

# Qu'est ce que l'interférométrie en astronomie ?

Pierre Léna

Professeur émérite

Université Paris Diderot & Observatoire de Paris

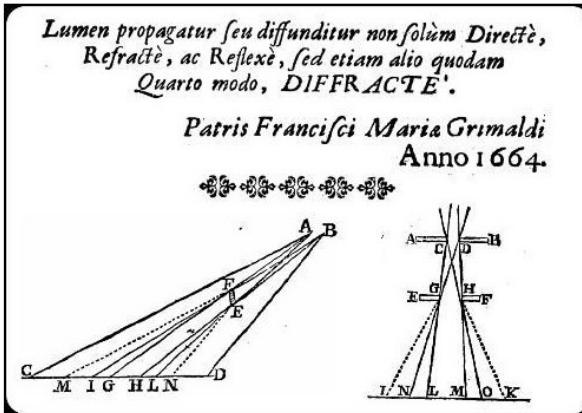
[www.academie-sciences.fr/academie/membre/Lena\\_Pierre.htm](http://www.academie-sciences.fr/academie/membre/Lena_Pierre.htm)

*Conférence publique, Barcelonnette, 11 Septembre 2013*

*Ecole VLTI, organisée par l'Observatoire de Nice*

# *La nature de la lumière au XVII<sup>e</sup> siècle*

- René Descartes (1596-1650)
  - Francesco Grimaldi (1618-1663)
  - Pierre de Fermat (1601-1665)
  - Christiaan Huygens (1629-1695)  
*longitudinales*
  - Robert Hooke (1635-1703)
  - Olaf Römer (1644-1710)
  - Malebranche (1638-1715)
  - Isaac Newton (1643-1727)
- pressure instantanée  
diffraction  
économie naturelle  
vibrations  
vibrations transversales  
vitesse finie  
couleur et fréquence  
flux de corpuscules



# La marée dans le Golfe du Tonkin

## Francis Davenport, 1678-1684

### THE TONKIN TIDES REVISITED

by

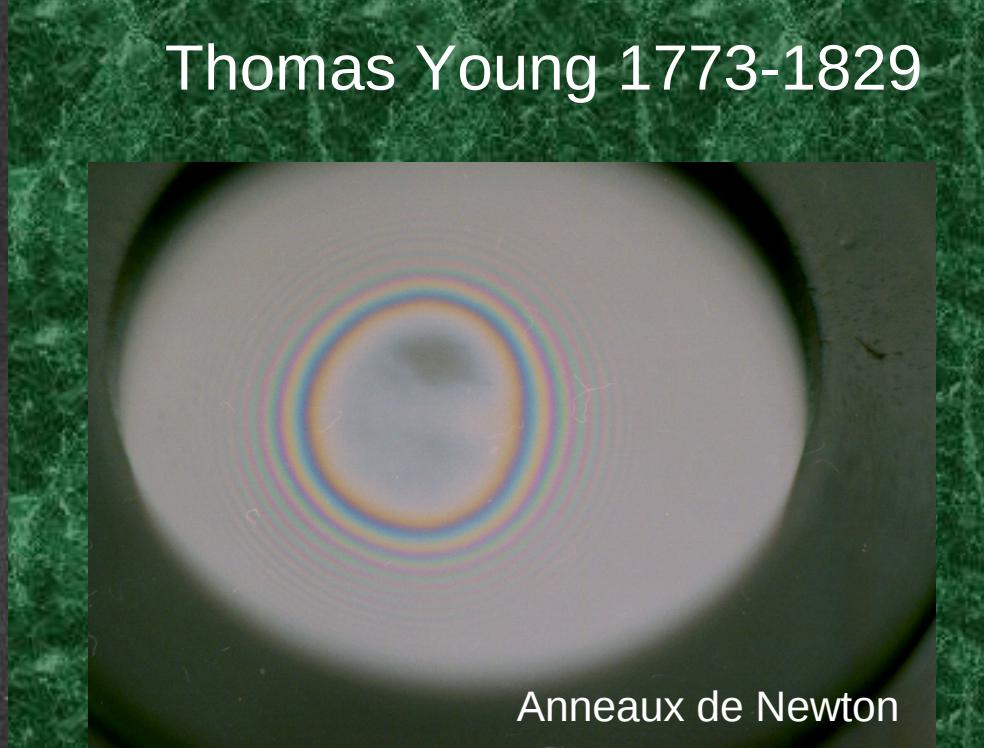
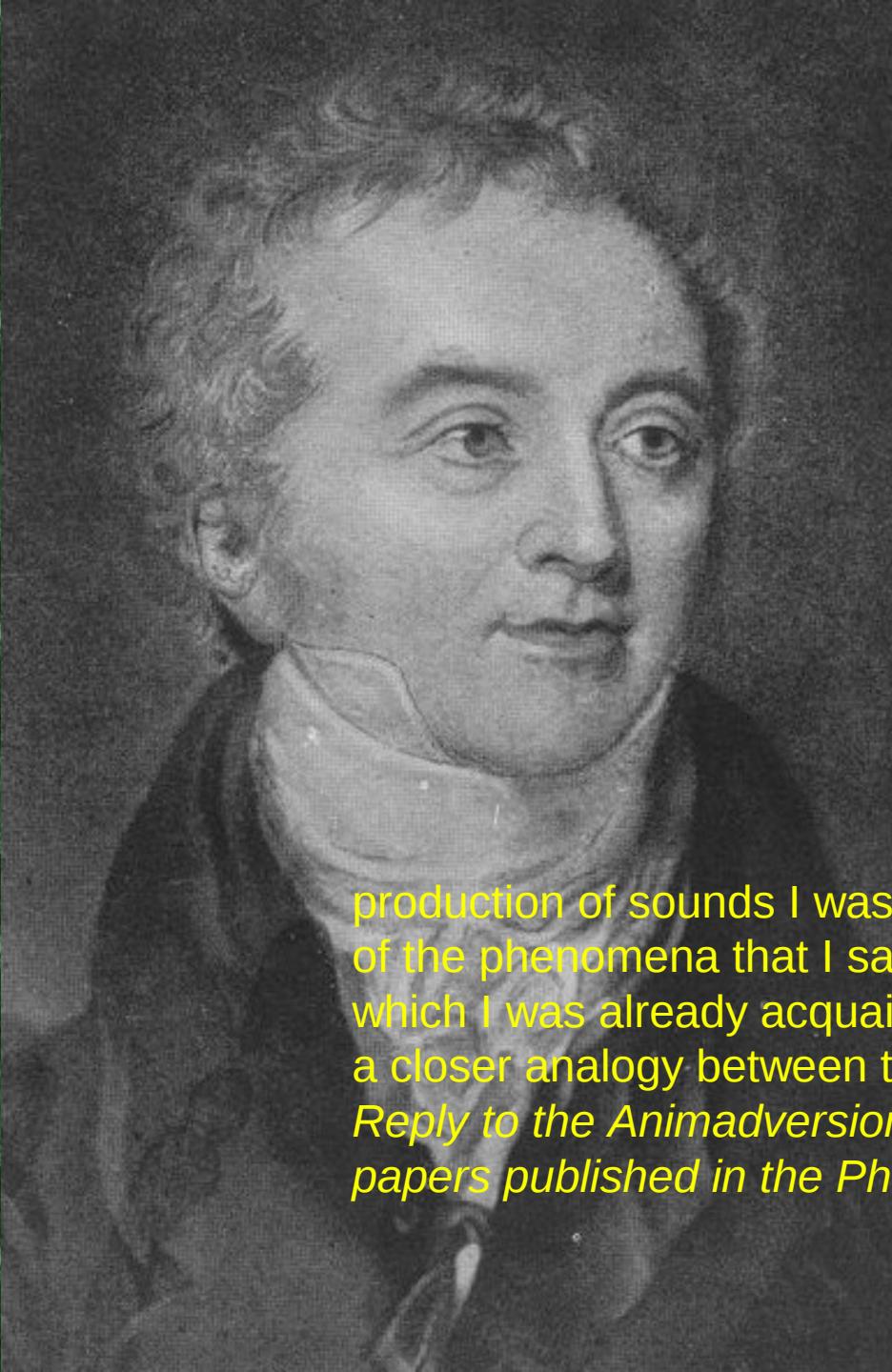
DAVID E. CARTWRIGHT FRS

