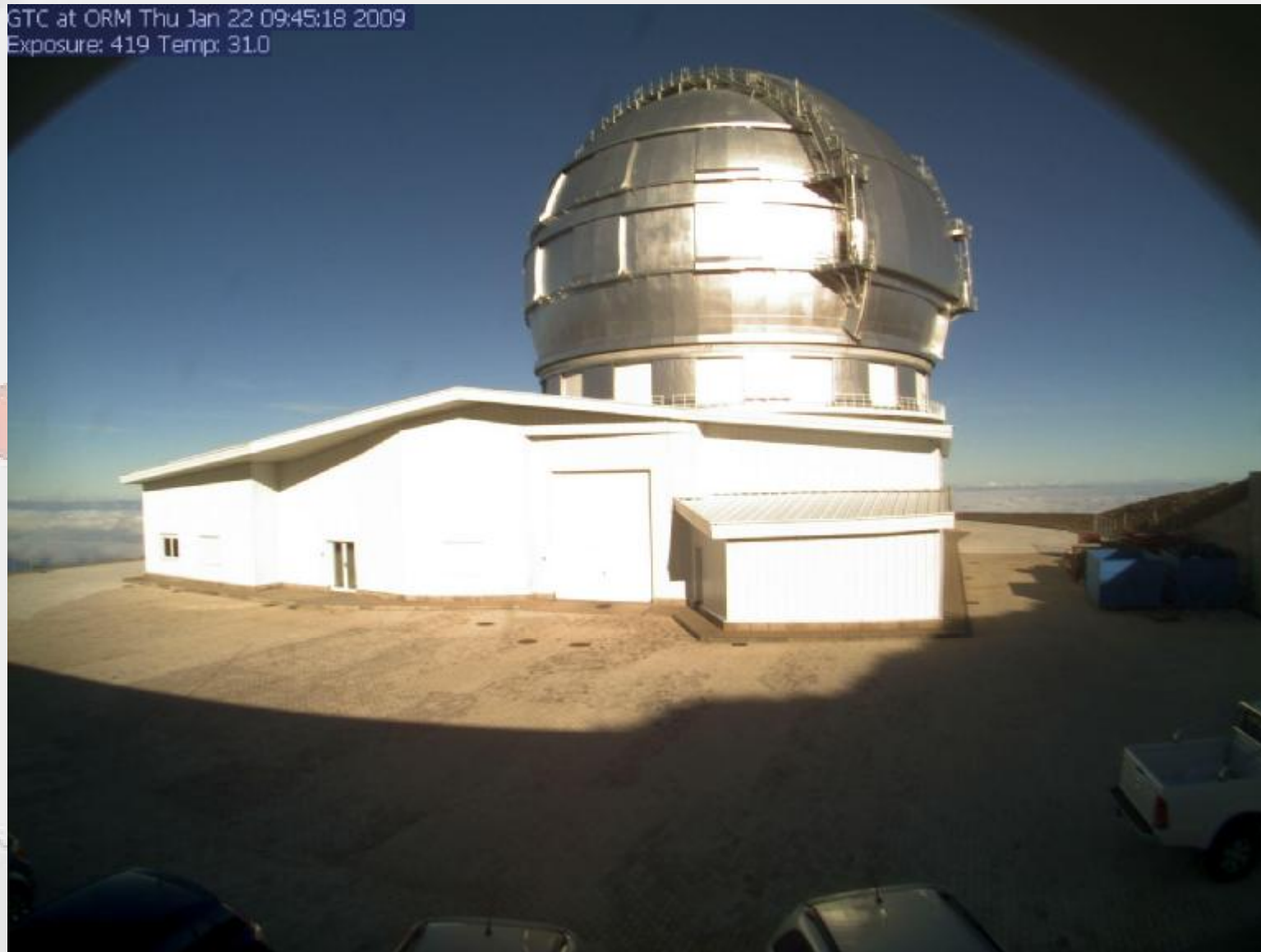


Armaris del Active Control System, Keck



El Gran Telescopi Canàries, GTC

GTC at ORM Thu Jan 22 09:45:18 2009
Exposure: 419 Temp: 31.0



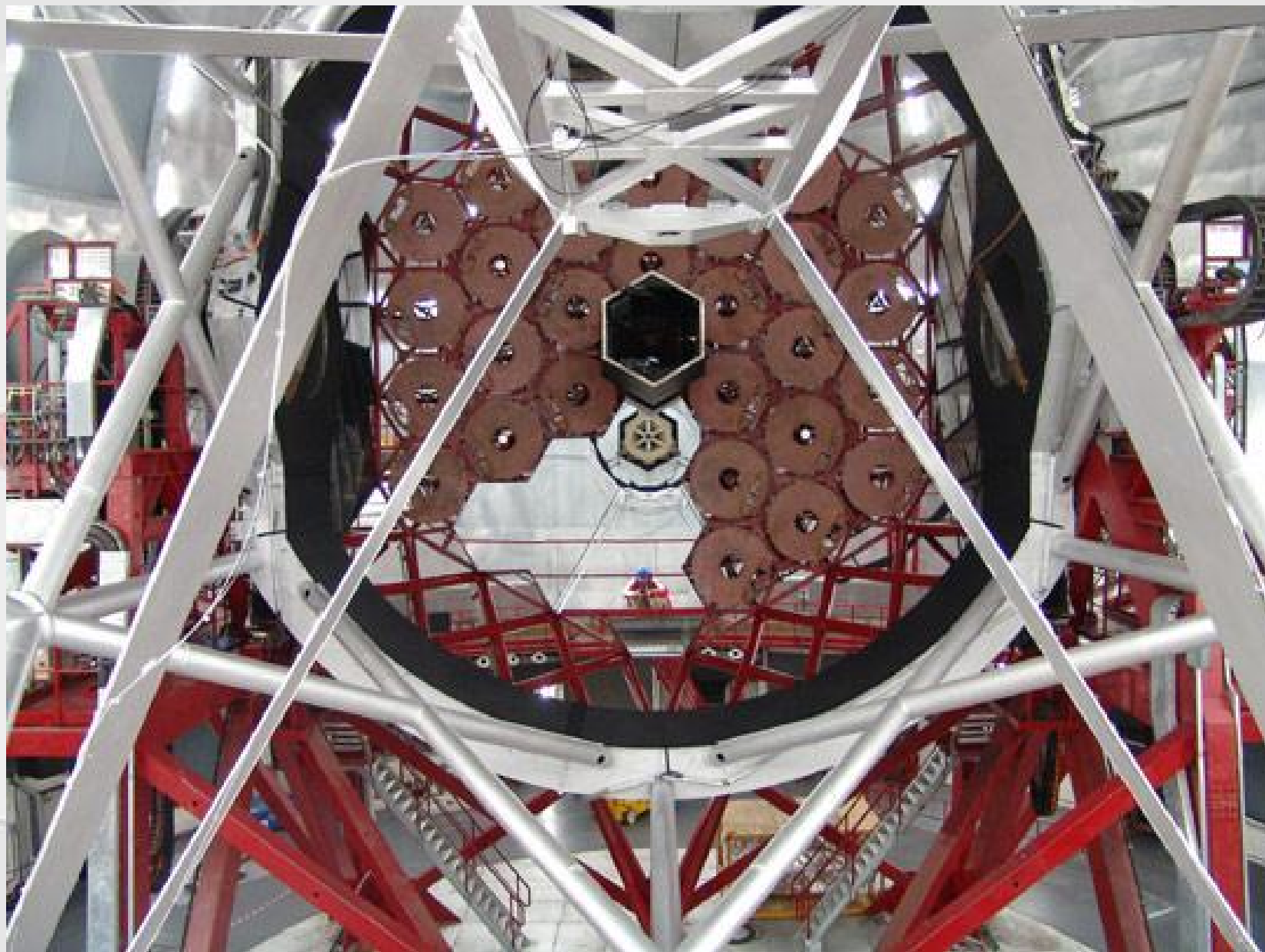
El Gran Telescopi Canàries, GTC



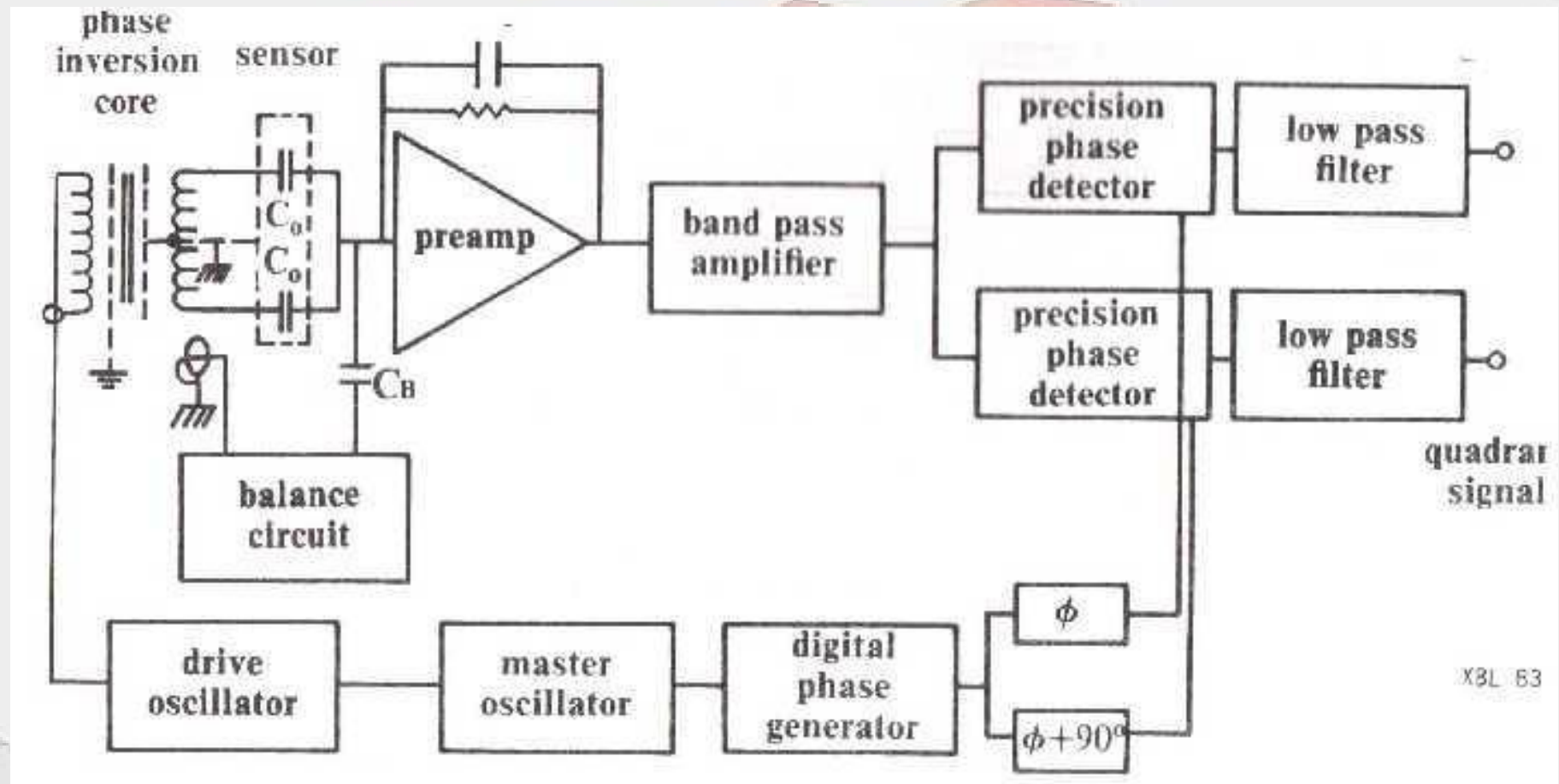
El Gran Telescopi Canàries, GTC



El Gran Telescopi Canàries, GTC



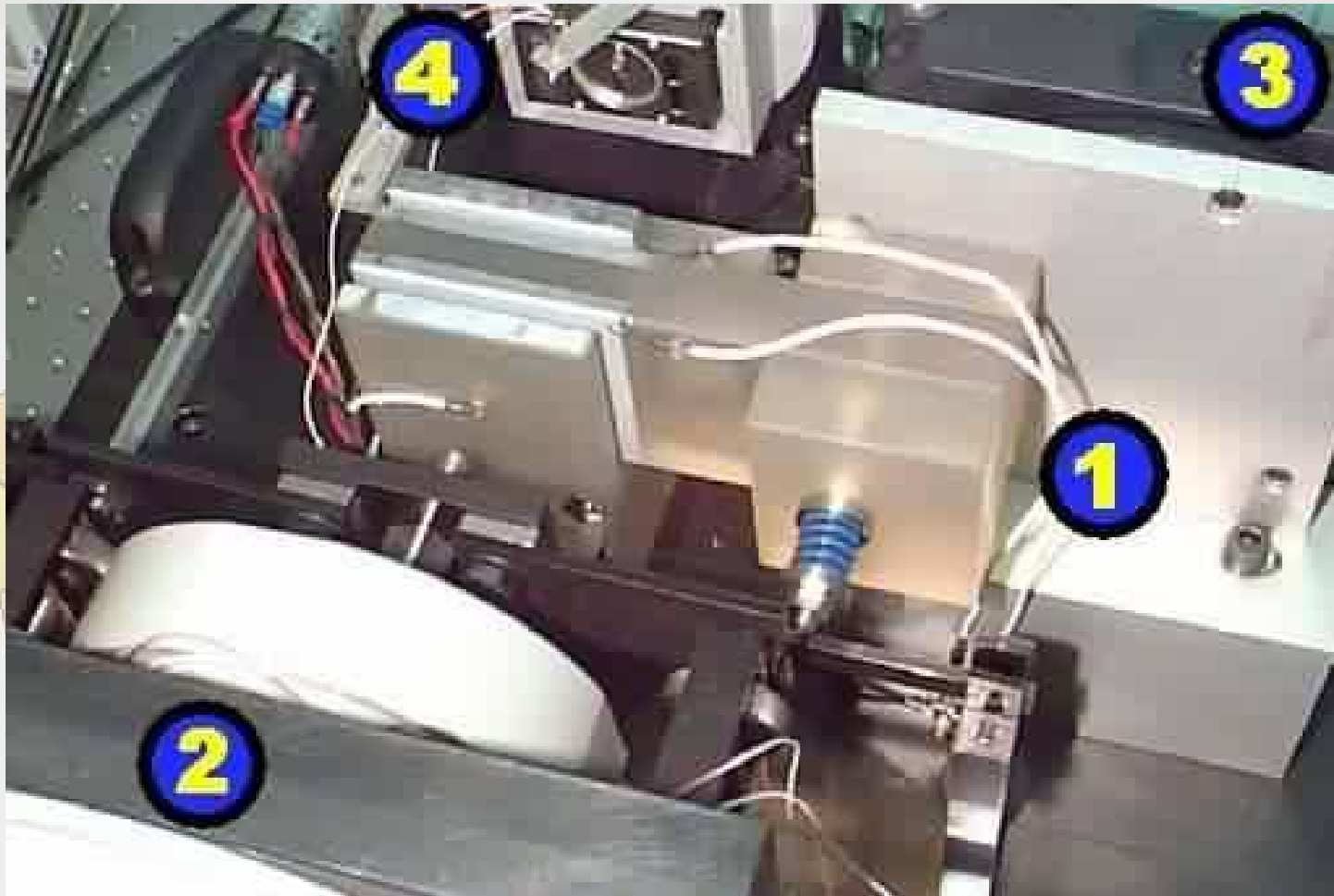
Electrònica diferencial del sensor



The position sensor characteristics

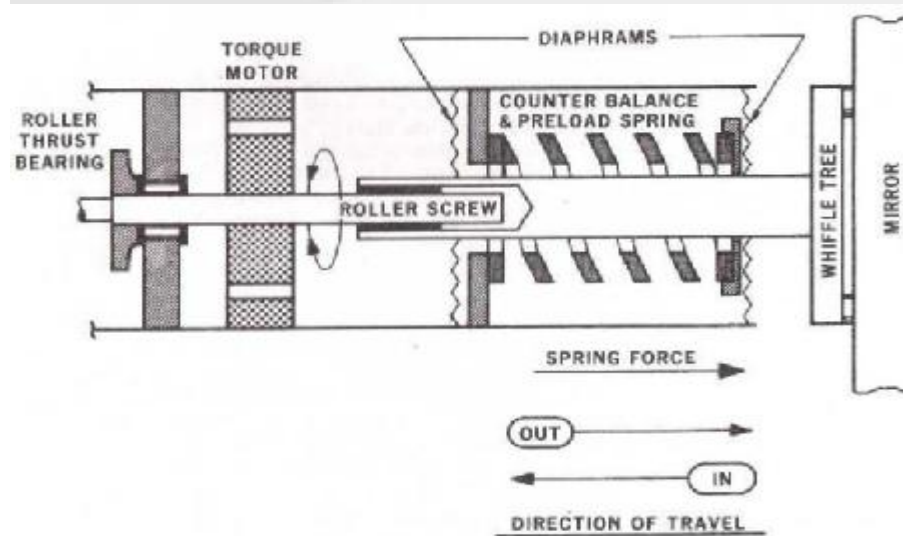
- * Selectionable measurement gain in operational and alignment mode. The selection of the functional mode to be remote controlled.
- * Travel range: $\pm 4\text{mm}$
- * Range of measurement: $\pm 6\mu\text{m}$ in operation mode, $\pm 2\text{mm}$ in alignment mode
- * Offset adjustment: $\pm 200\mu\text{m}$. Remote controlled.
- * Reading noise: 3nm r.m.s. in a bandwidth of 25 Hz
- * Measurement accuracy: $<9.5\text{ nm}$ r.m.s.
- * Thermal drift $< 2.5\text{ nm/K}$. Repeatable in 10%.
- * Calibration error of axial gravitatory deformation: 5nm r.m.s.
- * Sensitivity to lateral movements: $<60\text{nm}$ for lateral displacements of 0.4mm
- * Temporary drift. $<7\text{nm}$ r.m.s. in 30 days
- * Operating temperature: between -10°C and $+30^{\circ}\text{C}$
- * Analog-digital conversion speed : 100Hz
- * Power dissipation in the sensor element: $<40\text{mW}$
- * Weight per sensor: 0.8 Kg
- * Cable length between the sensor and the node box: $> 3\text{m}$
- * The sensor design should permit the easy extraction of the segments

Detailed view of the sensor:

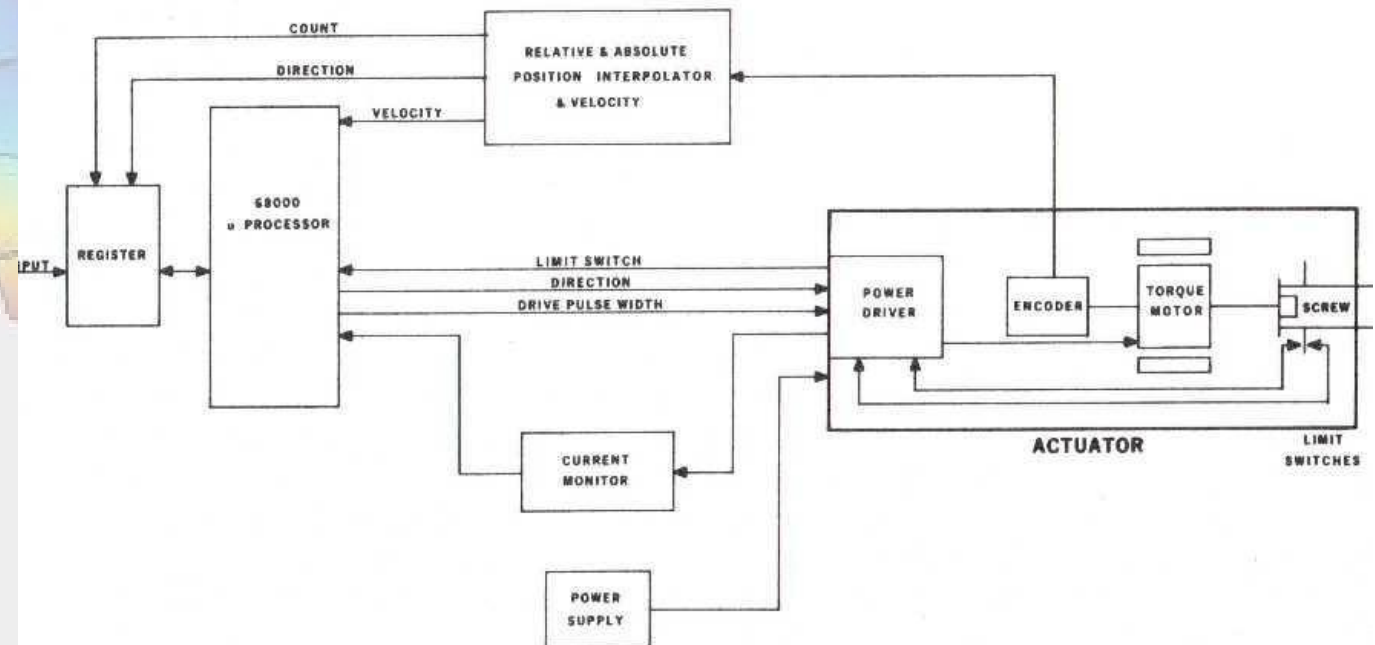


- (1) Positional sensor mounted on the testing bench.
- (2) Actuator head which moves the positional sensor plates.
- (3) Positional sensor fixed plates' support.
- (4) Interferometric laser system for auxiliary measurements.

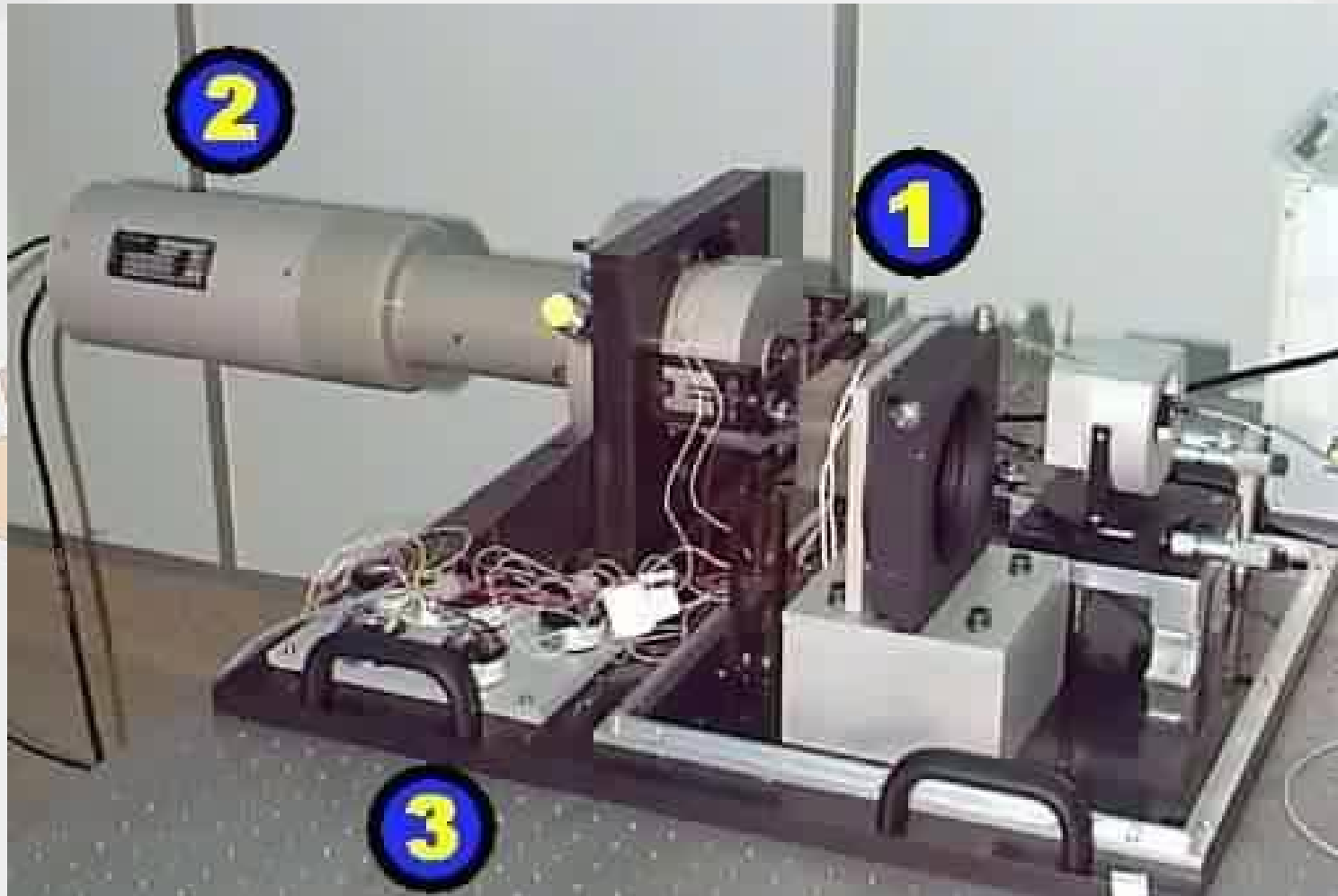
El sistema actuador - posicionador



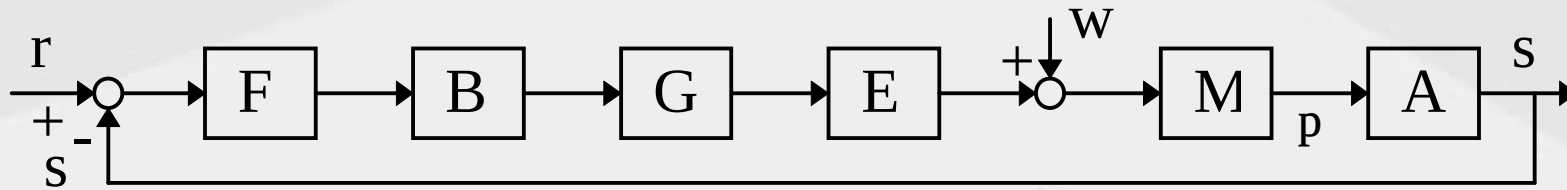
BLOCK DIAGRAM OF ACTUATOR ELECTRONICS



The testing bench:



- (1) Positional sensor mounted on the testing bench.
- (2) Actuator section which moves the positional sensor plates.
- (3) Testing bench.



- Sistema en anell tancat: $\mathbf{s}^T = [\mathbf{I} + \mathbf{A}\mathbf{M}\mathbf{E}\mathbf{G}\mathbf{B}\mathbf{F}]^{-1} \mathbf{A}\mathbf{M}\mathbf{E}\mathbf{G}\mathbf{B}\mathbf{F} \mathbf{c}^T$

$$\mathbf{p} = \bar{\mathbf{B}} (\mathbf{s}^m - \mathbf{s}^d)$$

where

$$\mathbf{s}^m - \mathbf{s}^d = \mathbf{A} \mathbf{p}$$

$$\mathbf{s}^m = \begin{bmatrix} s_1 \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ s_{171} \end{bmatrix}$$

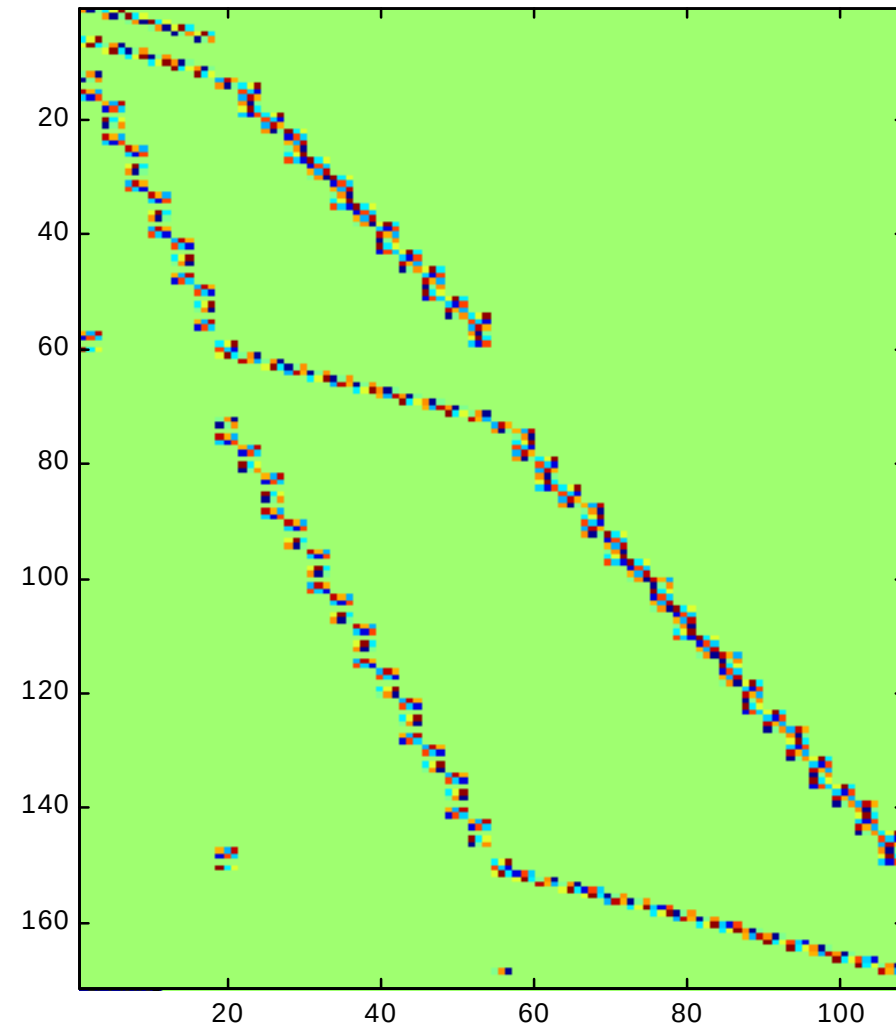
$$\mathbf{s}^d = \begin{bmatrix} s_1 \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ s_{171} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,108} \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{171,1} & \dots & a_{171,108} \end{bmatrix}$$

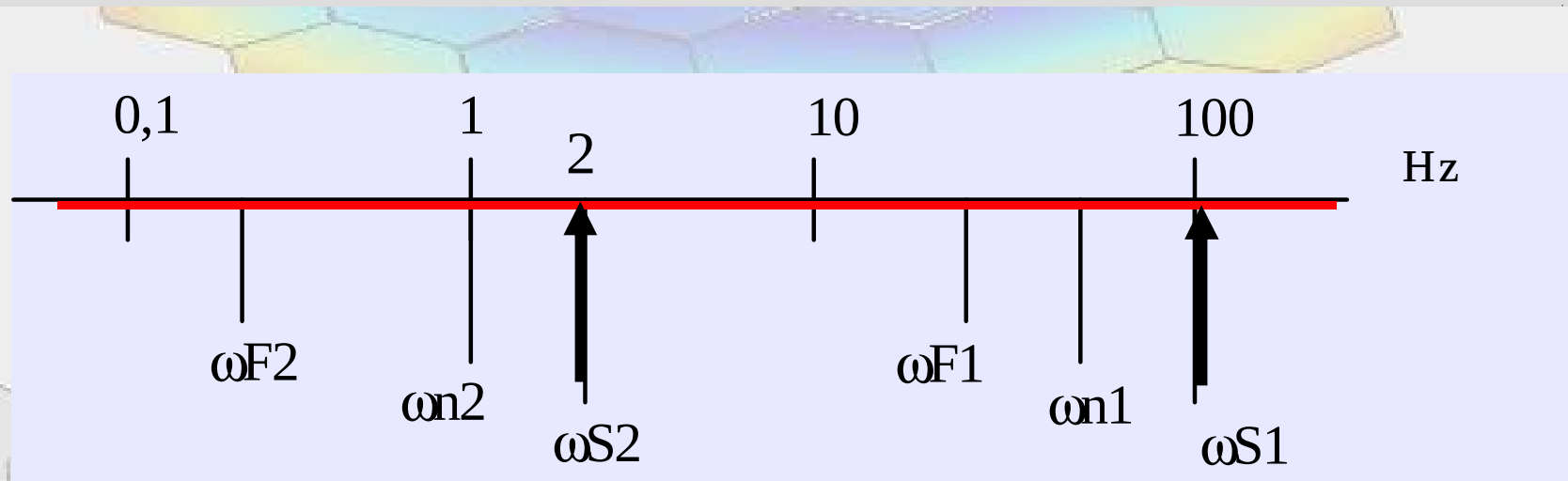
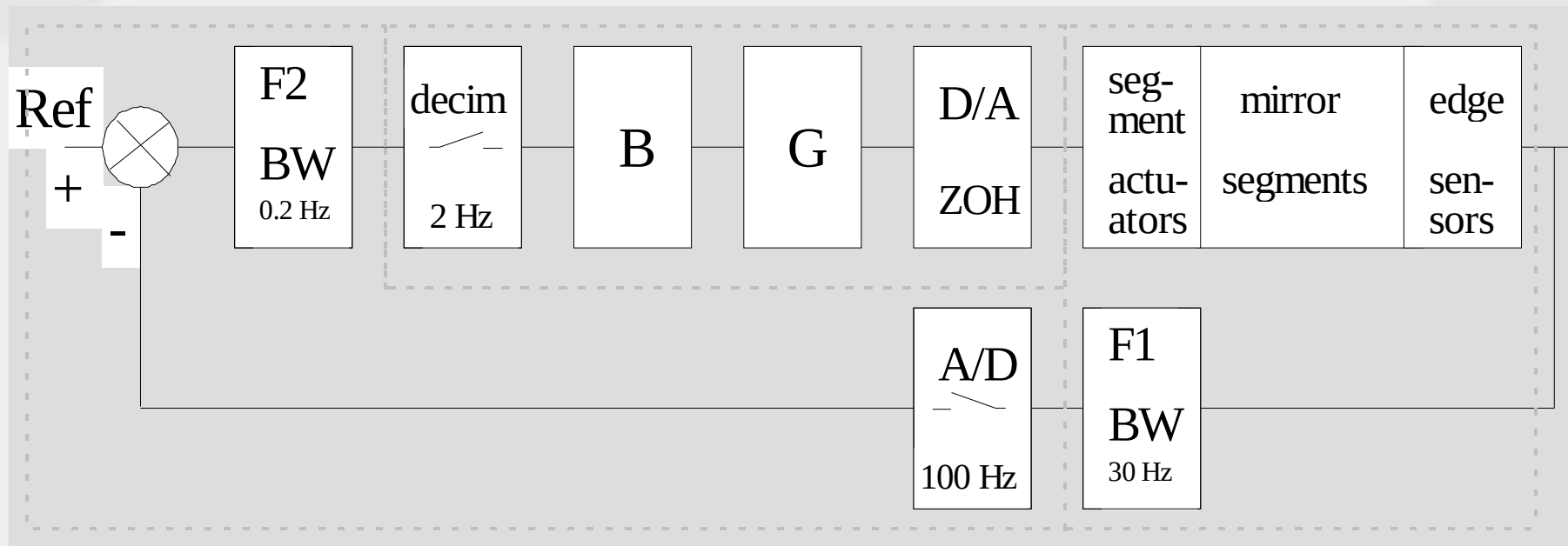
$$\mathbf{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ \dots \\ p_{108} \end{bmatrix}$$