*3 Borough House, 72 Borough Road, Petersfield, Hampshire GU32 3LF, UK*

### SUMMARY

A description of the once-daily tides of the Gulf of Tonkin in 1678 came at an awkward time for natural philosophers, before Newton's *Principia* had been published. Halley (in 1684) noticed the strong dependence on lunar declination (not phase), but was over-hasty in trying to reduce the varying amplitudes to a simple rule. Newton proposed a mechanism for the absence of the half-daily tide, but admitted that further observations were required to confirm it. Another explanation was made by Euler in 1740. The exact site of the original observations is obscure but is here identified through Dampier's *Voyages*. The subsequent history of prediction practice is briefly summarized, and attention is drawn to a recent computer model of the South China Sea that belatedly solves all the outstanding problems.

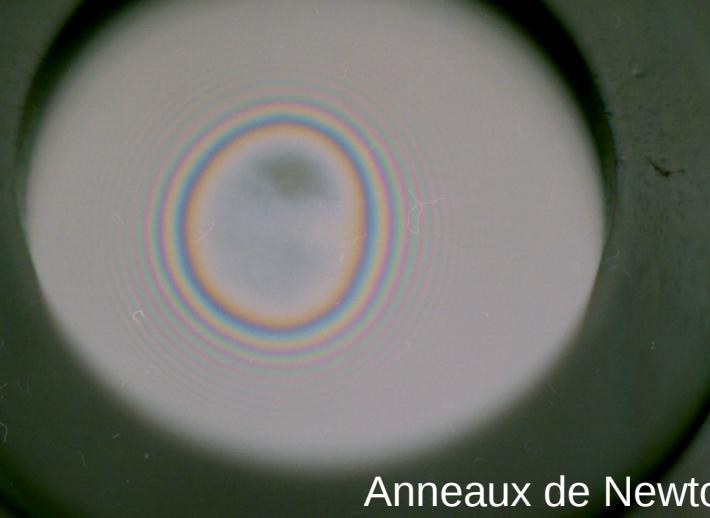
# Thomas Young 1773-1829



Anneaux de Newton

in making some experiments on the production of sounds I was so forcibly impressed with the resemblance of the phenomena that I saw, to those of the colours of thin plates, with which I was already acquainted, that I began to suspect the existence of a closer analogy between them than I could before have easily believed.  
*Reply to the Animadversions of the Edinburgh Reviewers, on some papers published in the Philosophical Transactions, London, 1804.*

after a portrait by Sir Thomas Lawrence



Anneaux de Newton

## Première détermination de la longueur d'onde d'une lumière **425-675 nm**

Bakerian Lecture 1802

Fig. 352.

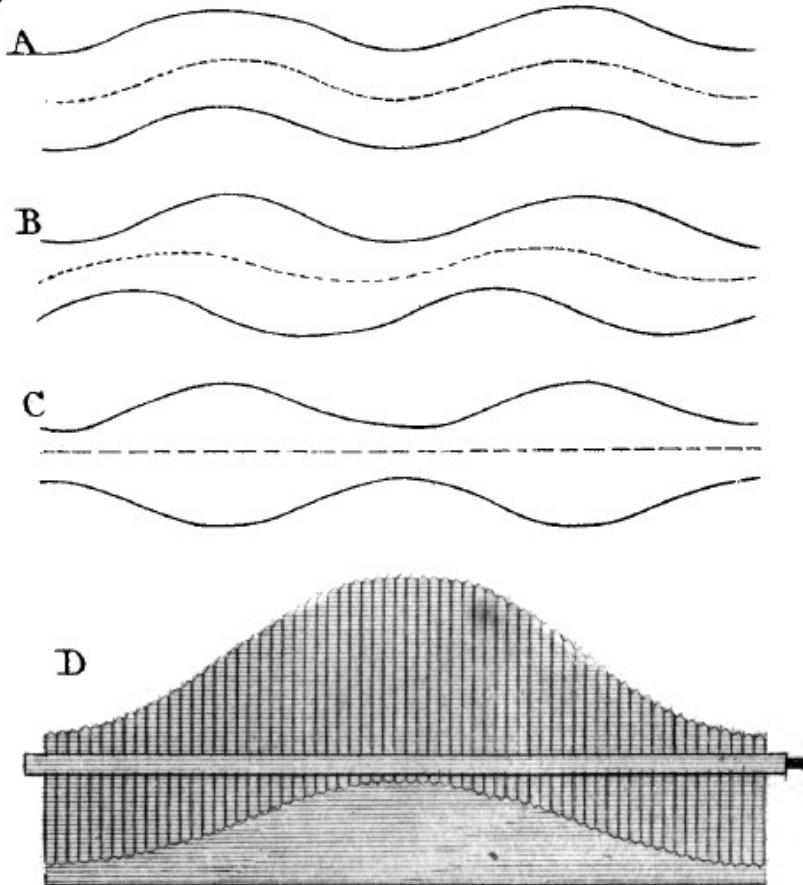


Figure 2. A figure from Young's *Lectures on Natural Philosophy* showing constructive and destructive interference of waves. The solid lines show the two component waves and the central, broken, line shows the compound vibration reduced to half its real extent. Lines A–C show the component waves in different phase relationships. Line D represents an instructional device for finding the combined effect of two waves: one component wave is formed by sliders of different length, the second by a shaped board on which the first can be placed (Young 1807).

Young, T. 1807 *A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts*. London: J. Johnson.

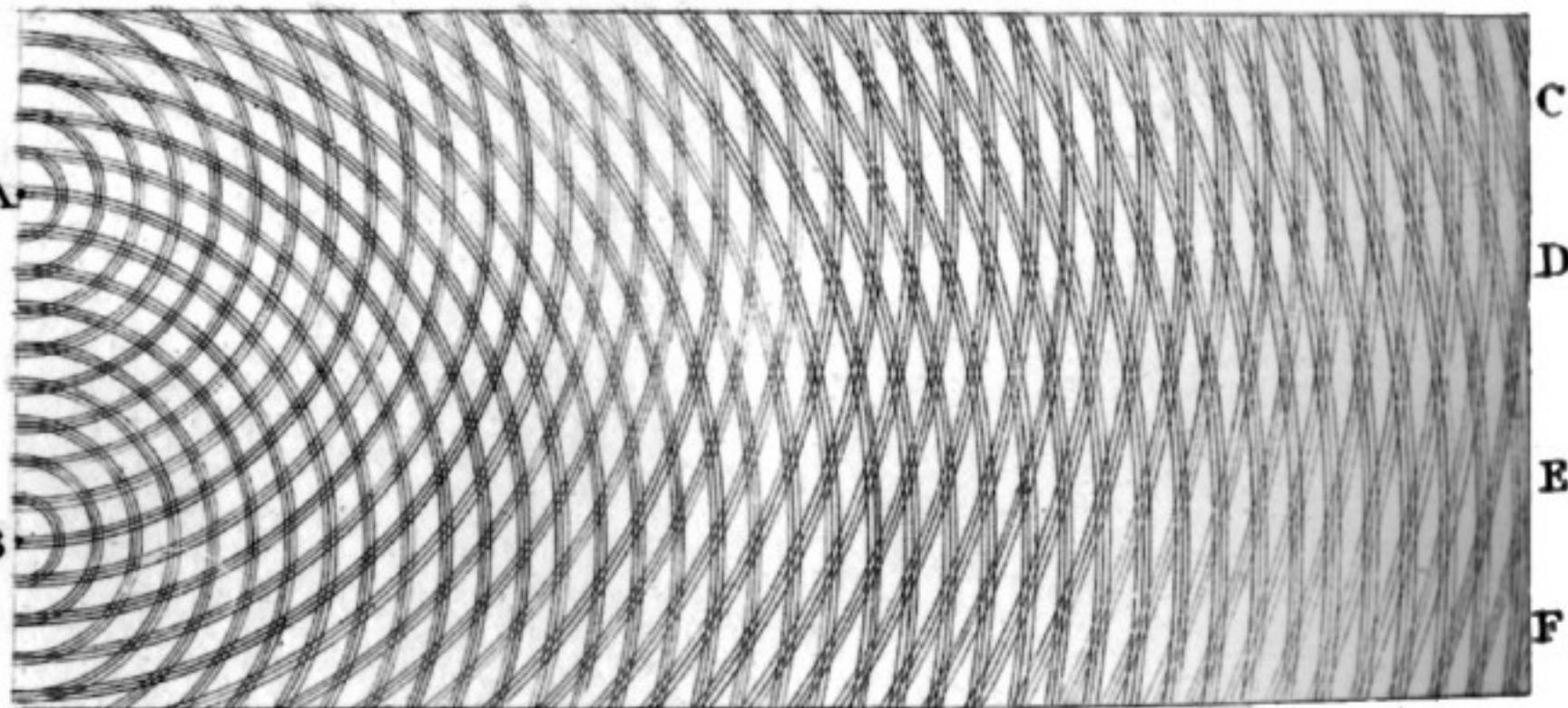
## La naissance d'un nouveau concept physique

...But the general law, by which all these appearances are governed, may be very easily deduced from **the interference** of two coincident undulations, which either cooperate, or destroy each other, in the same manner as two musical notes produce an alternate intension and remision, in the beating of an imperfect unison.

Young, T. (1802)

*...peut-être l'une des expériences qui a le plus influencé  
le développement de la physique moderne.*

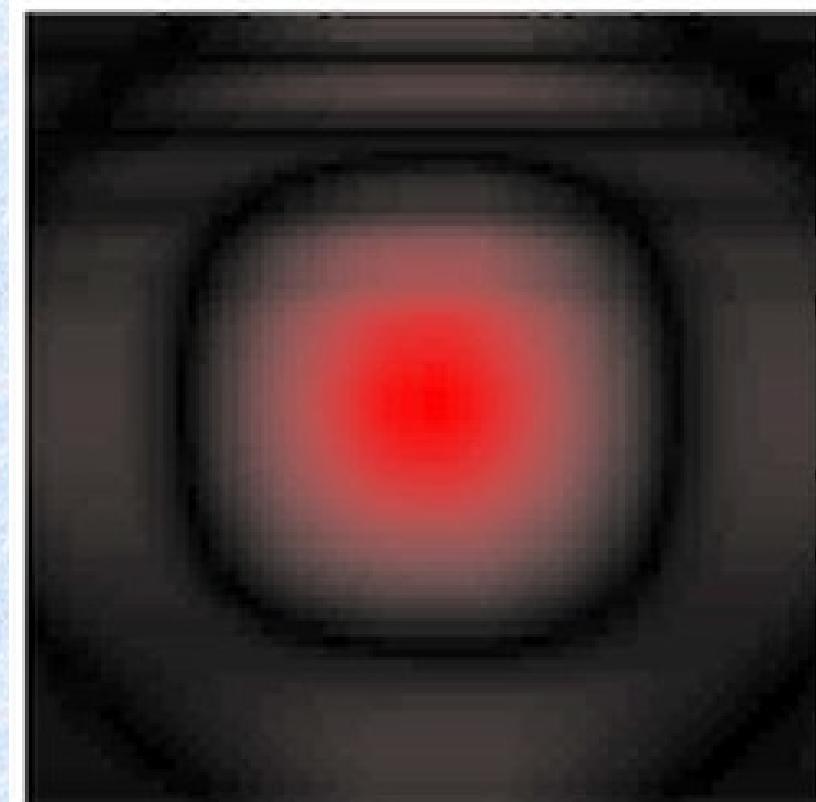
Fig. 267.



Young, T. 1804 Experiments and calculations relative to physical optics.  
*Phil. Trans. R. Soc. Lond.* **94**, 1–16.  
Figure extraite de la publication de 1807.