- Accions sobre els actuadors: $p_i = \bar{b}_{i_row} (s^m - s^d)$

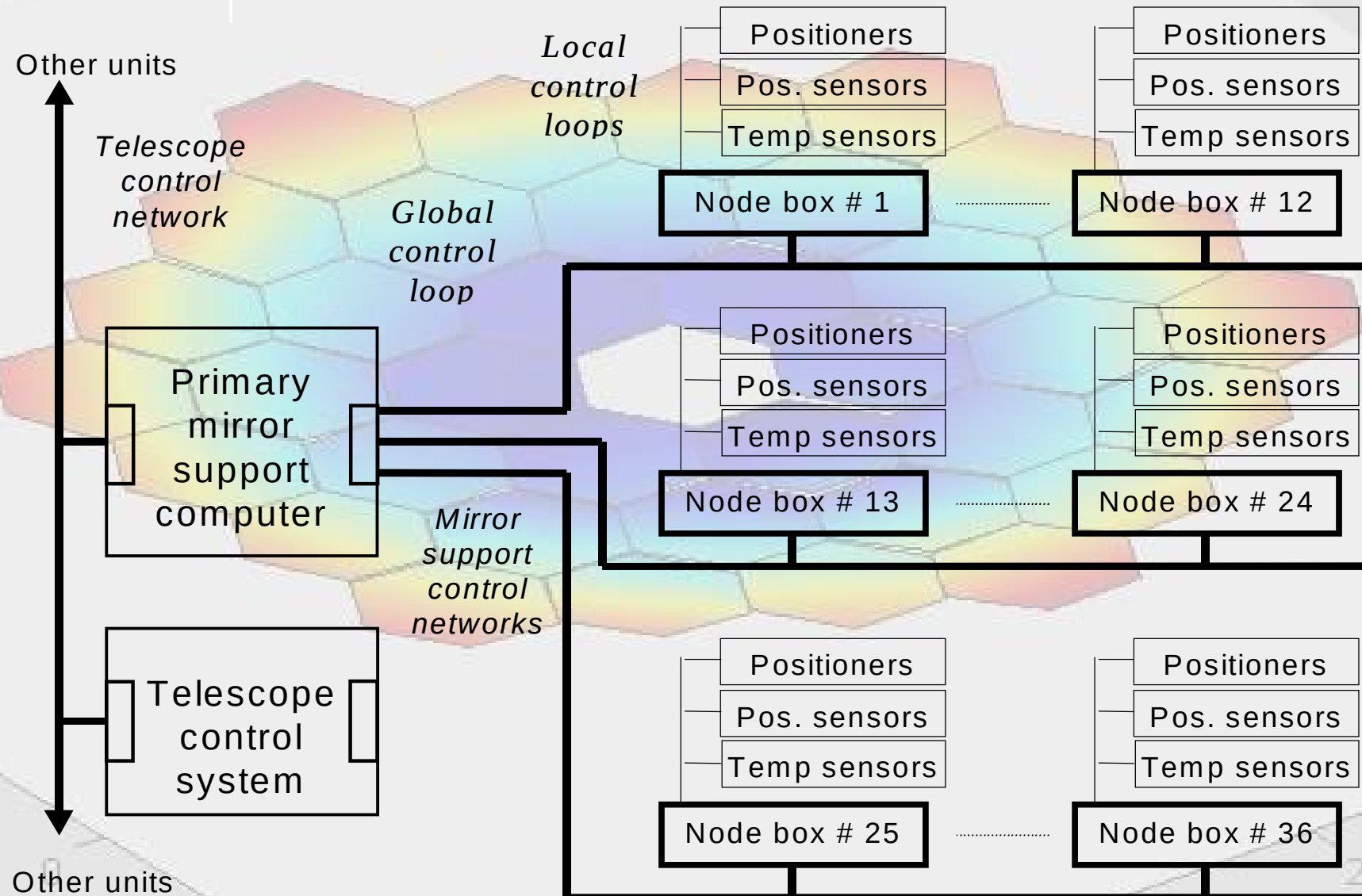
Matriu geomètrica de control



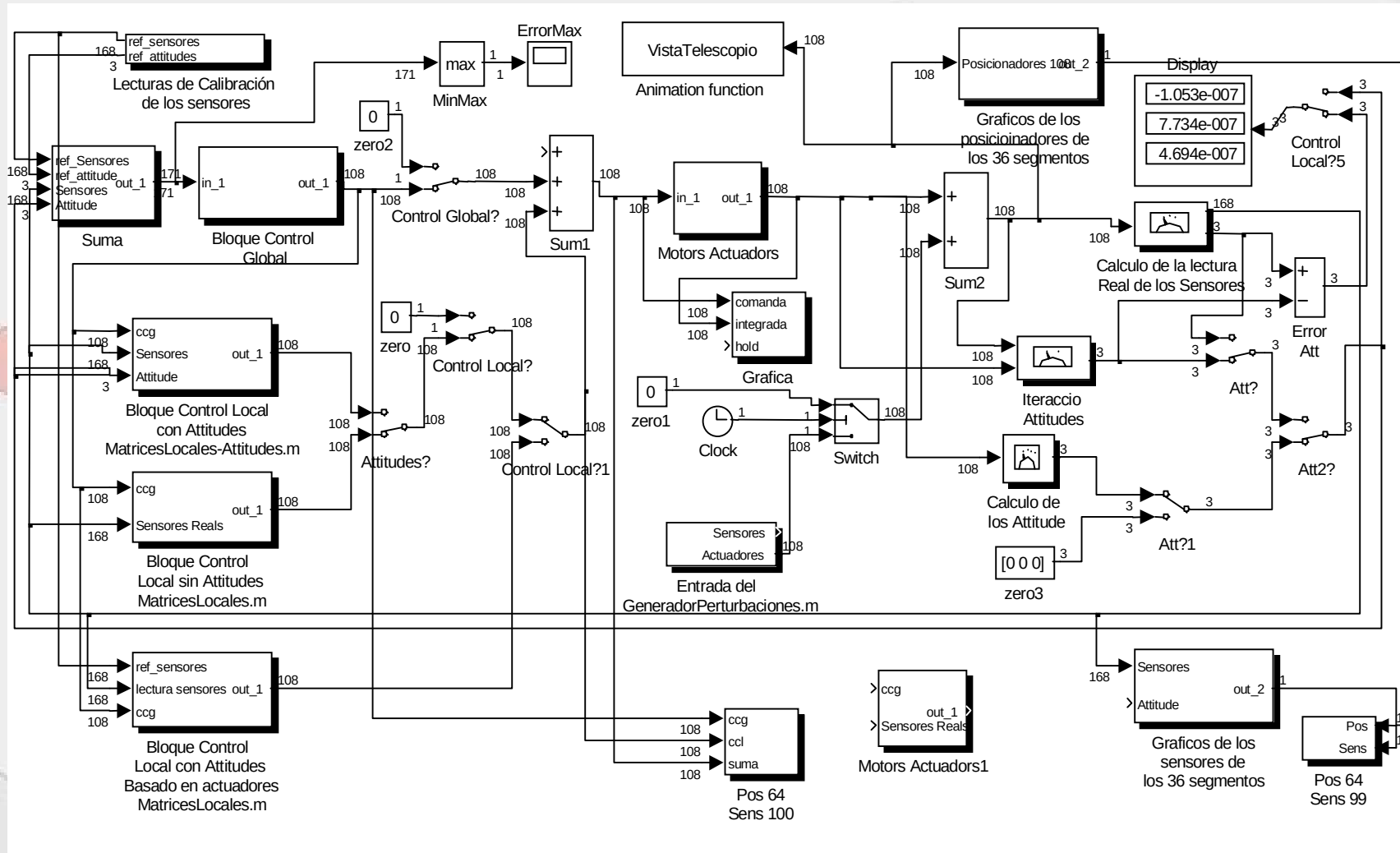
Model discretitzat del primari



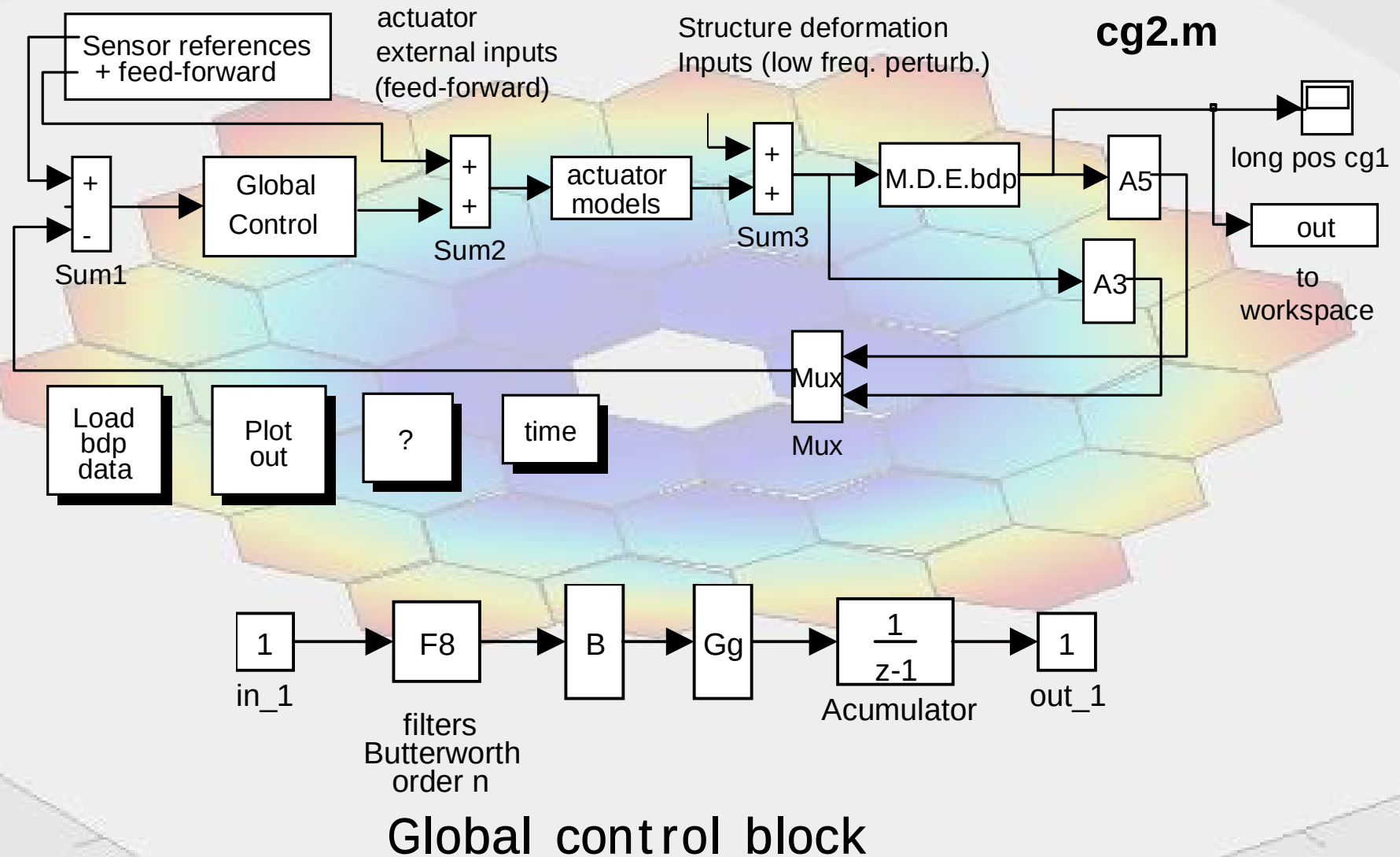
Control del primari segmentat del GTC



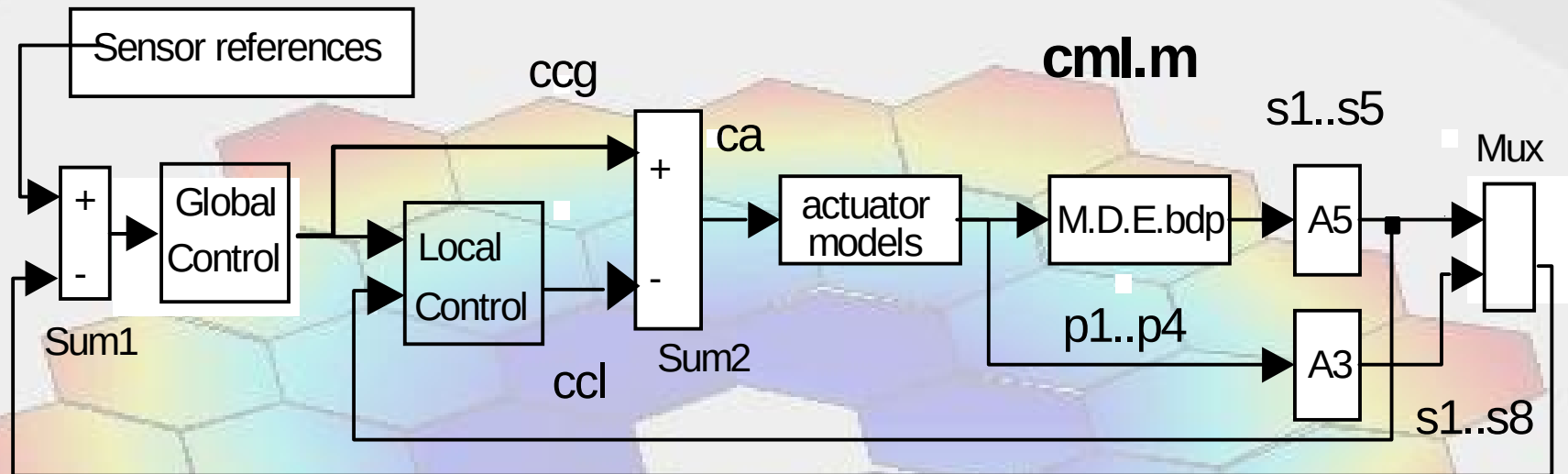
Model de simulació del GTC



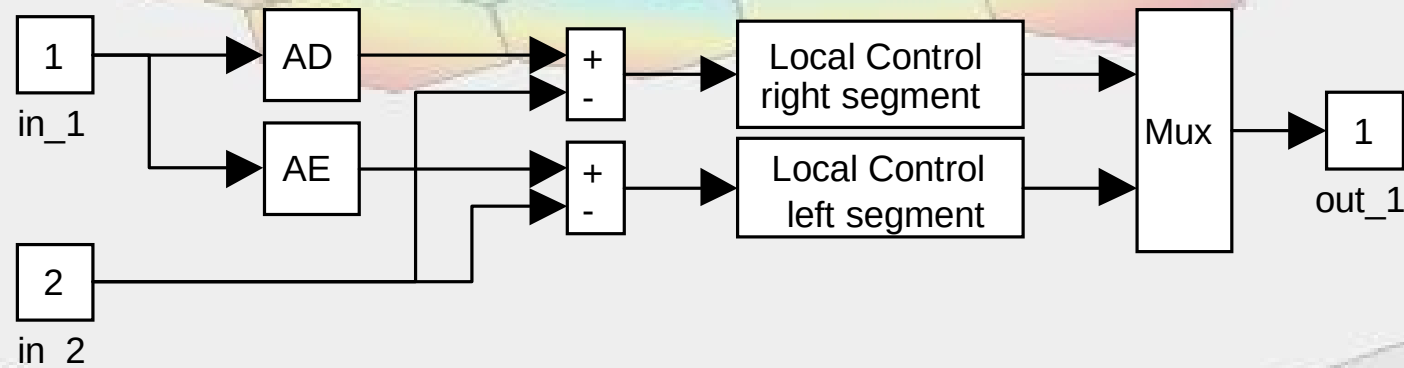
Model de control centralitzat, GTC



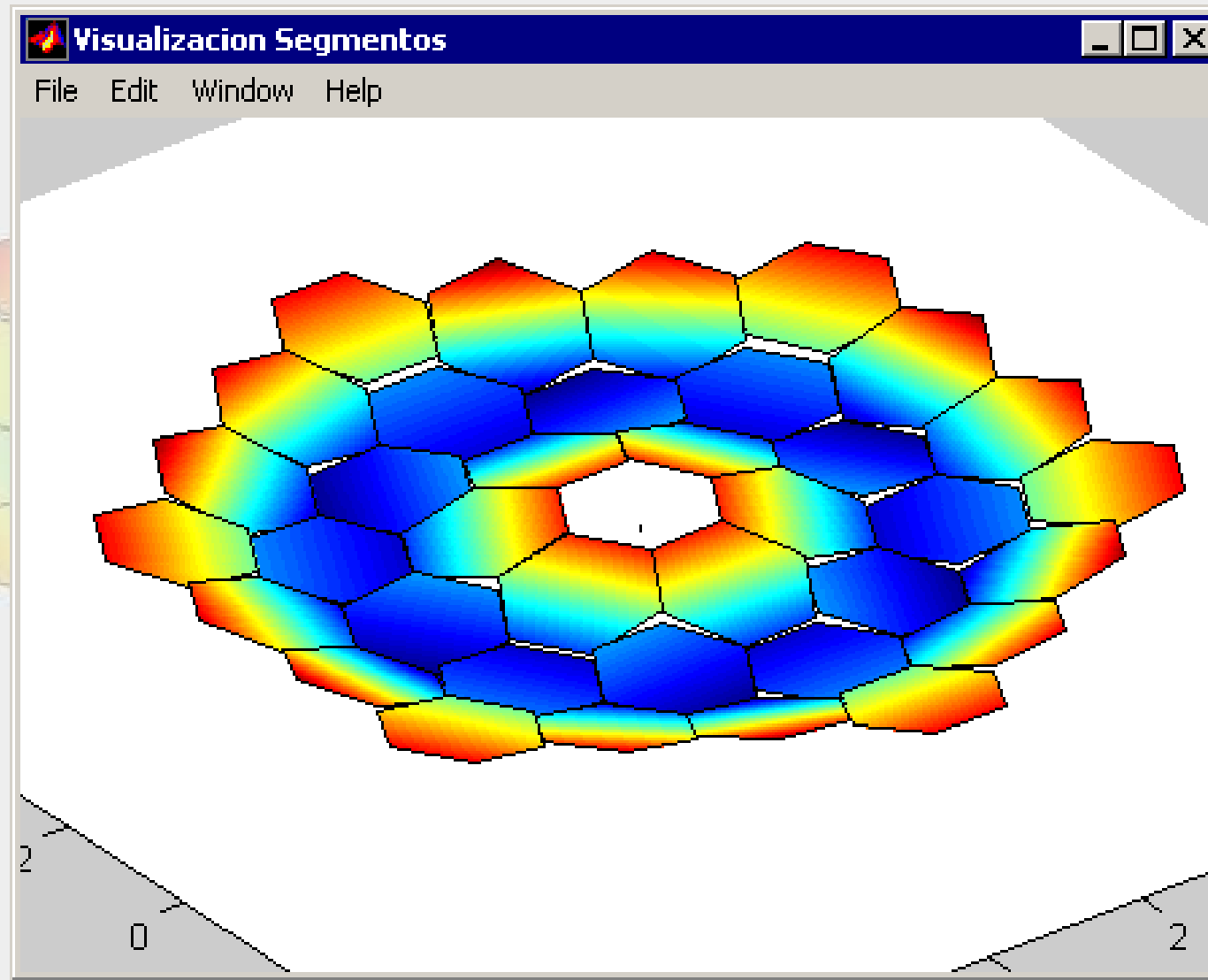
Model de control distribuït mixt, GTC



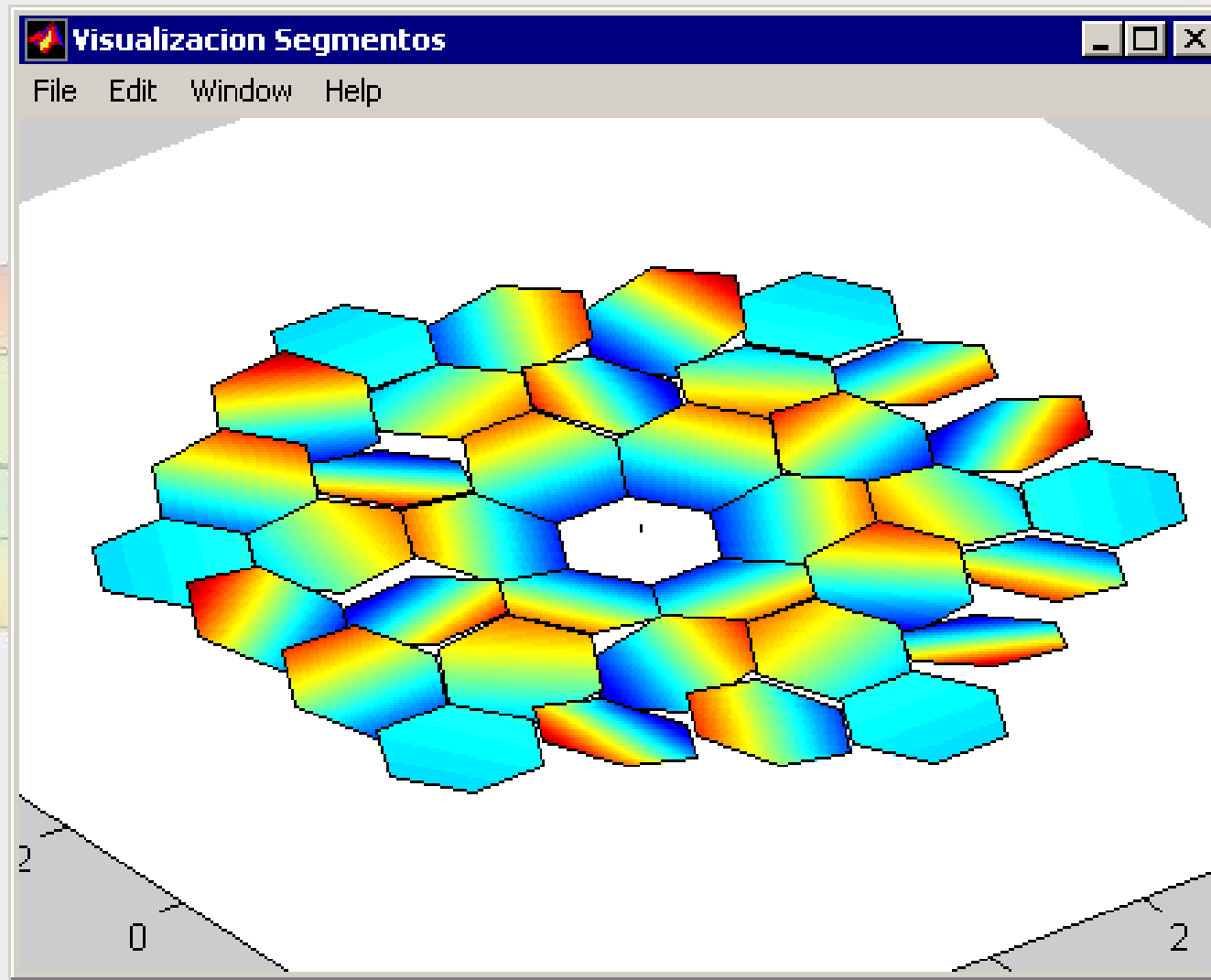
Local Controllers