*In order that the effects of two portions of light may be thus combined, it is necessary that they be derived from the same origin, and that they arrive at the same point by different paths, in directions not much deviating from one another. . . **the simplest case appears to be, when a beam of homogeneous light falls on a screen in which there are two very small holes or slits**, which may be considered as centres of divergence, from whence the light is diffracted in every direction. In this case, when the two newly formed beams are received on a surface placed so as to intercept them, their light is divided by dark stripes into portions nearly equal, but becoming wider as the surface is more remote from the apertures. . . .*

(Young 1807)



Film Andréas Glindeman 2003

## *La destinée astronomique des franges d'Young*

- Une idée géniale

Hippolyte Fizeau (Paris 1868) & Edouard Stephan (Marseille 1874)

- La première mesure du diamètre d'une étoile

Michelson (1891), avec Francis Pease (1920) au Mt. Wilson (Calif)

- Interférométrie des radio -fréquences

Australie 1946 & Martin Ryle (Cambridge 1950)

- Renaissance de l'interférométrie optique

E.S. Kulagin (1970) & Antoine Labeyrie (1975)

- Floraison sur le plateau de Calern, puis....

L'interféromètre VLTI du *Very Large Telescope* (Chili 2003)

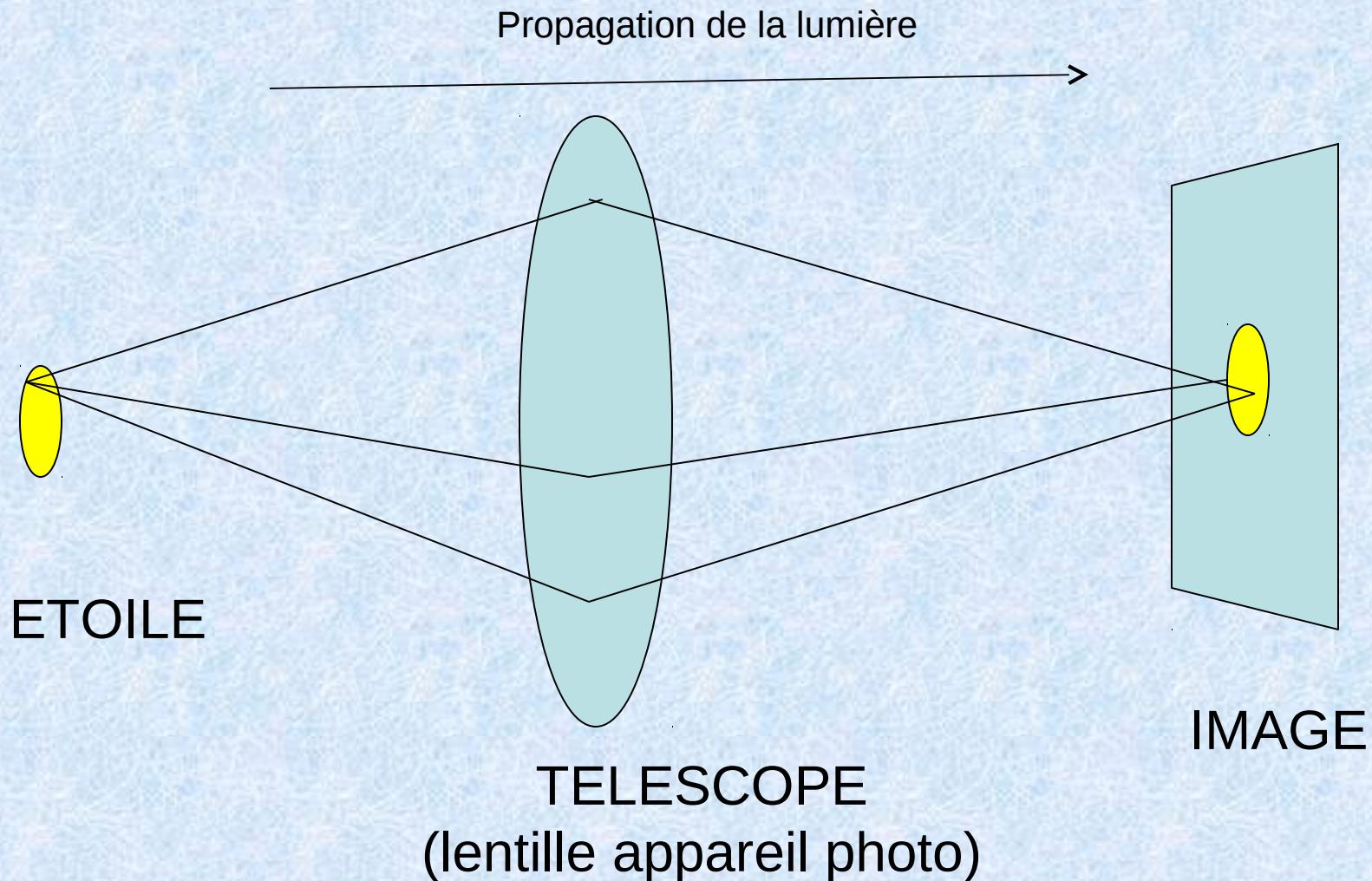
**ASTRONOMIE.** — *Sur les franges d'interférence observées avec de grands instruments dirigés sur Sirius et sur plusieurs autres étoiles; conséquences qui peuvent en résulter, relativement au diamètre angulaire de ces astres.* Extrait d'une Lettre de M. STEPHAN à M. Fizeau.

« ... Dans le cours d'un Rapport sur le prix Bordin, inséré au tome LXVI des *Comptes rendus*, vous vous exprimiez ainsi :

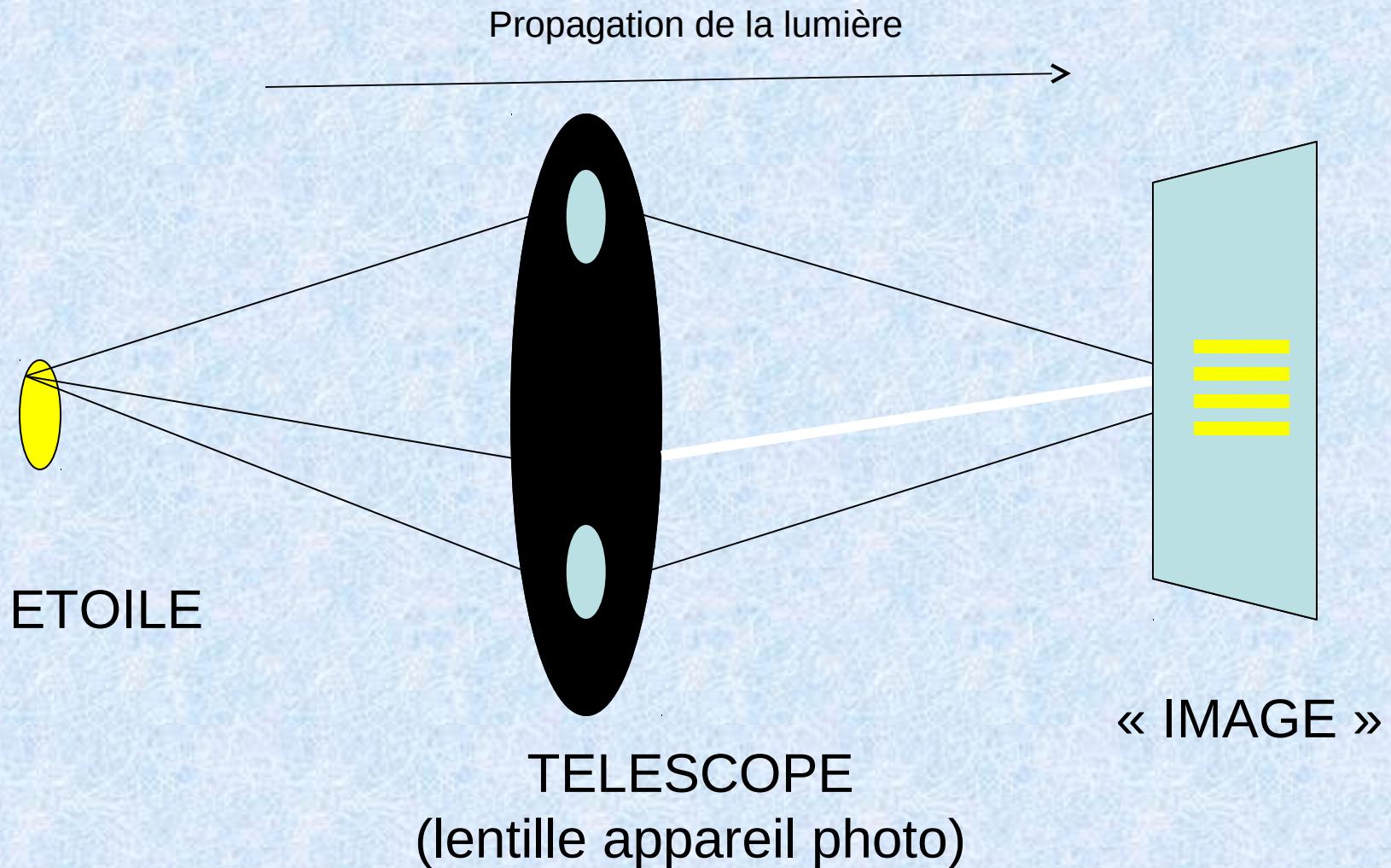
« Il existe, pour la plupart des phénomènes d'interférence, tels que les franges d'Young, celles des miroirs de Fresnel, et celles qui donnent lieu à la scintillation d'après Arago, une relation remarquable et nécessaire entre la dimension des franges et celles de la source lumineuse; en sorte que les franges, d'une ténuité extrême, ne peuvent prendre naissance que lorsque la source lumineuse n'a plus que des dimensions angulaires presque insensibles; d'où, pour le dire en passant, il est peut-être permis d'espérer qu'en s'appuyant sur ce principe et en formant, par exemple, au moyen de deux larges fentes très-écartées, des franges d'interférence au foyer des grands instruments destinés à observer les étoiles, il deviendra possible d'obtenir quelques données nouvelles sur les diamètres angulaires de ces astres. » 1868

Hippolyte Fizeau (1819-1896)