Senoidal perturbed mirror

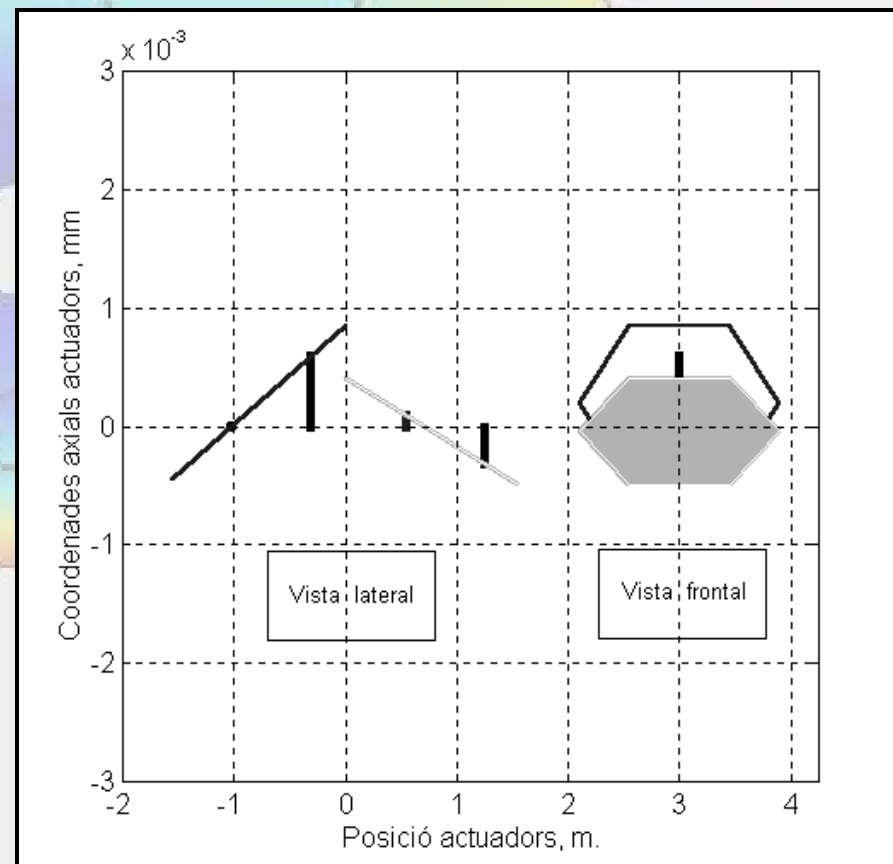
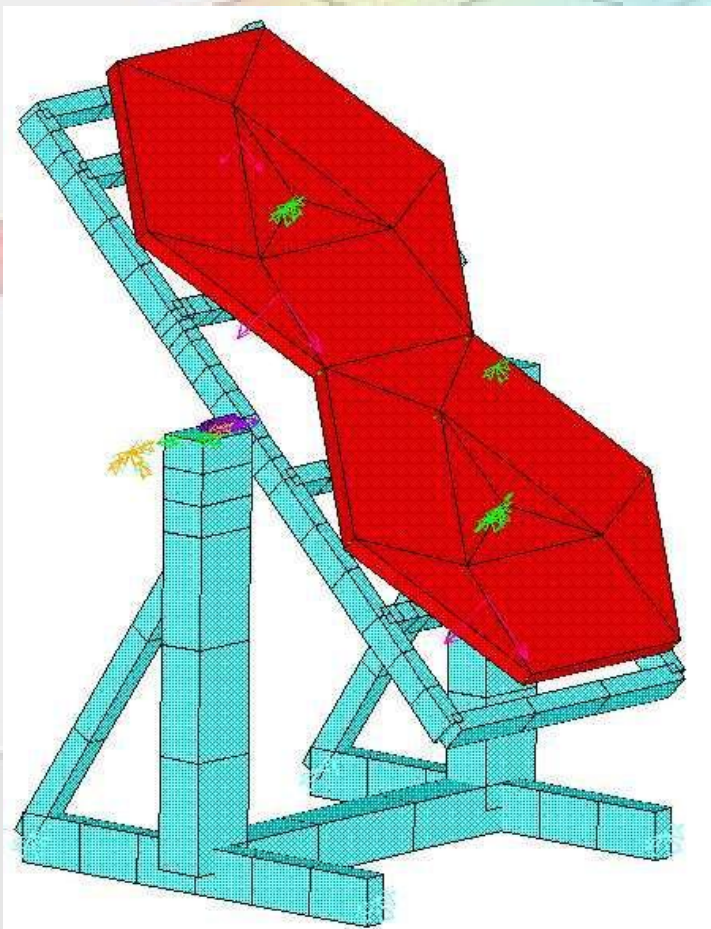


Random perturbed mirror

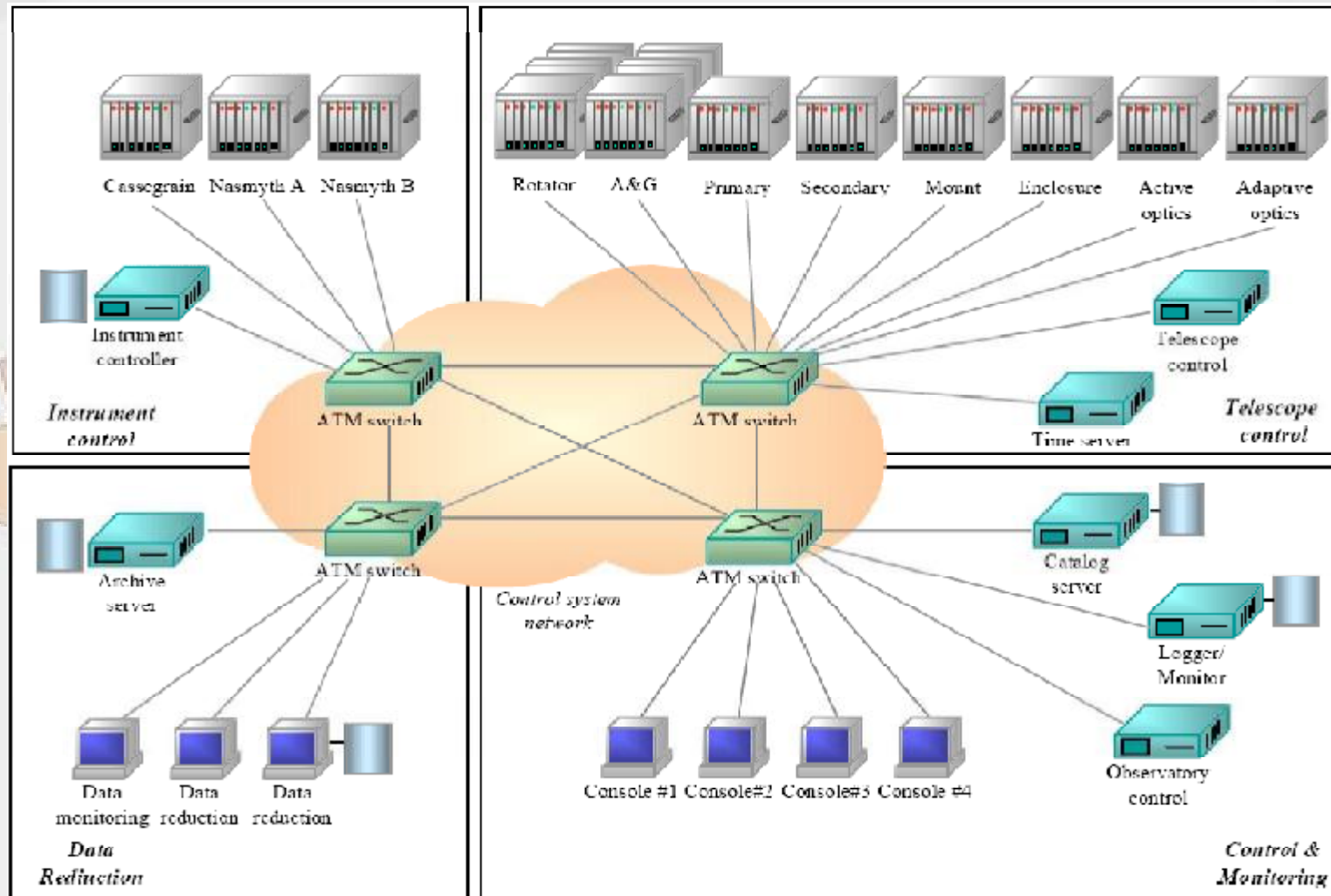


Control del test rig del GTC

- Redisseny de l'estructura del telescopi
- Especificació inicial dels aspectes de control del GTC
- Anàlisi del sistema distribuït de control del GTC
- Simulació i probes sobre un prototipus

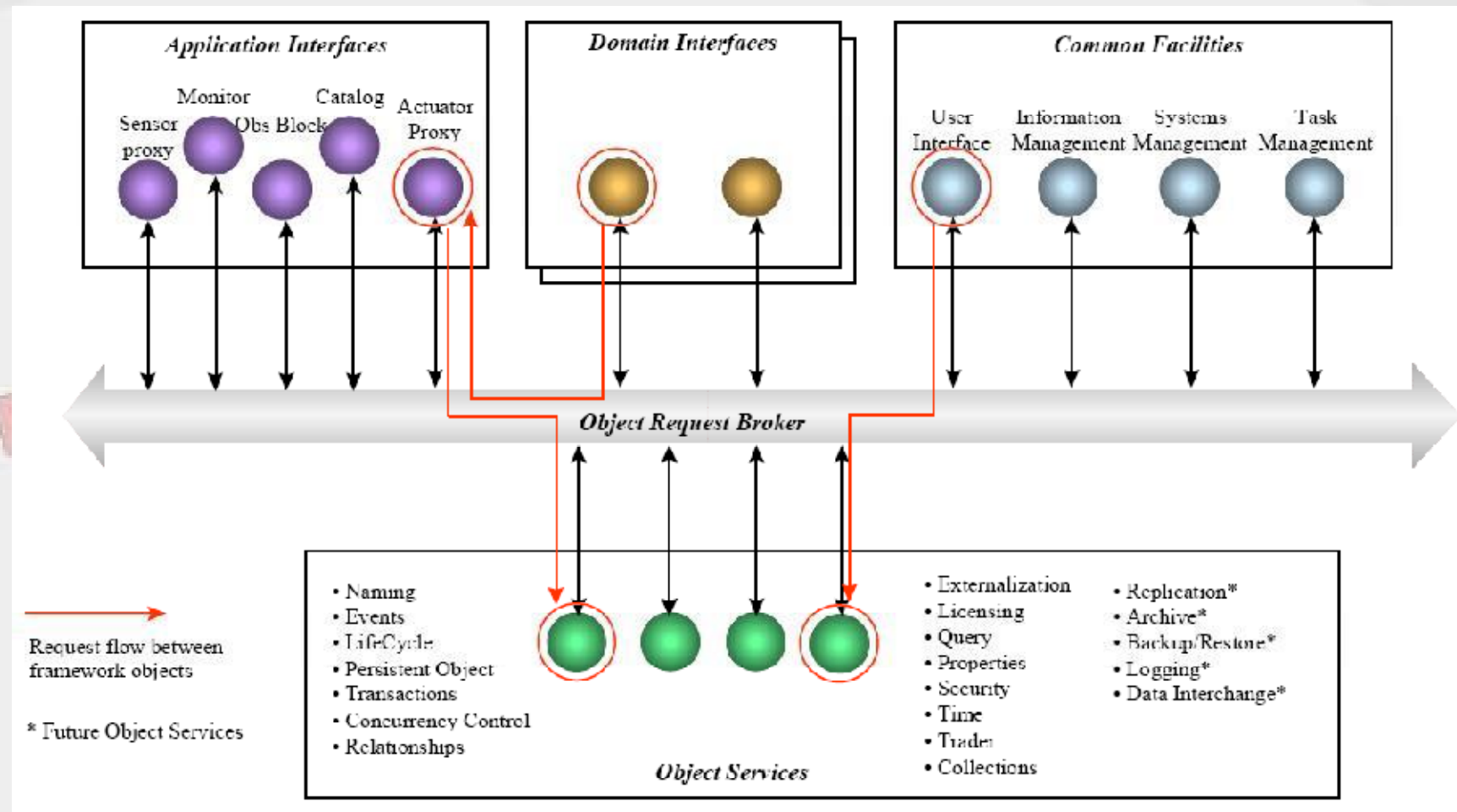


Arquitectura de hardware del GTC



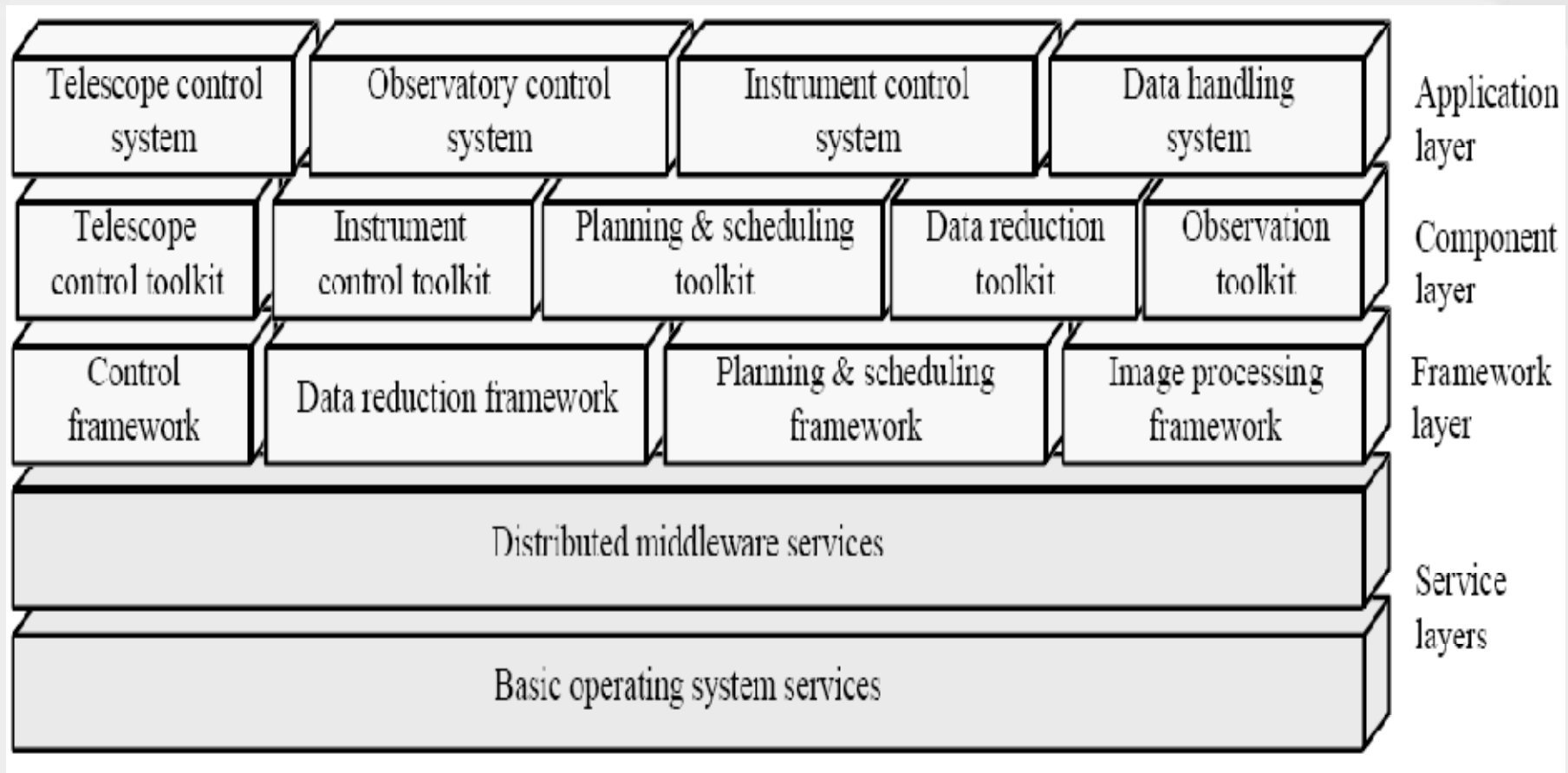
Hardware architecture

Arquitectura de software del GTC



Distributed architecture.