# Comment une image se forme t'elle ?



# Comment une « image » se forme t'elle ?



Petite étoile

Grosse étoile

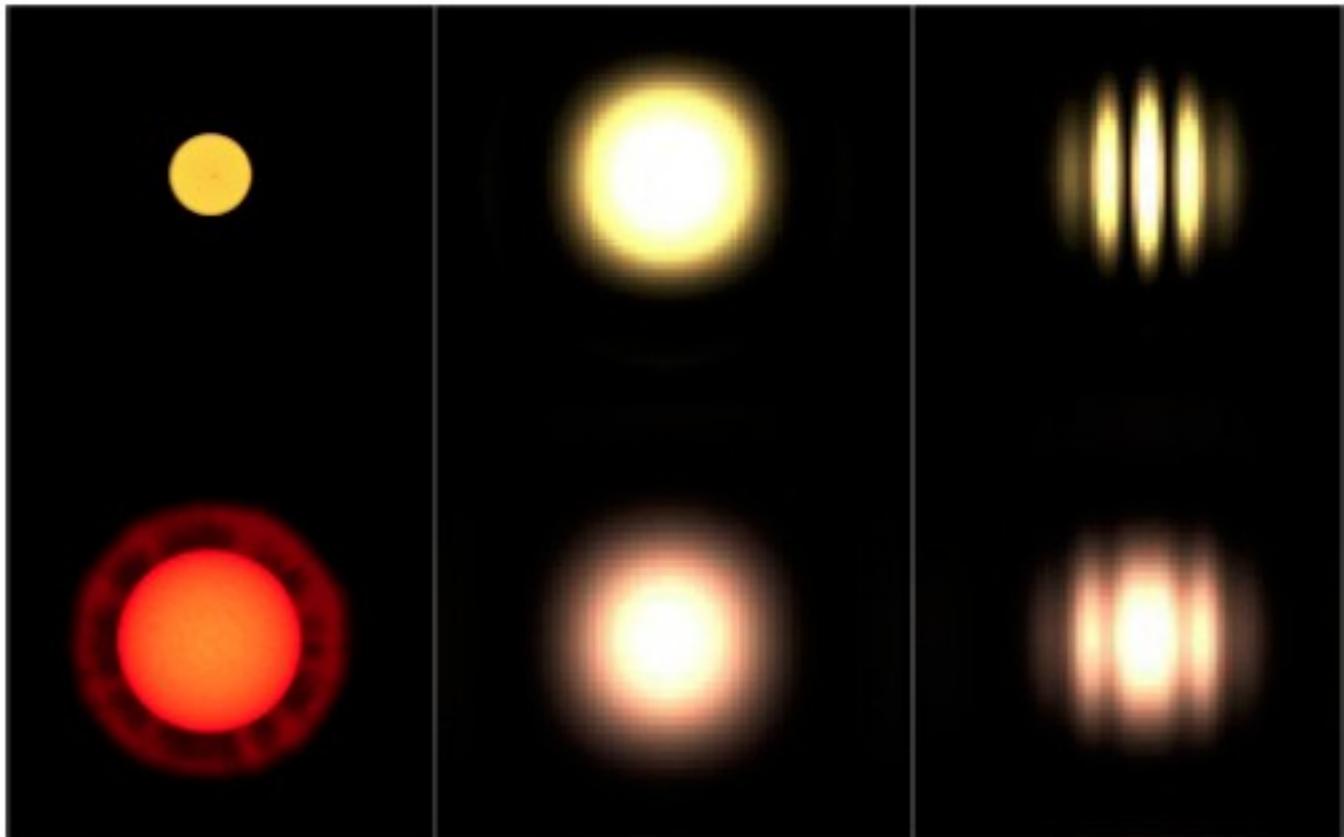
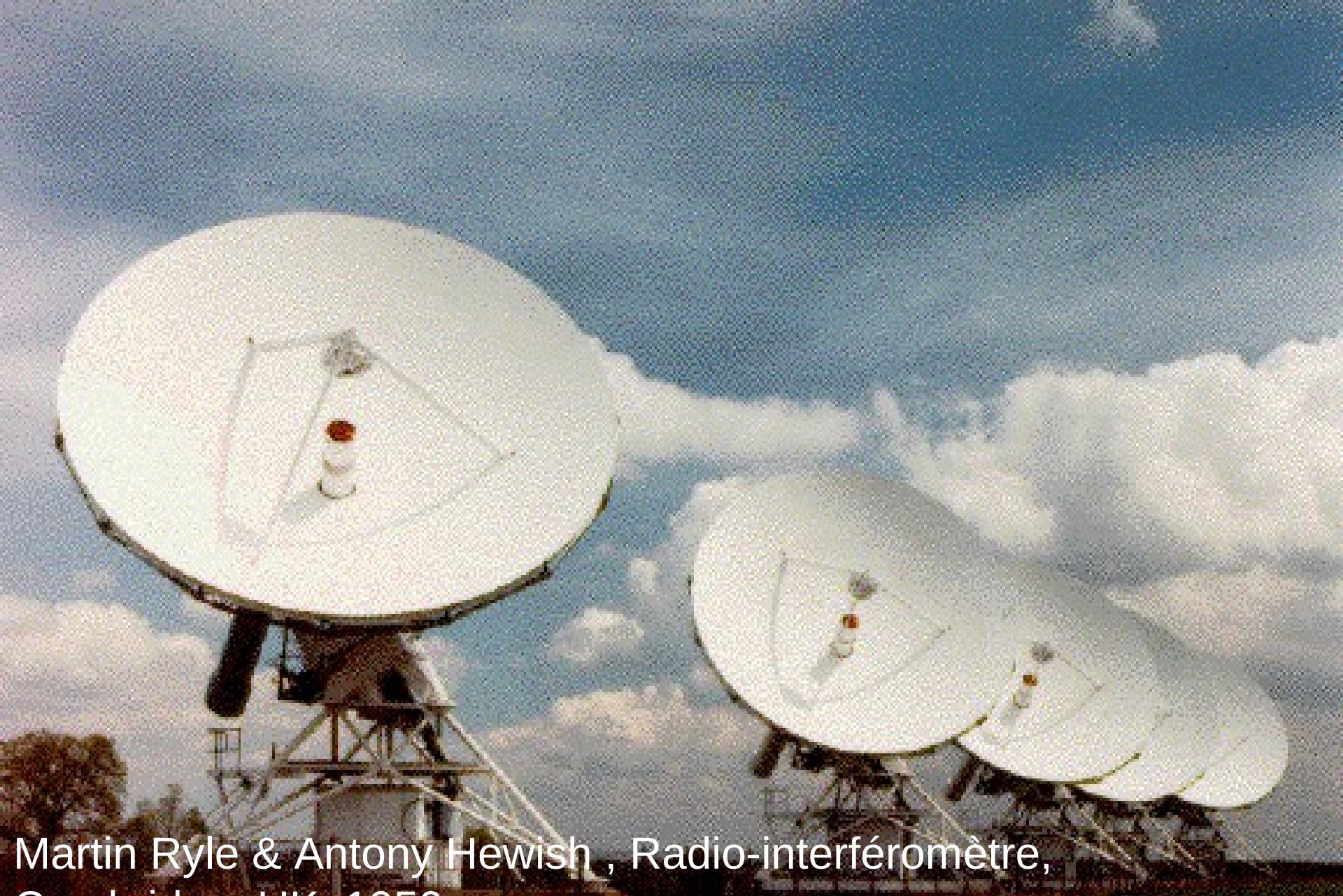


IMAGE avec..télescope+turbulence...interféromètre



Michelson (1920), télescope de  
5 m, Mt. Wilson, Californie



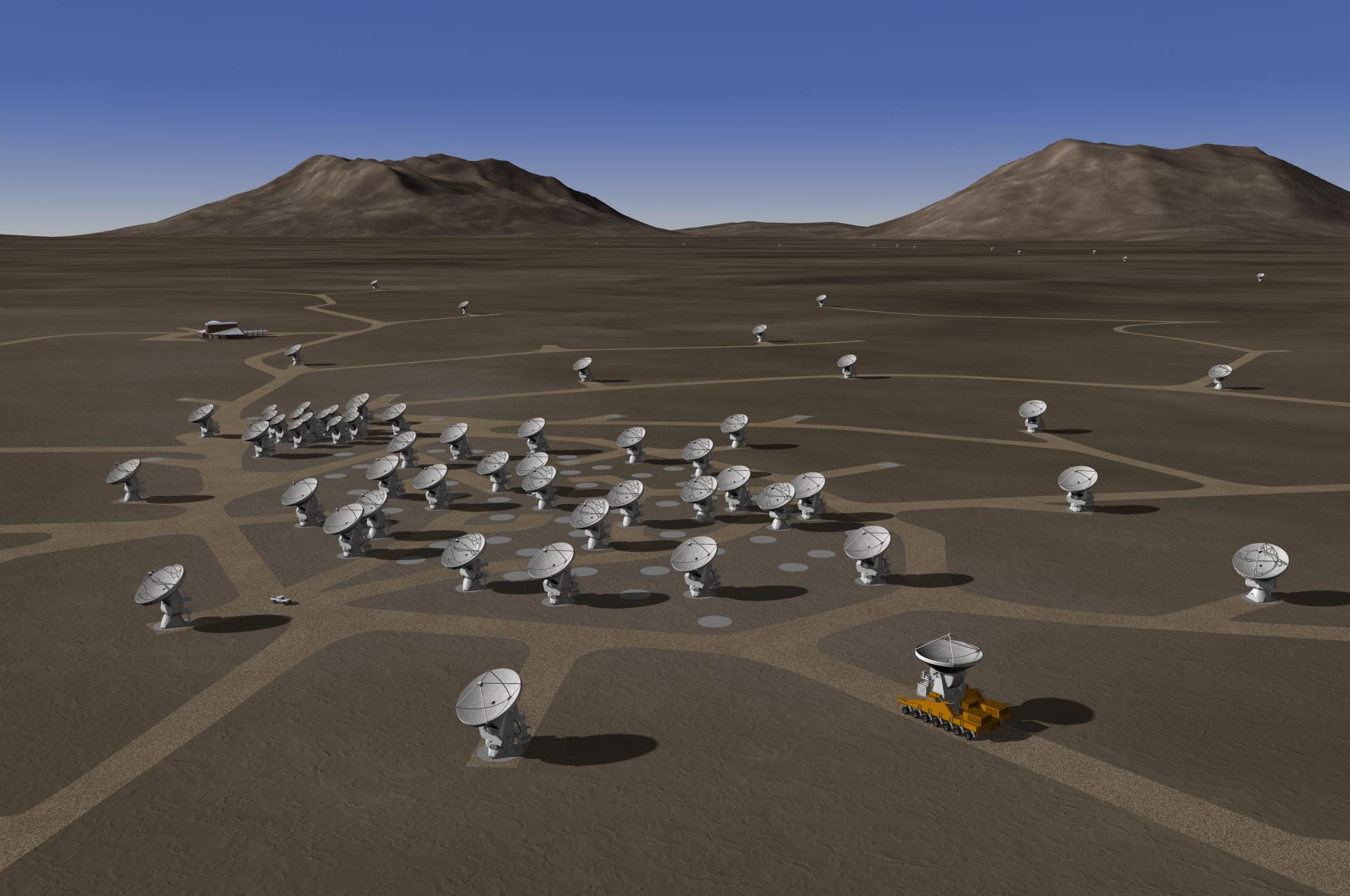
Martin Ryle & Antony Hewish , Radio-interféromètre,  
Cambridge, UK, 1950

Voir Haniff C., Baldwin, J., in *200 years of interference*, Phil.Trans, 360, 2002

Un radio-interféromètre astronomique

The *Very Large Array* (New-Mexico)





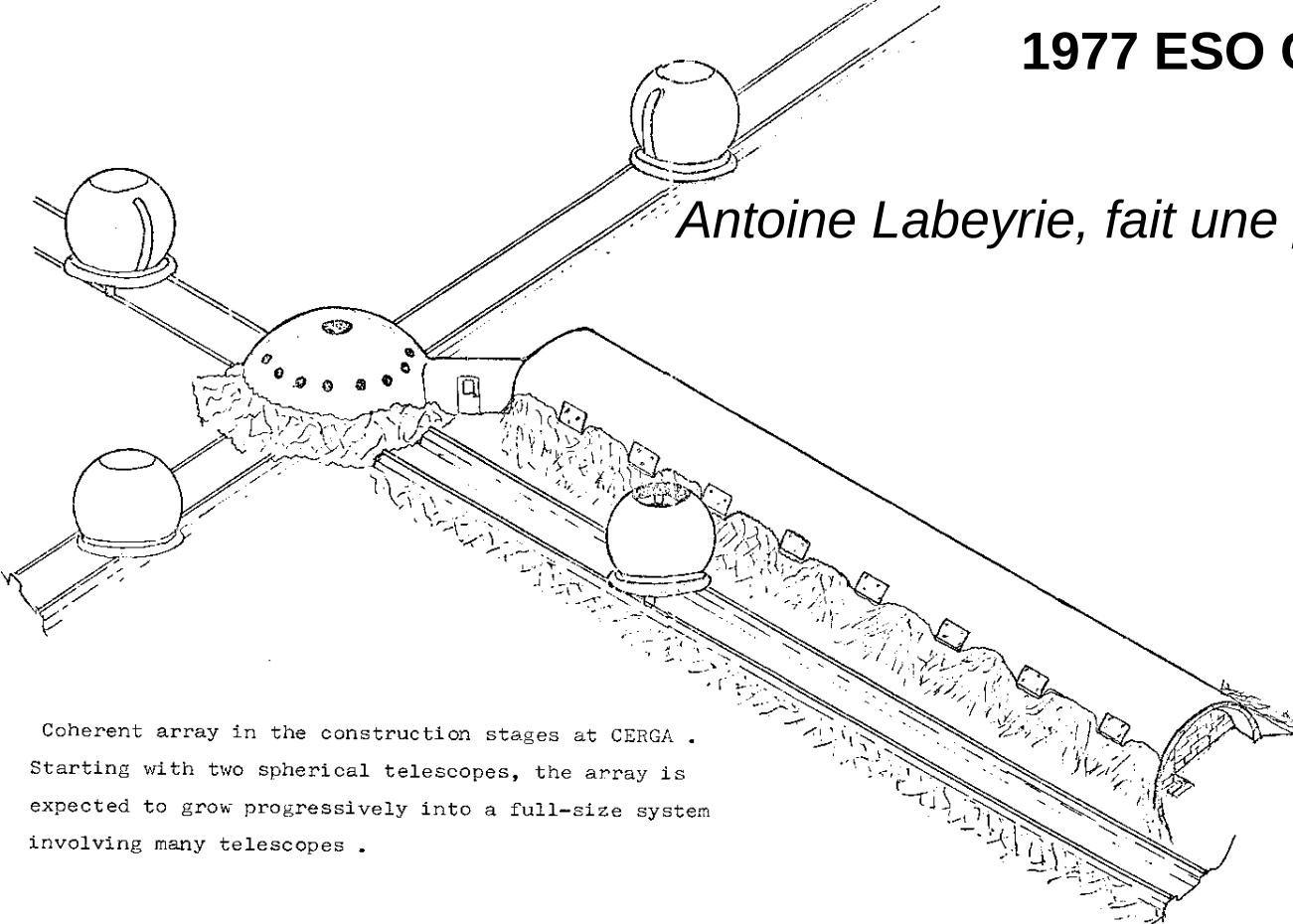
Plateau de Cerro Chajnantor (5100 m), Chili



THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 196:L71-L75, 1975 March 1  
© 1975. The American Astronomical Society. All rights reserved. Printed in U.S.A.