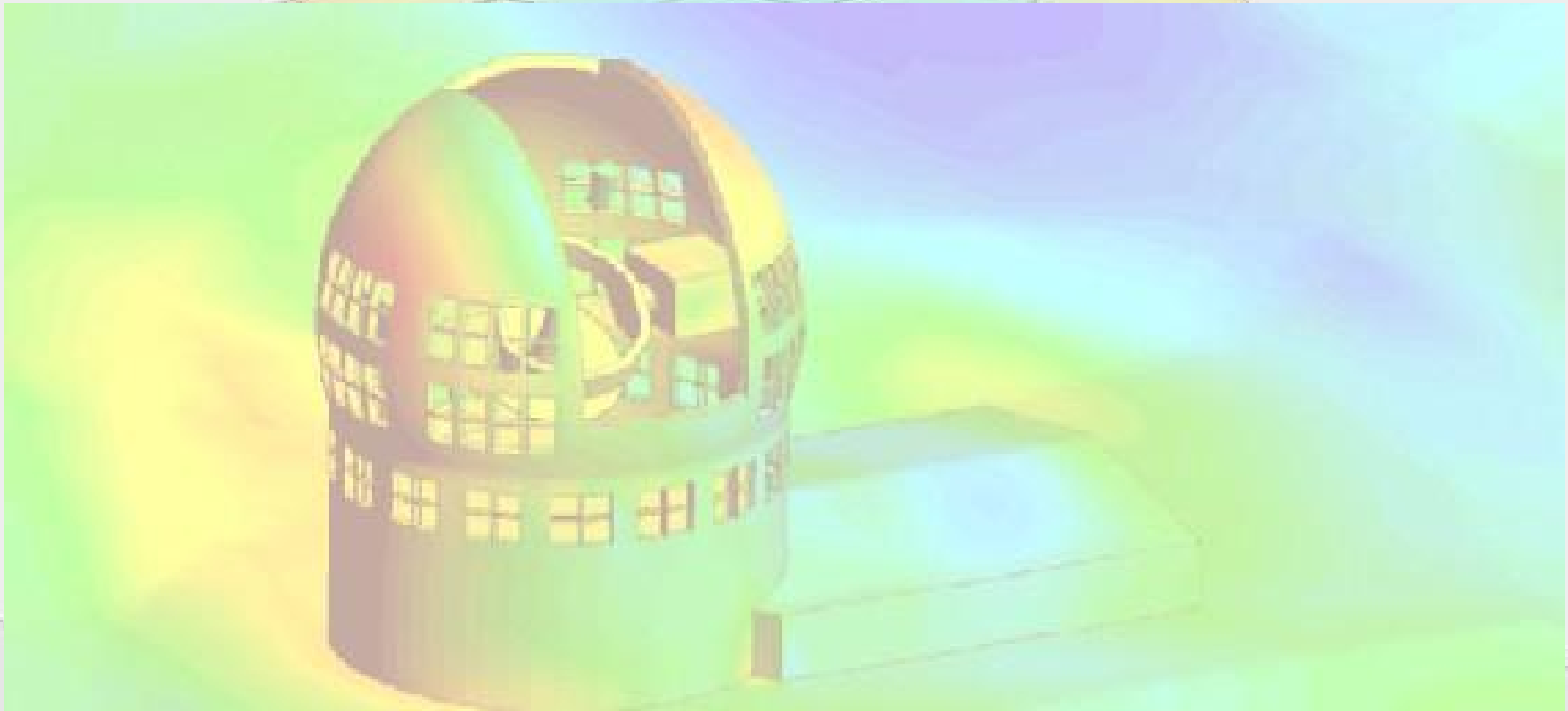
Arquitectura de software del GTC



Organization of the GTC software modules

El Gran Telescopi Canàries, GTC

Estudi del flux circulatori al voltant i dins la cúpula



<http://www.gtcdigital.net/>

Guió

- Introducció:
 - Què és un telescopi
 - Conjunt de radiacions a l'Univers
 - Un xic d'història
- Els reptes científics
 - Els grans telescopis òptics
 - Altres telescopis
- Els reptes tecnològics
 - Els telescopis Keck i GTC
 - Estructura interna i de control
- Altres reptes
 - On són els límits?
 - Conclusions

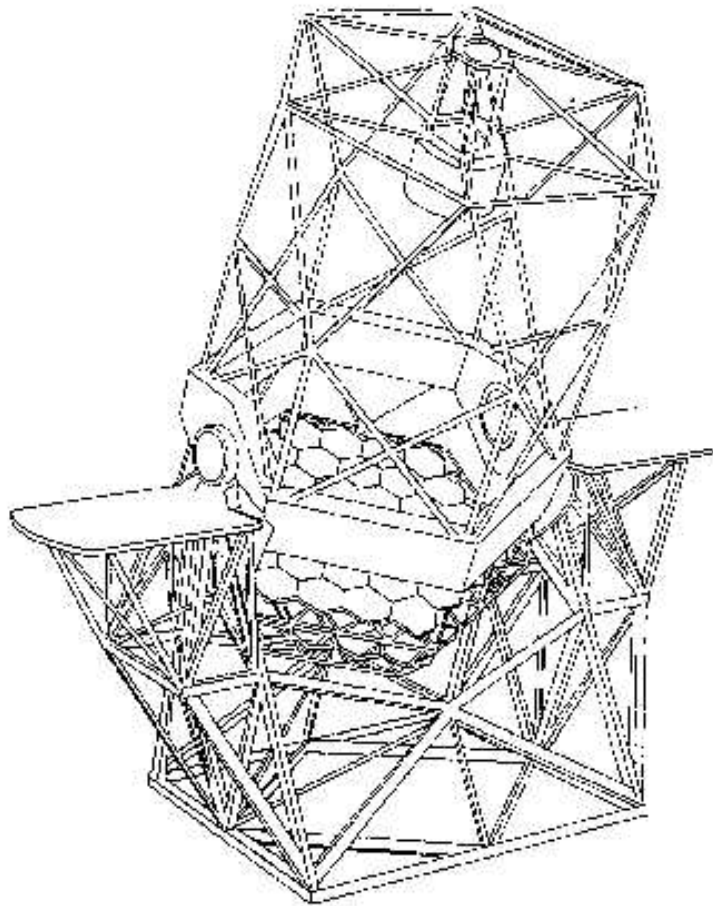
Els grans reptes: **Telescopis robòtics**

Welcome

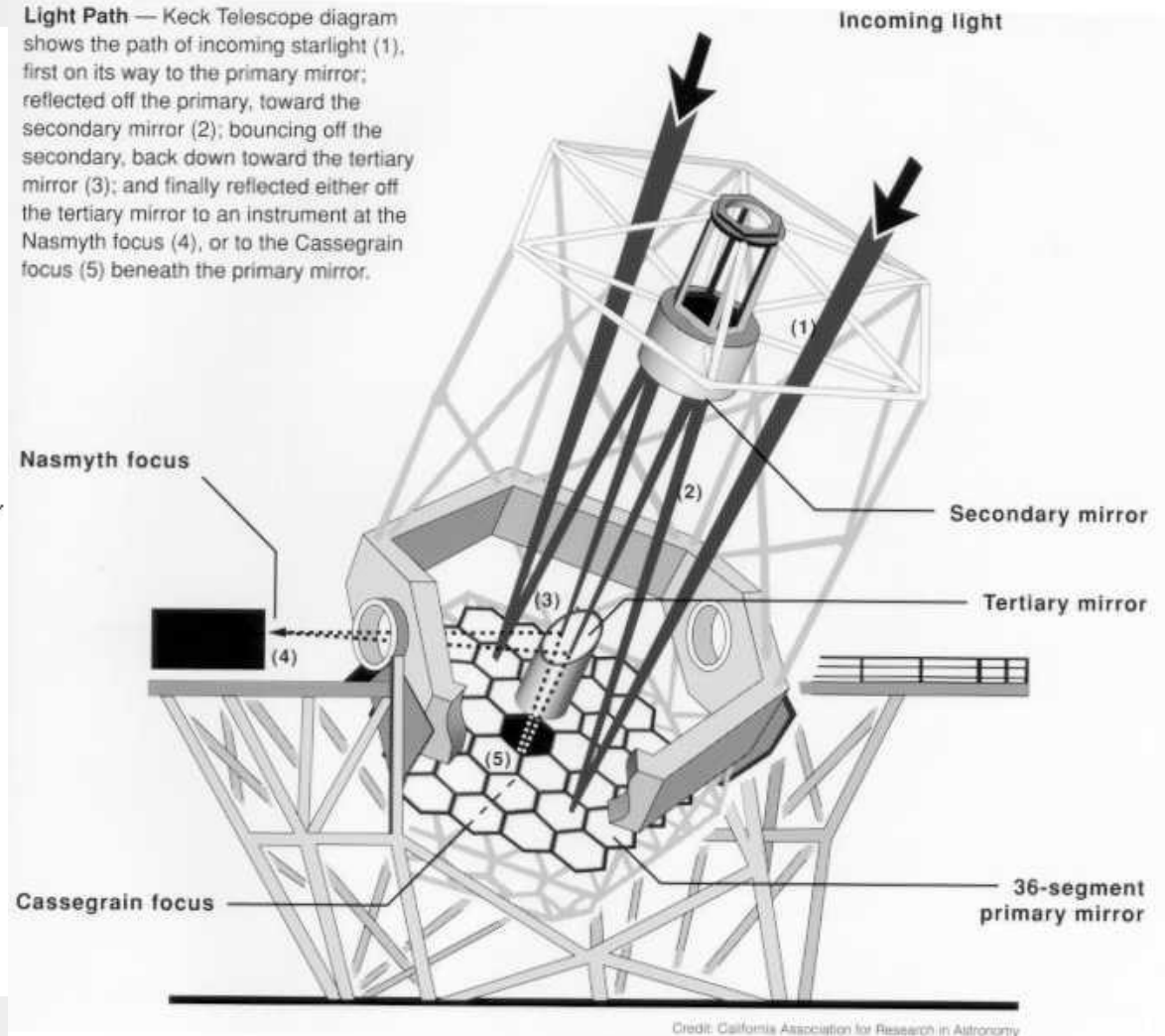
The Faulkes Telescope Project,
part of LCOGTN, provides access to
a global network of robotic
telescopes and supplies free

<http://faulkes-telescope.com/>

Els grans reptes: Òptiques adaptatives

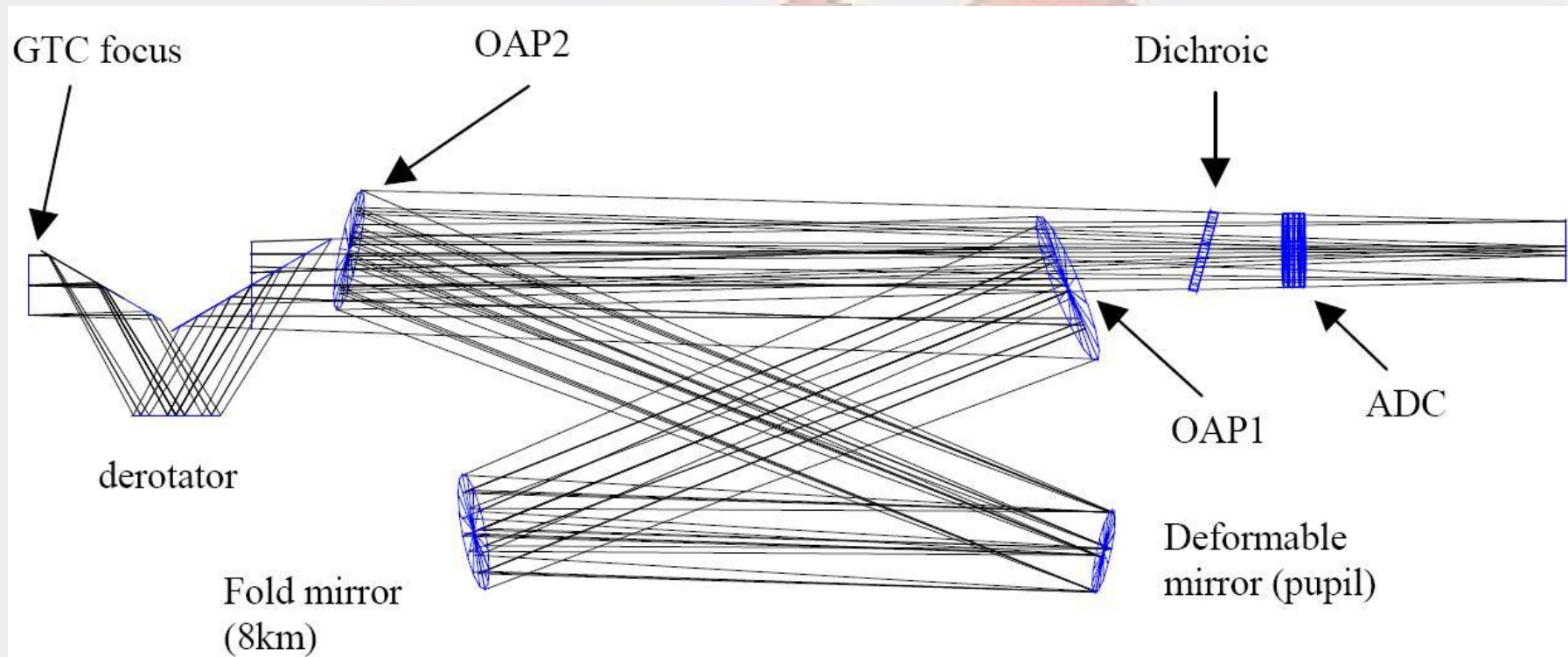


Light Path — Keck Telescope diagram shows the path of incoming starlight (1), first on its way to the primary mirror; reflected off the primary, toward the secondary mirror (2); bouncing off the secondary, back down toward the tertiary mirror (3); and finally reflected either off the tertiary mirror to an instrument at the Nasmyth focus (4), or to the Cassegrain focus (5) beneath the primary mirror.



El camí de la llum: !!! Podem millorar el 0,25 arcseg del seeing?

GTC adaptive optics system



Optical layout of wavefront corrector

Els grans reptes: Òptiques adaptatives

Són sistemes mecànics – òptics que, a partir de la mesura de la distorsió induïda per l'atmosfera en la radiació lumínica rebuda, modifica la forma d'un mirall deformable que està situat en el camí lumínic abans de l'instrument principal. La millora permet compensar una gran part del soroll causat en l'atmosfera superior de la Terra.

CFHT Adaptive Optics Bonnette & Monica

Double star, separation=0.38"

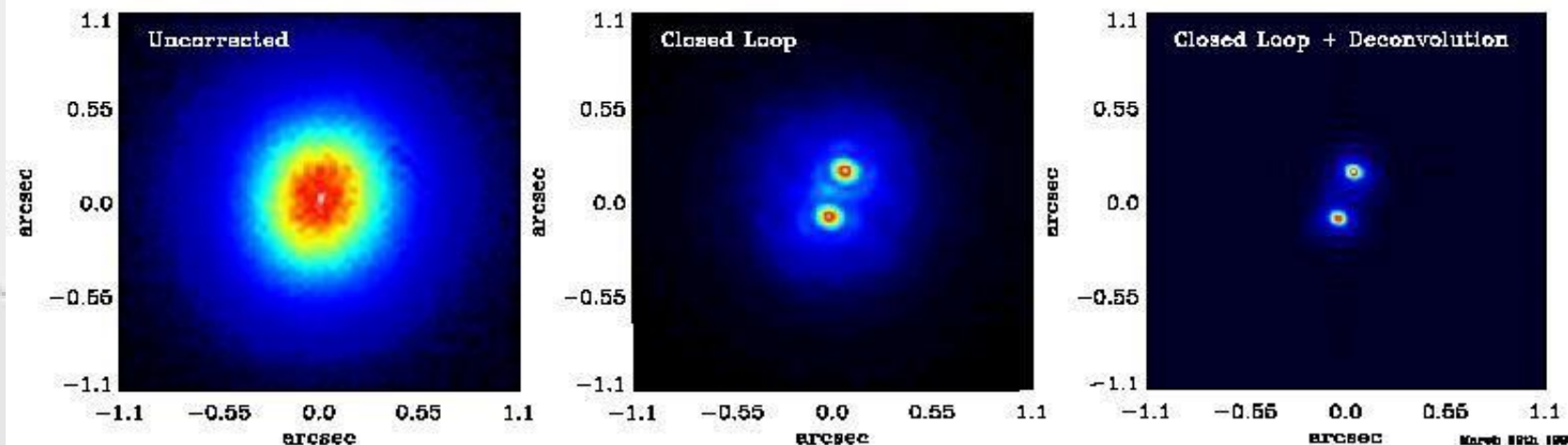
Magnitude=10.7

H Band, Tinteg=40seconds

Seeing=0.7" @ 0.5 μ

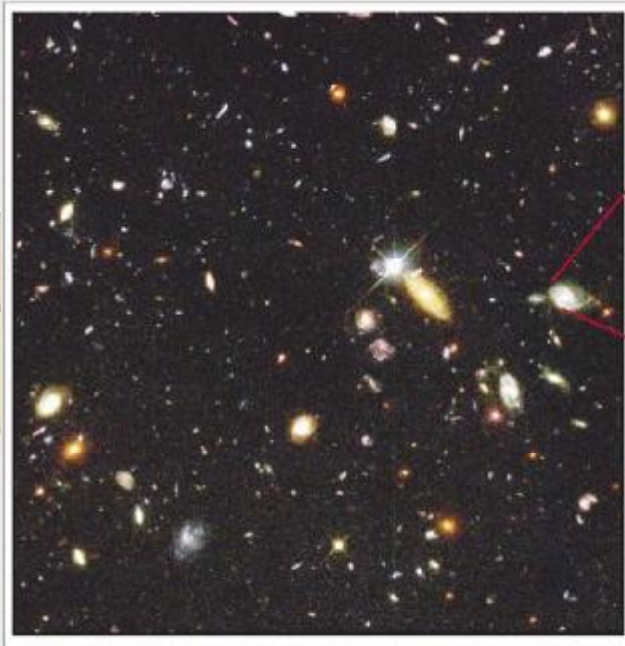
Strehl Ratio=30%

Maximum Likelihood



Els grans reptes: Òptiques adaptatives

Hubble Deep Field



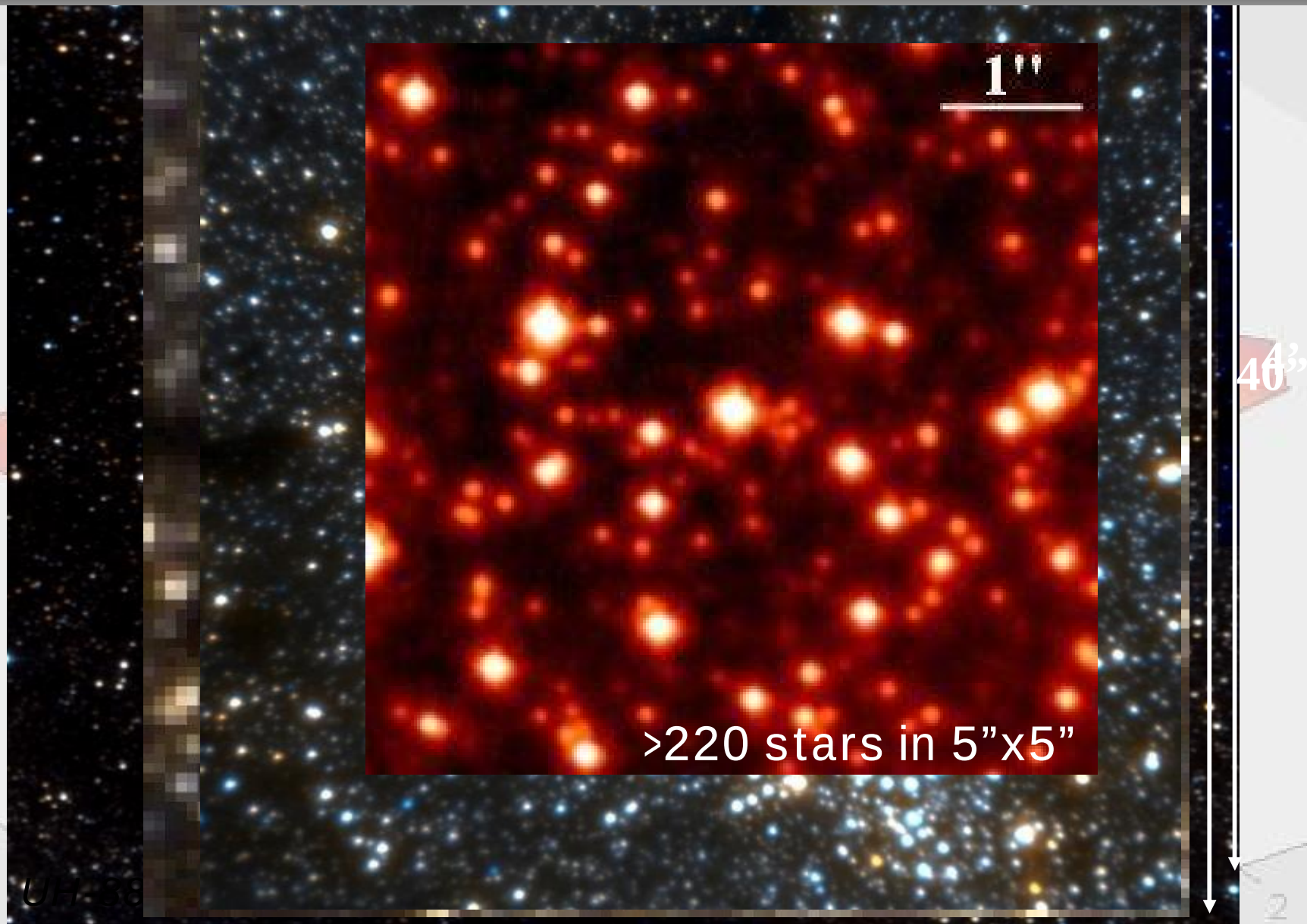
HST resolution



30m + adaptive optics resolution

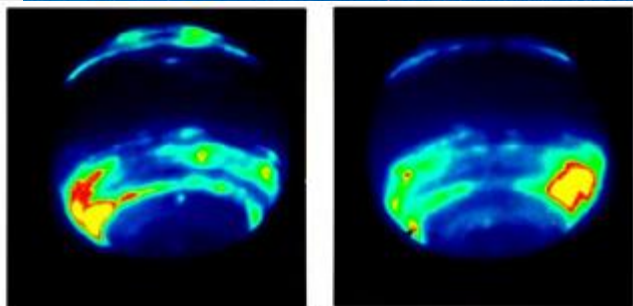
Hubble i TMT

Els grans reptes: Òptiques adaptatives



Els grans reptes: Òptiques adaptatives

UC Lick



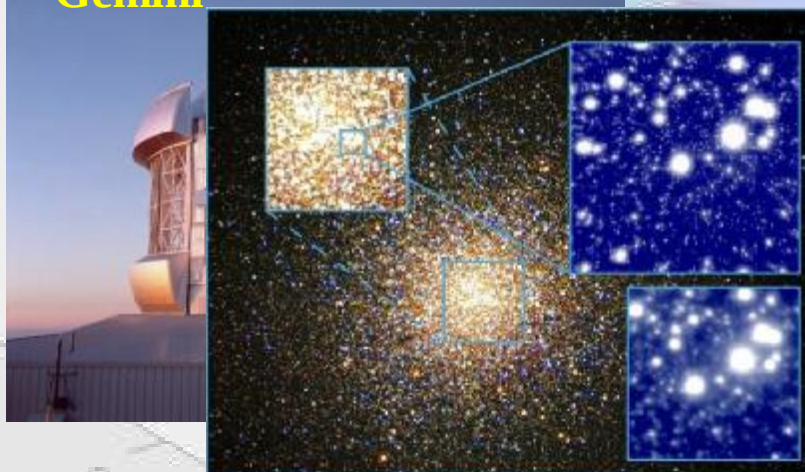
CFHT



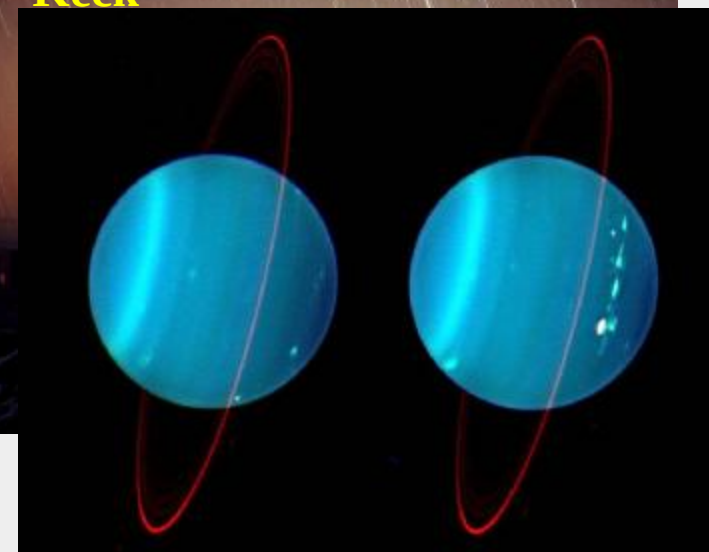
Palomar



Gemini

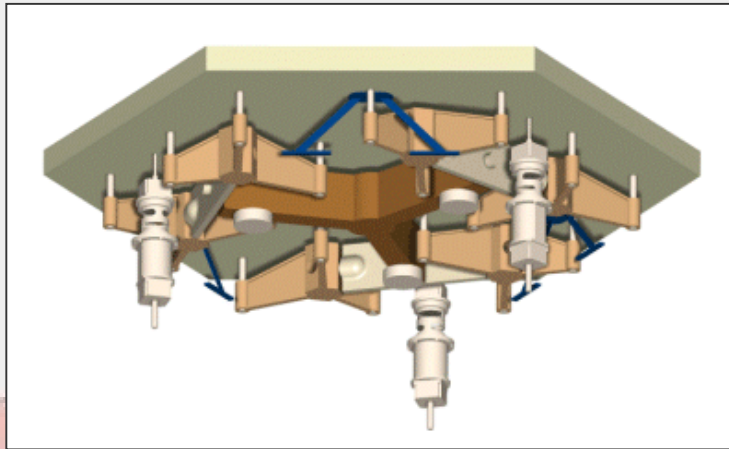


Keck

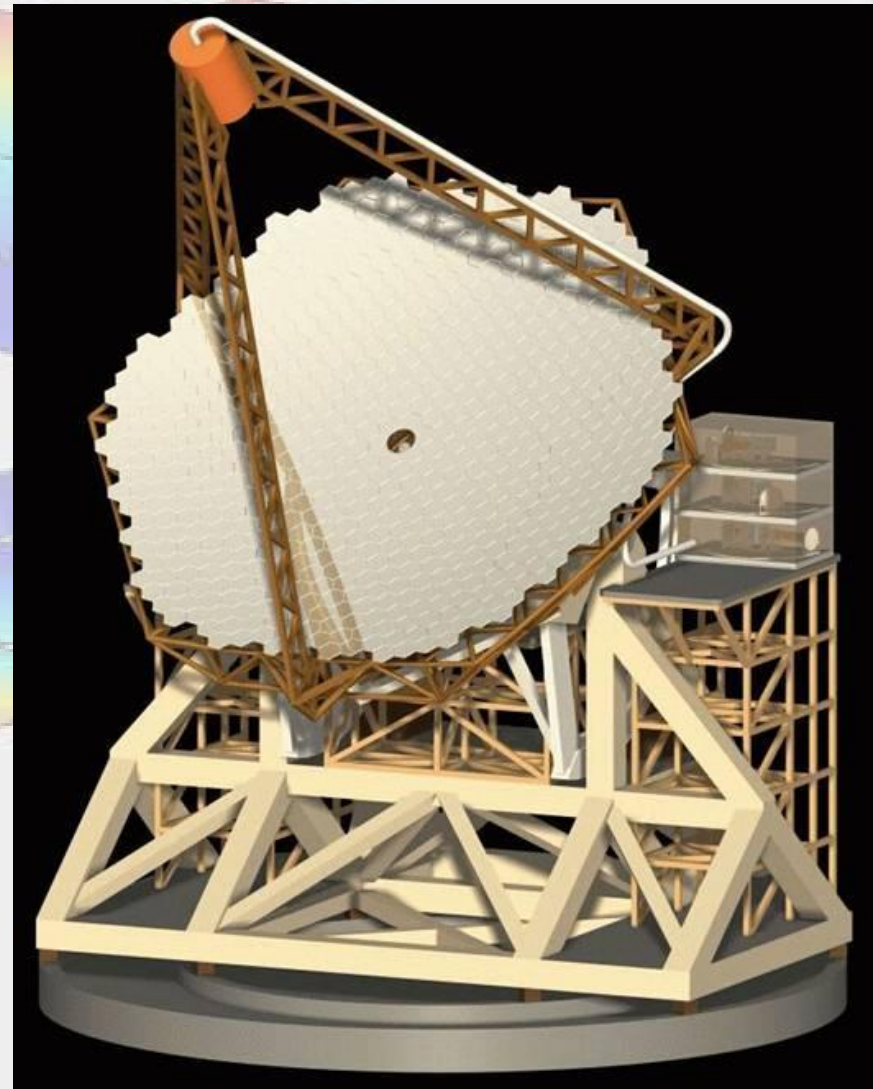
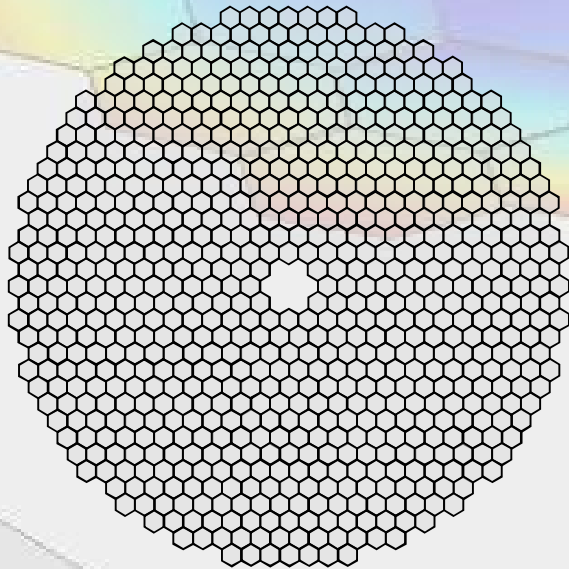


Els grans reptes: nous telescopis pel futur

El telescopi CELT (California Extremely Large Telescope) de 30 m



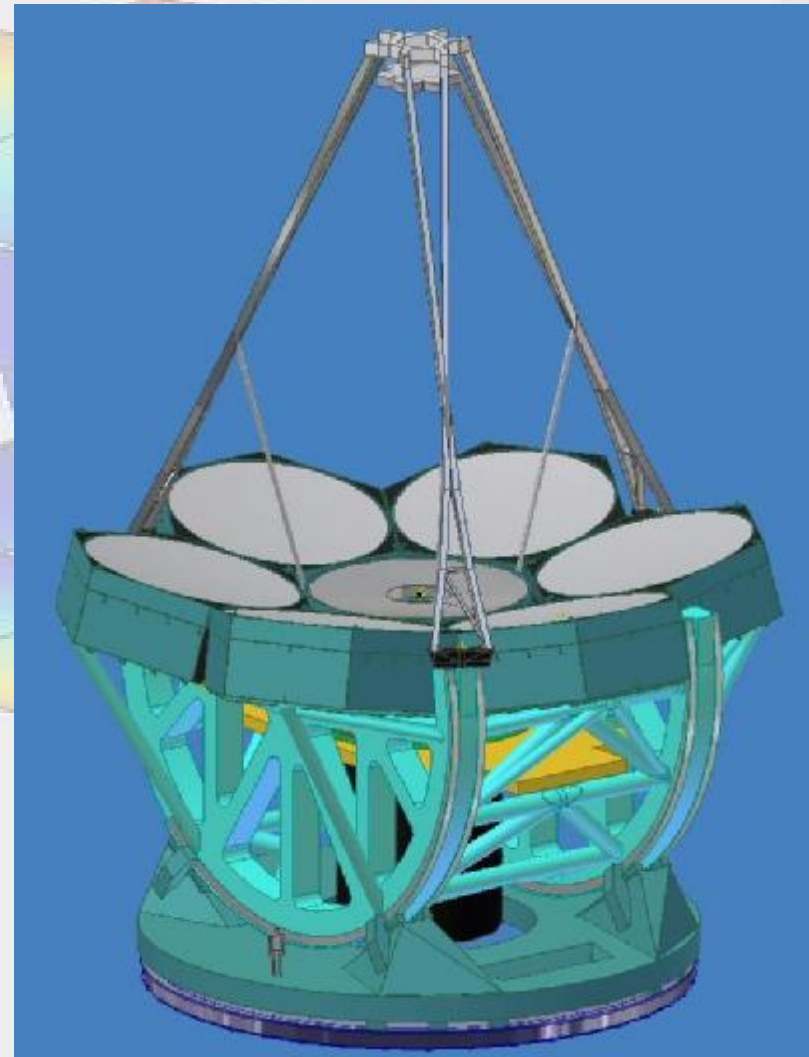
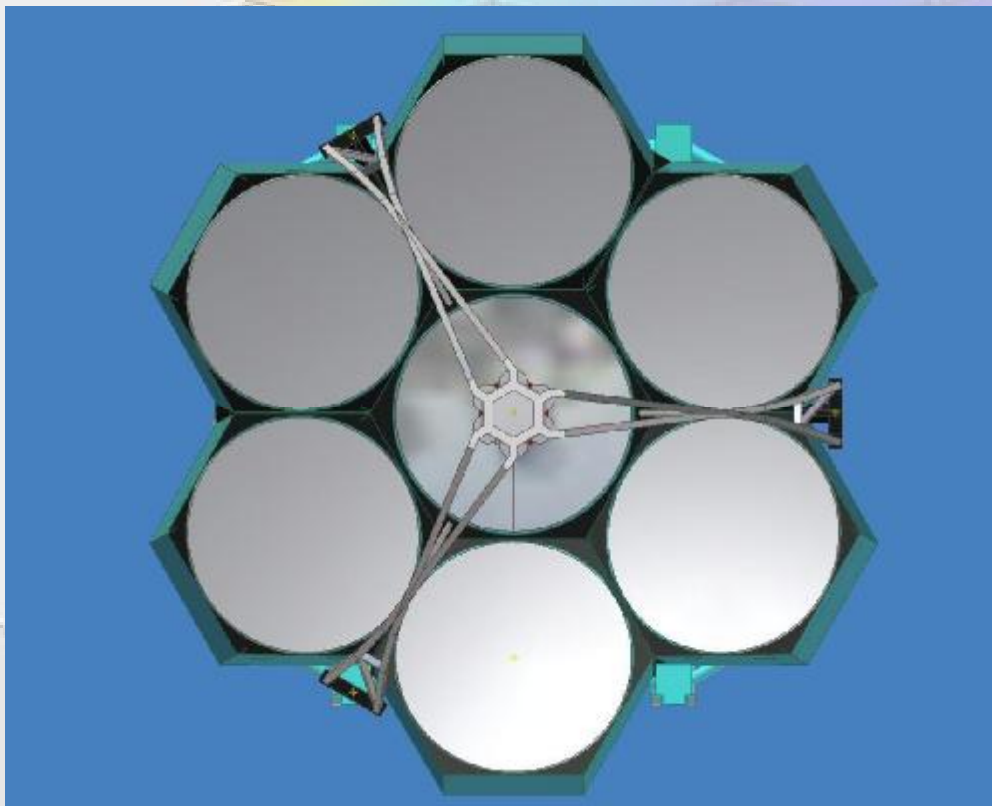
738 × 1.2m segments, de 6 cm de gruix



Els grans reptes: nous telescopis pel futur

El telescopi GMT (Giant Magellan Telescope)

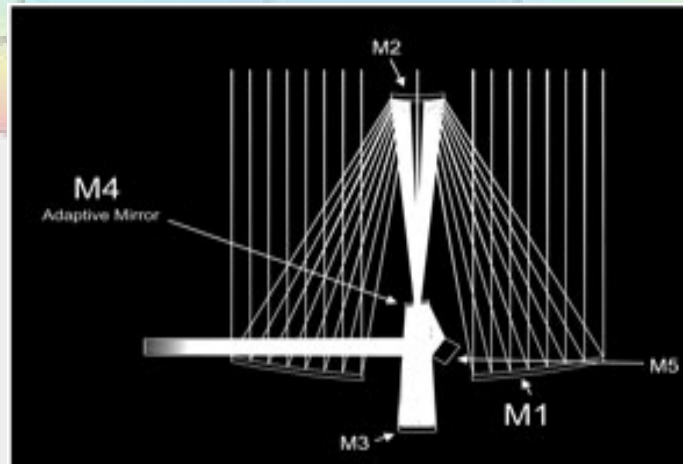
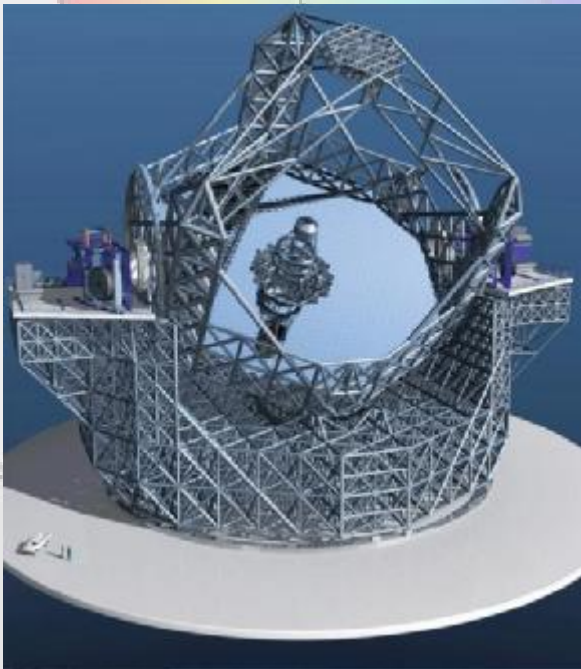
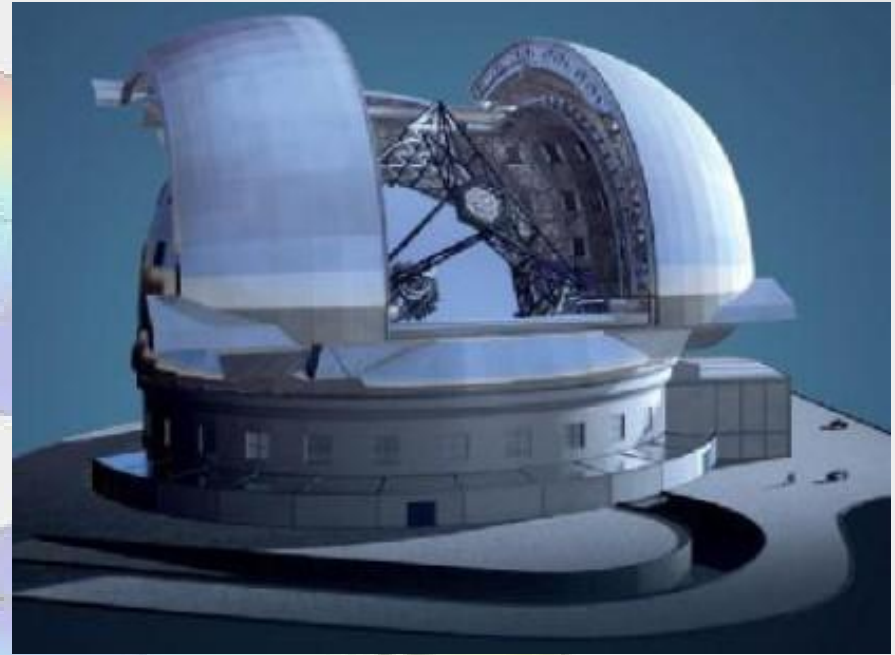
- Set primaris de 8.4 m
- Apertura equivalent a 21.5-m



Els grans reptes: nous telescopis pel futur

The European Extremely Large Telescope

- 42 metres in diameter
- five-mirror scheme.
- primary mirror: 984 segments
- each 1.4 metres wide, 50 mm thick
- starting operation around 2018
- Cerro Armazones, near Paranal



Els grans reptes: nous telescopis pel futur

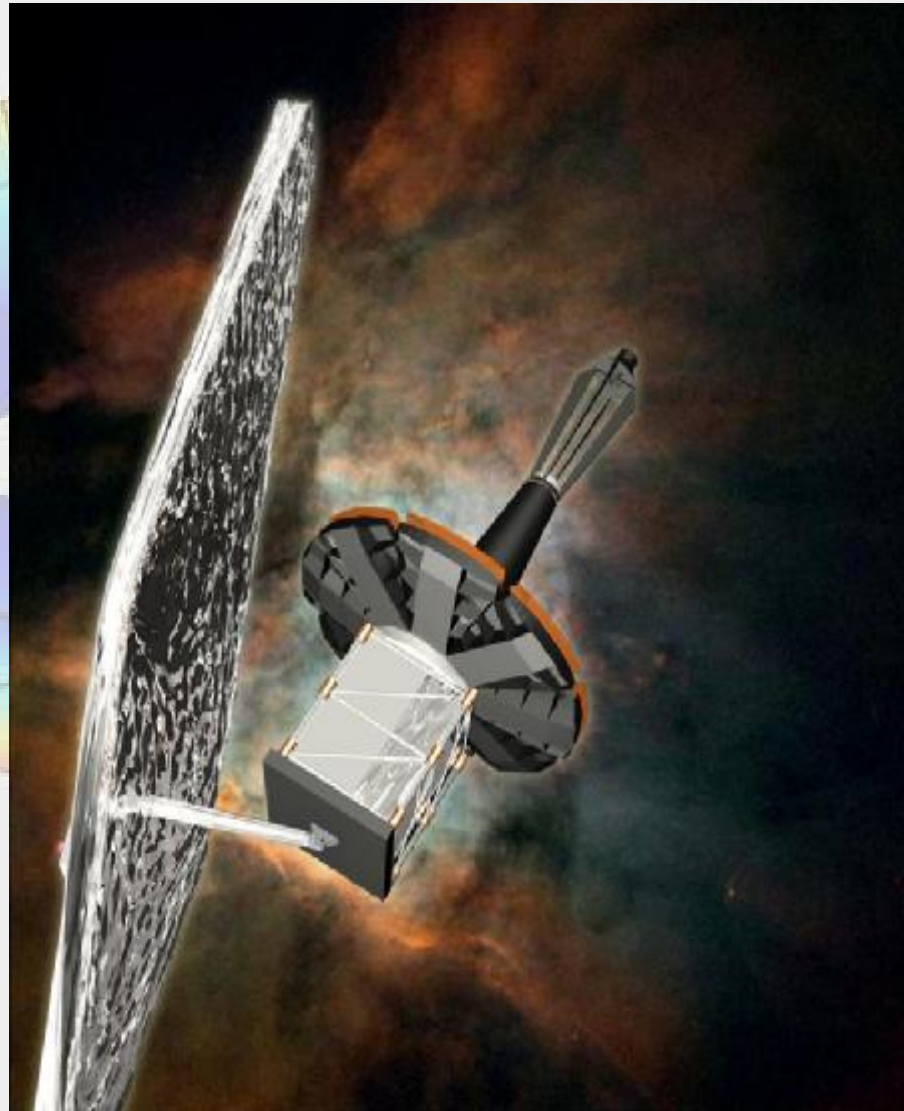
Telescopis a l'espai i en formació

- Cost del projecte Hubble: \$6 bilions
- Cost dels telescopis de 8-10 m: \$100 milions
- James Webb Space Telescope
- Stellar Imager
- Spitzer Space Telescope
- ...

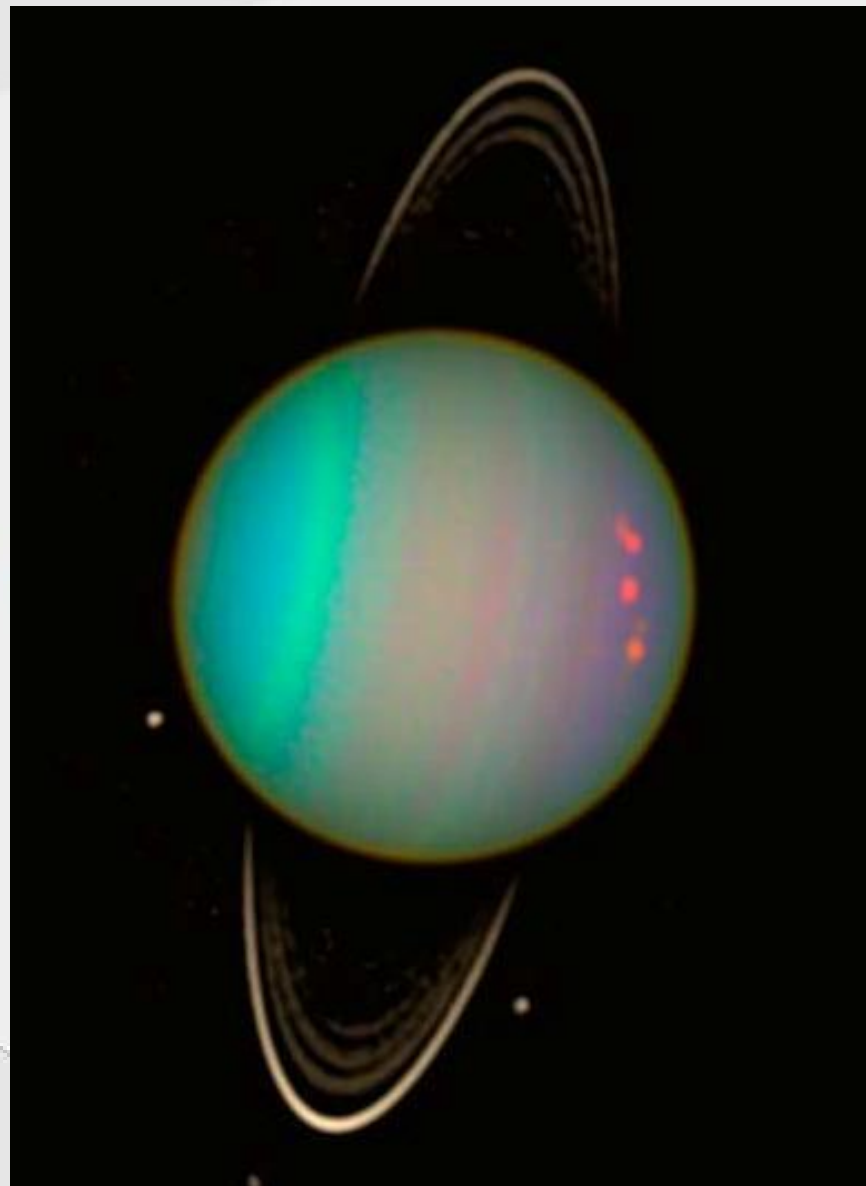
“ Next Generation Space Telescope”

“James Webb Space Telescope”

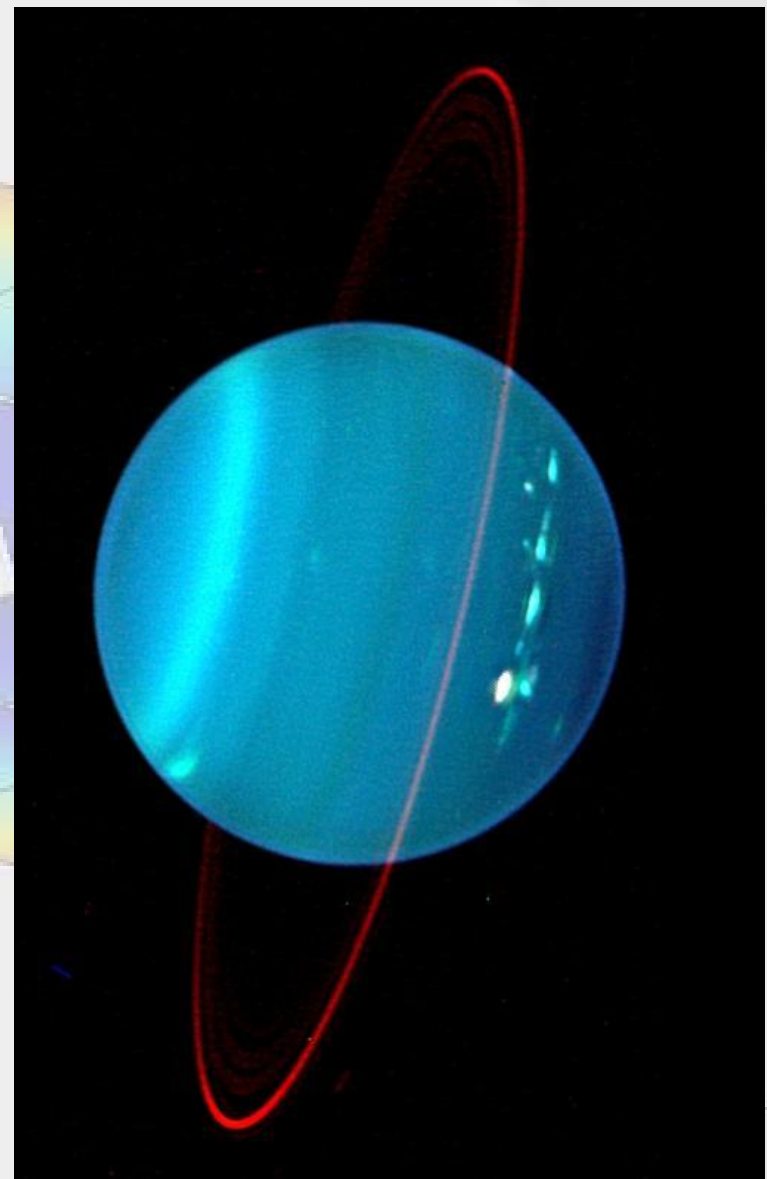
- Meant to replace the Hubble Telescope
- Hopeful launch in 2009 (changed now to 2011) (changed again to 2013)



Els grans reptes: perquè???



HUBBLE SPACE TELESCOPE



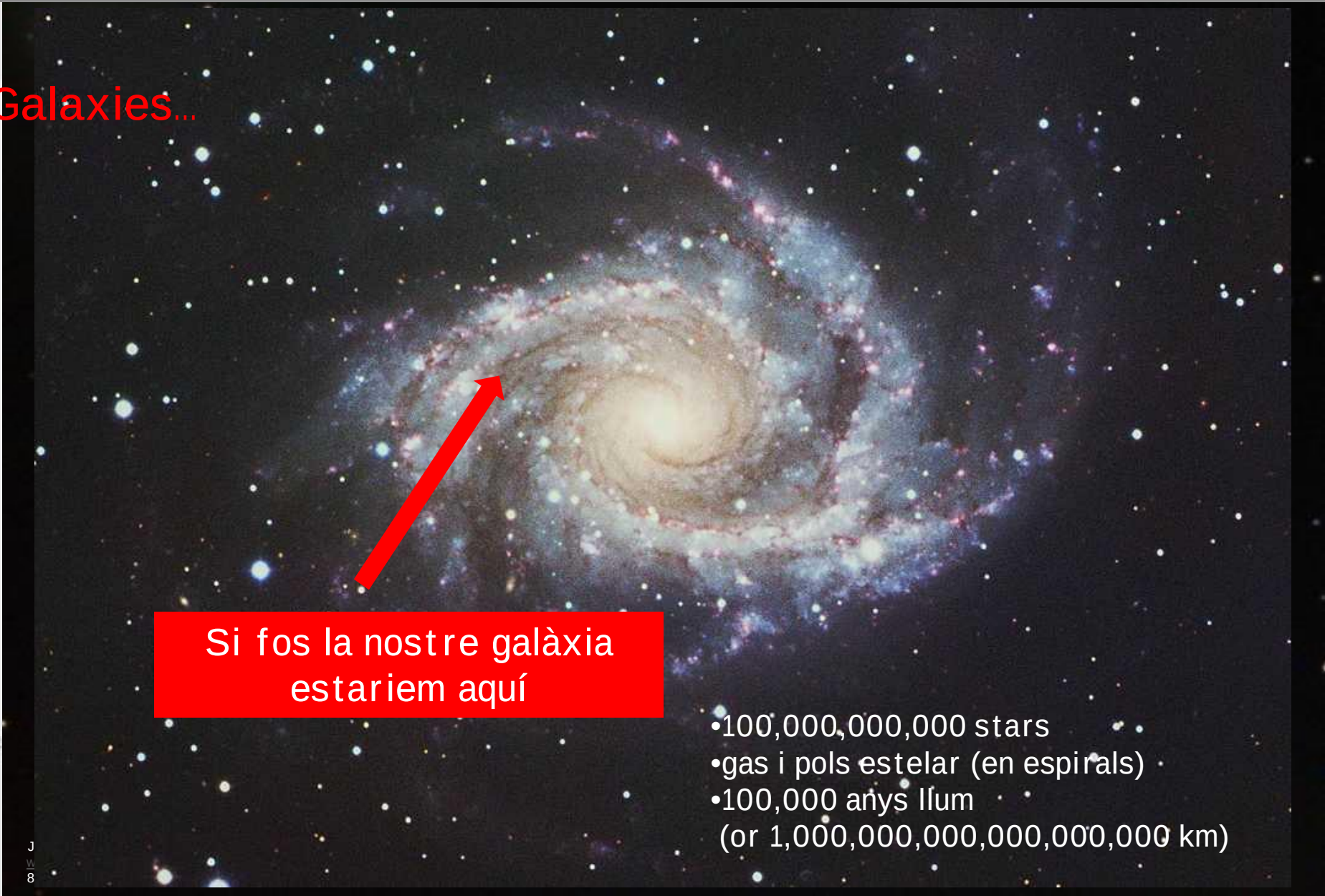
KECK Courtesy: L. Sromovsky

Els grans reptes: perquè????



Els grans reptes: perquè????

Galaxies...

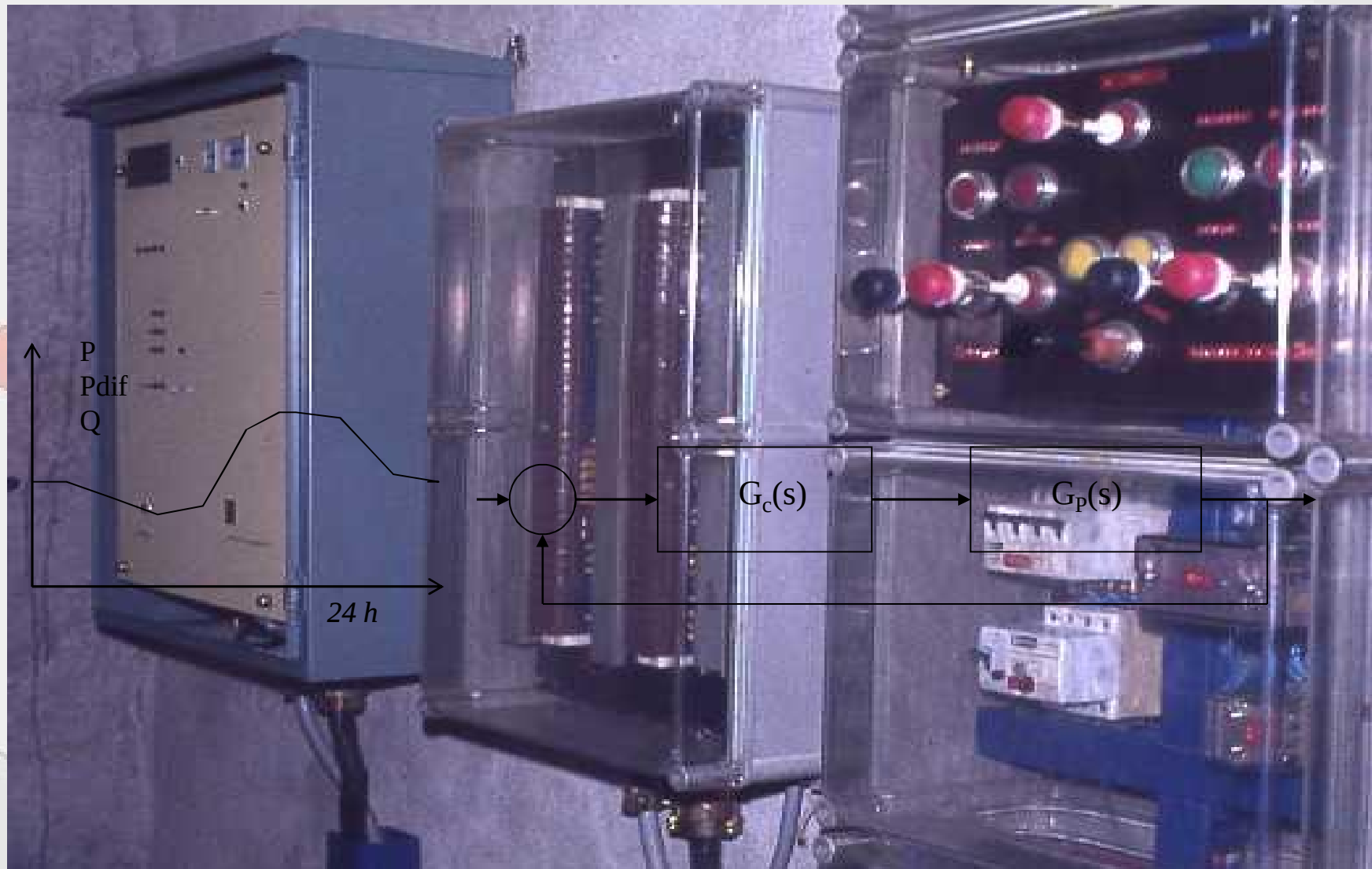


Si fos la nostre galàxia
estariem aquí

- 100,000,000,000 stars
- gas i pols estelar (en espirals)
- 100,000 anys llum
(or 1,000,000,000,000,000,000 km)

A point in history

-1975-76: Sistema de control de vàlvulas d'una estació de distribució d'aigues.



A point in history

-1984-86: Disseny d'un *Simulador de Navegación y Maniobra II*.



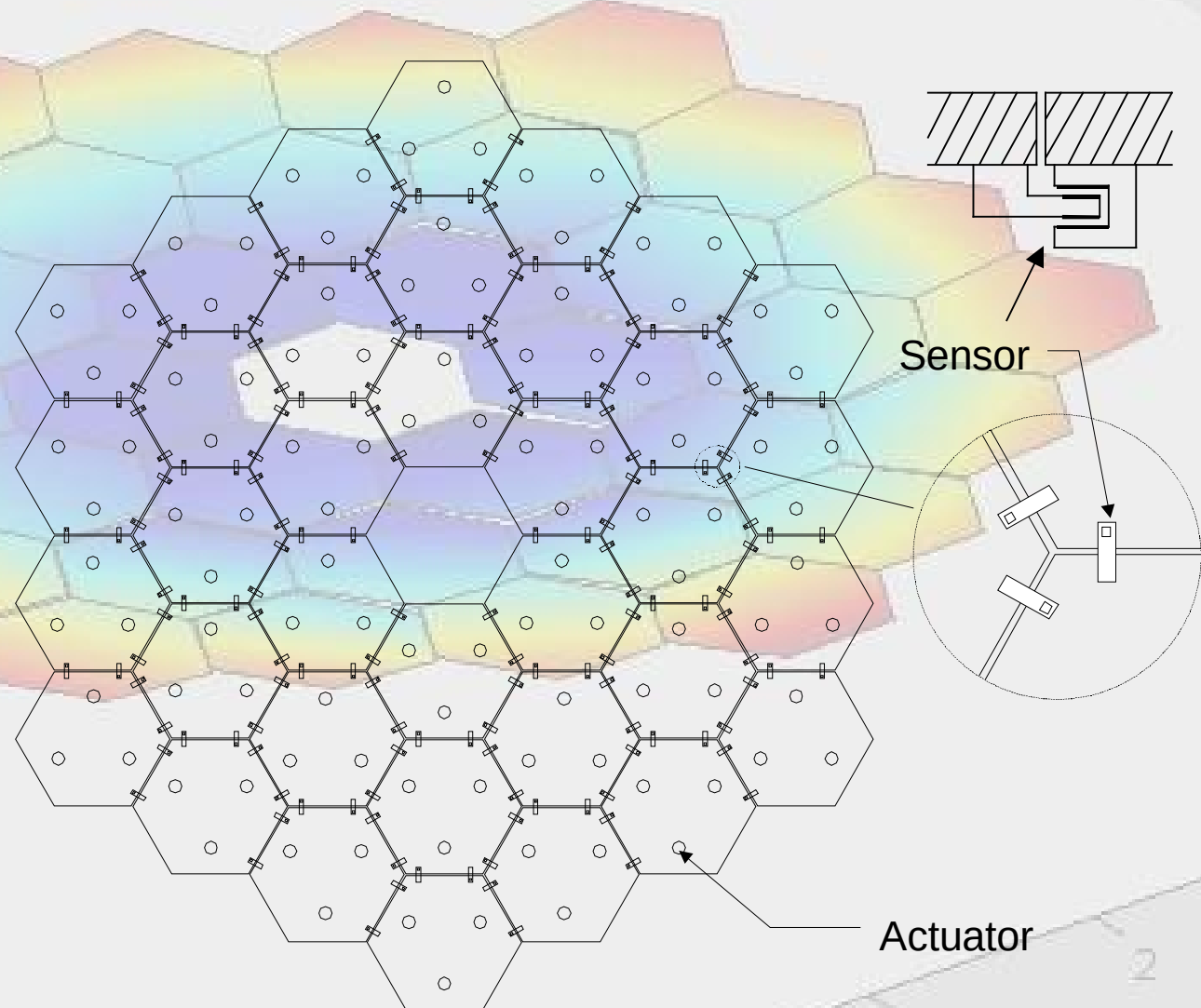
A point in history

1987-1988: Projecte "*Active Control System of the W.M.Keck Telescope*" CARA

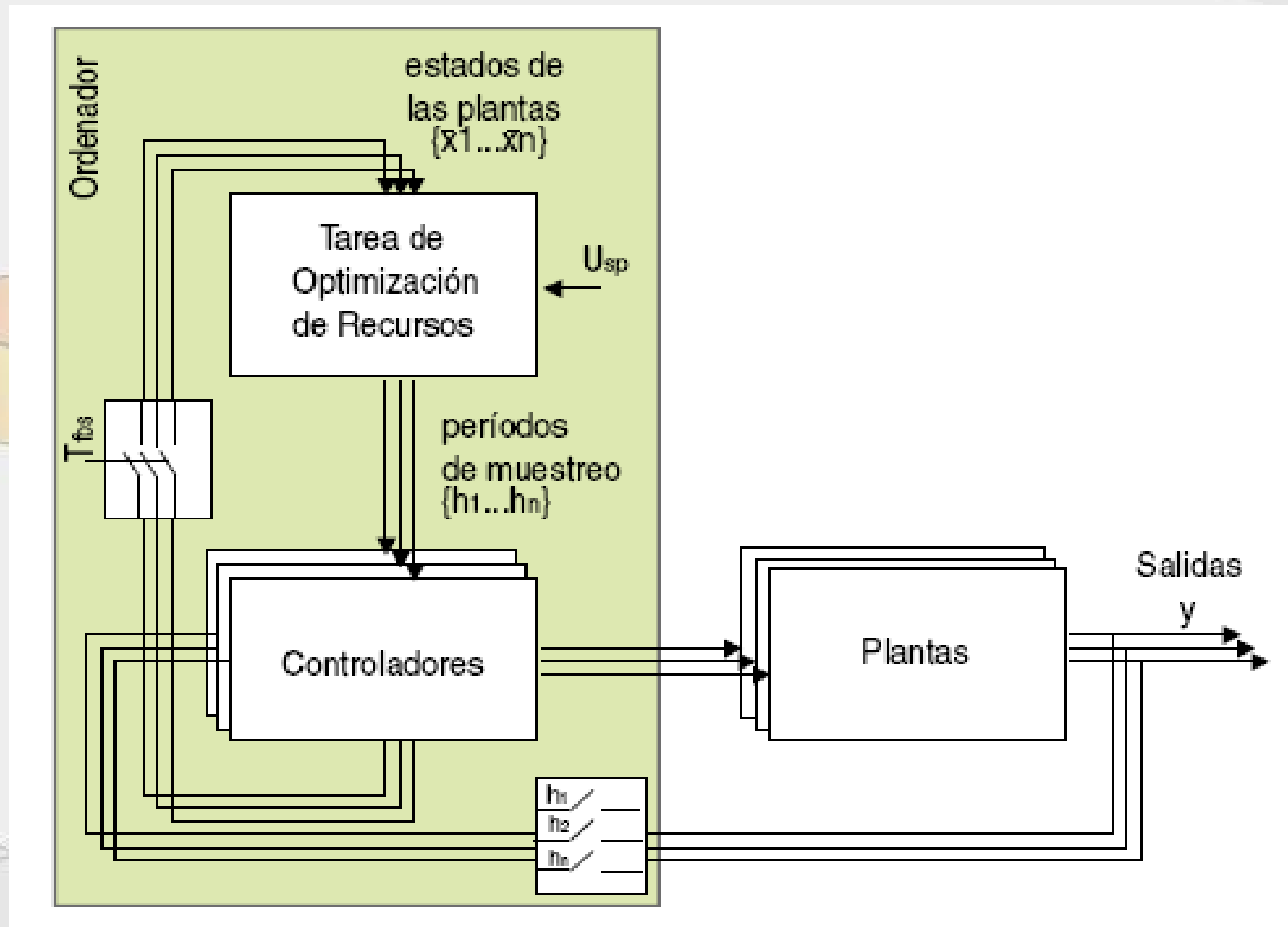
Invited postdoc al *Lawrence Berkeley Laboratory (USA)*

Primary mirror
configuration,
with 36
segments,
168 sensors and
108 positioners.

Sensibility in
sensors and
actuators,
aprox. 4 nm
(10^{-9} m)
 $i:: 1/200$

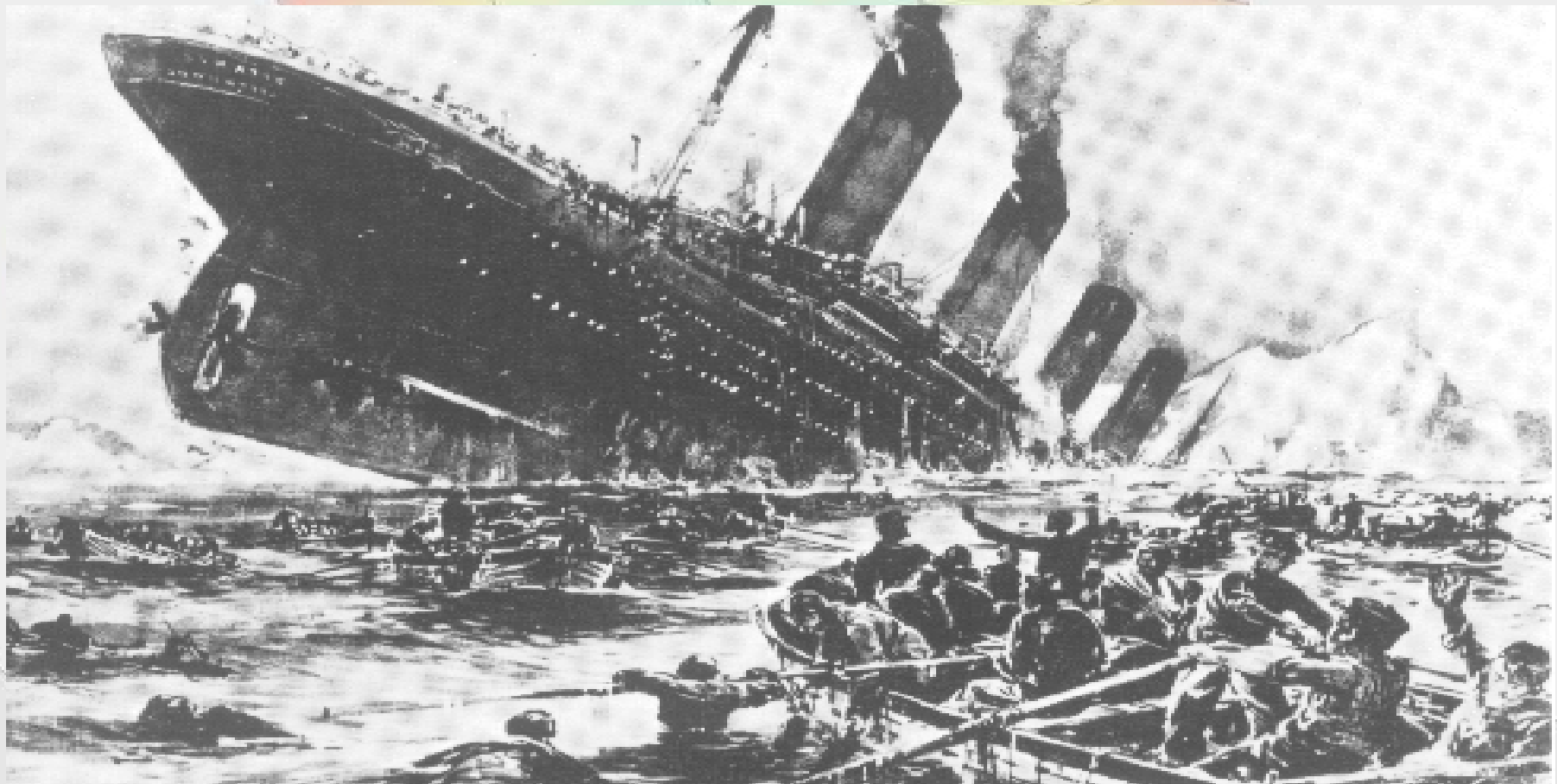


Automotive energy management project: cyclic



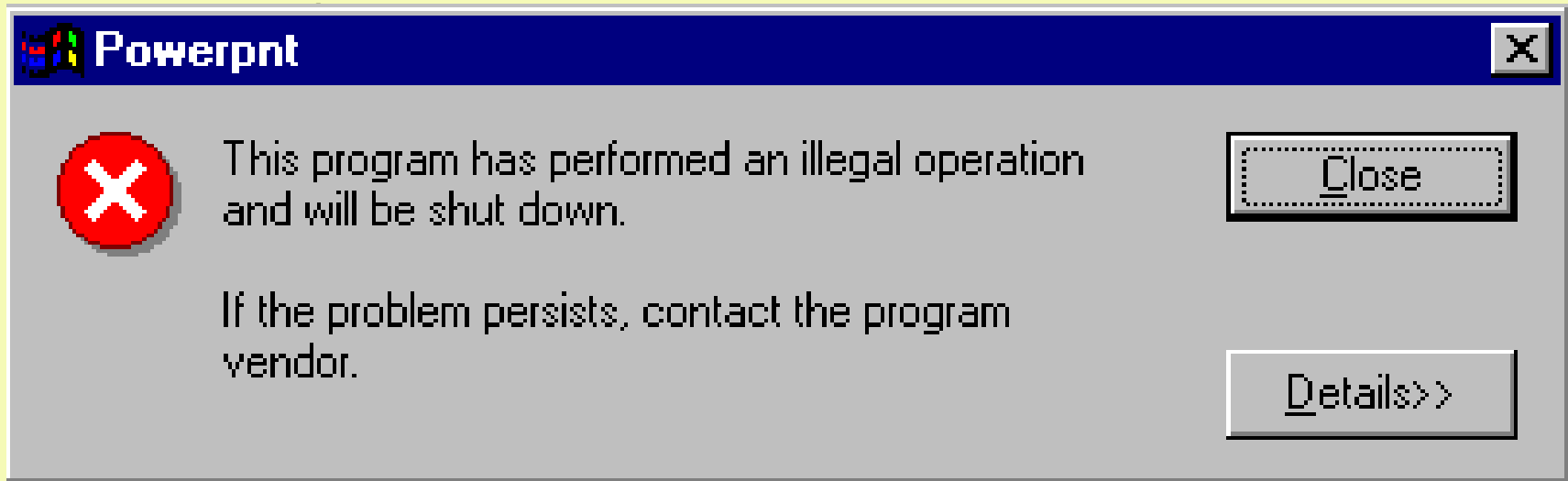
Els grans reptes: perquè????

El Titanic es va esfonsar per culpa d'un iceberg o per culpa d'un error ... de disseny ... ?



Quines són les qüestions?

- Anem un pas darrera els primers ... Conseqüències.
- Mètodes alternatius d'enfrontar el disseny. Neil Gerhenstein
- Seguretat, tant en el disseny, en l'operació i en l'accés:

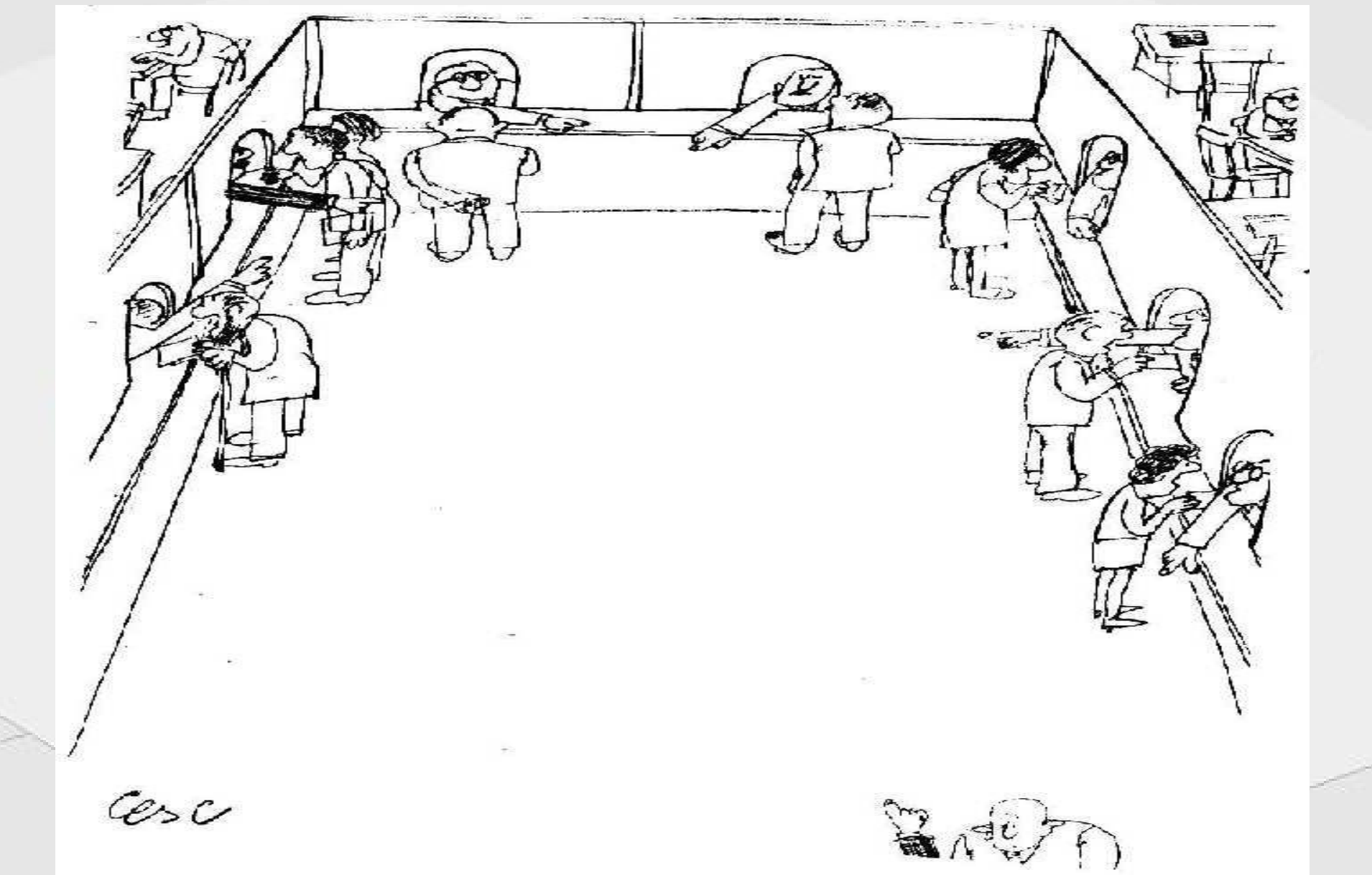


- Dependència de les noves tecnologies. Èmfasi en la tecnologia o la informació que aquesta permet usar, i ...

Els grans reptes: perquè???



voleu fer preguntes ?



Aula d'Extensió Universitària del Col·legi i Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya



Institut
d'Estudis
Catalans



Enginyers
Industrials de Catalunya

Tecnologia i Astronomia. Telescopis en els límits tecnològics

Dr. Josep M. Fuertes i Armengol,

Enginyer Industrial. Catedràtic d'Universitat a la UPC

Dept. d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial

President de la Societat Catalana de Tecnologia (IEC)

La Balmesiana
dimecres 13 de maig 2010