*Antoine Labeyrie, fait une proposition*

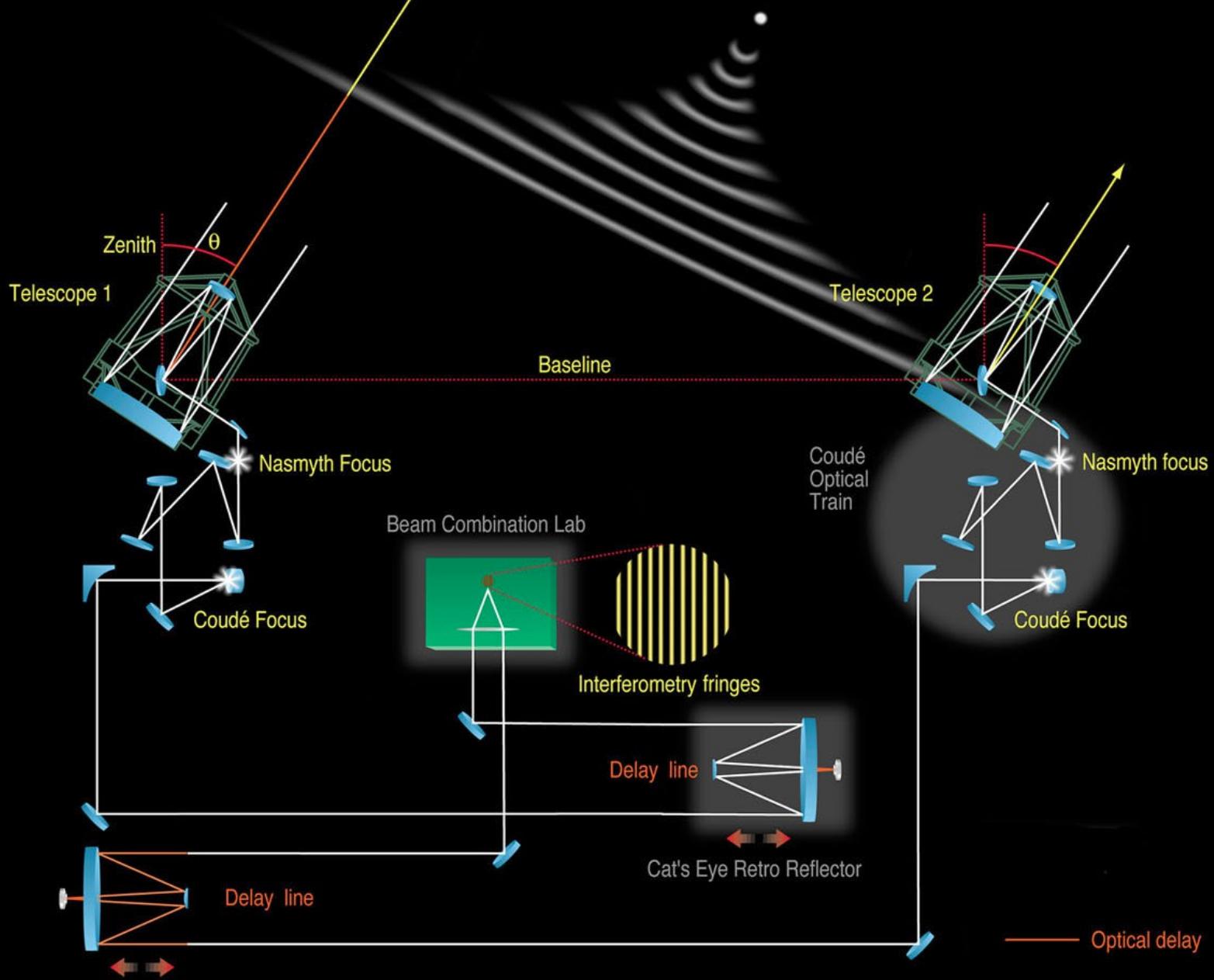


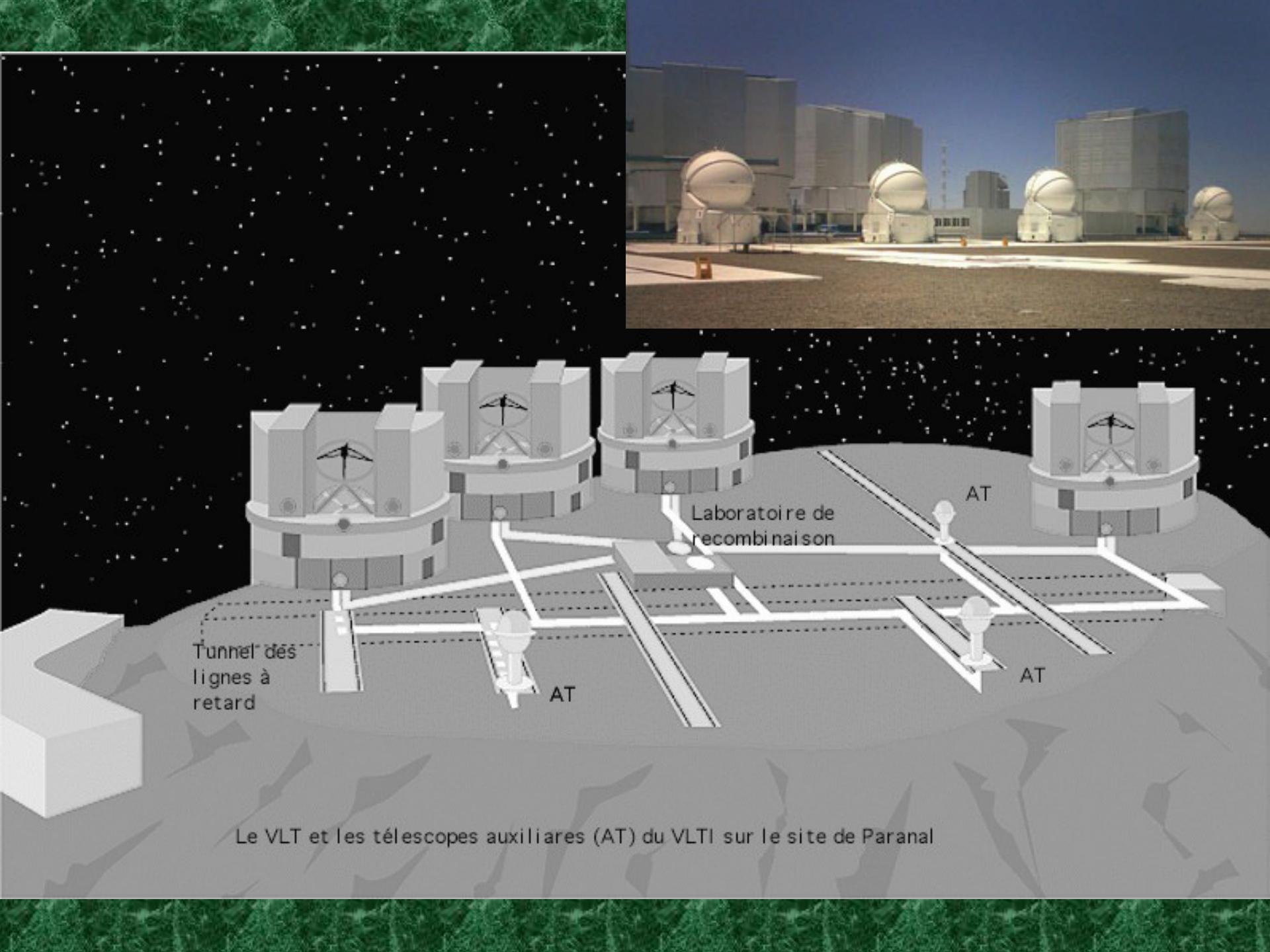
Coherent array in the construction stages at CERGA .  
Starting with two spherical telescopes, the array is  
expected to grow progressively into a full-size system  
involving many telescopes .

*...tandis que R. Hanbury est sceptique*

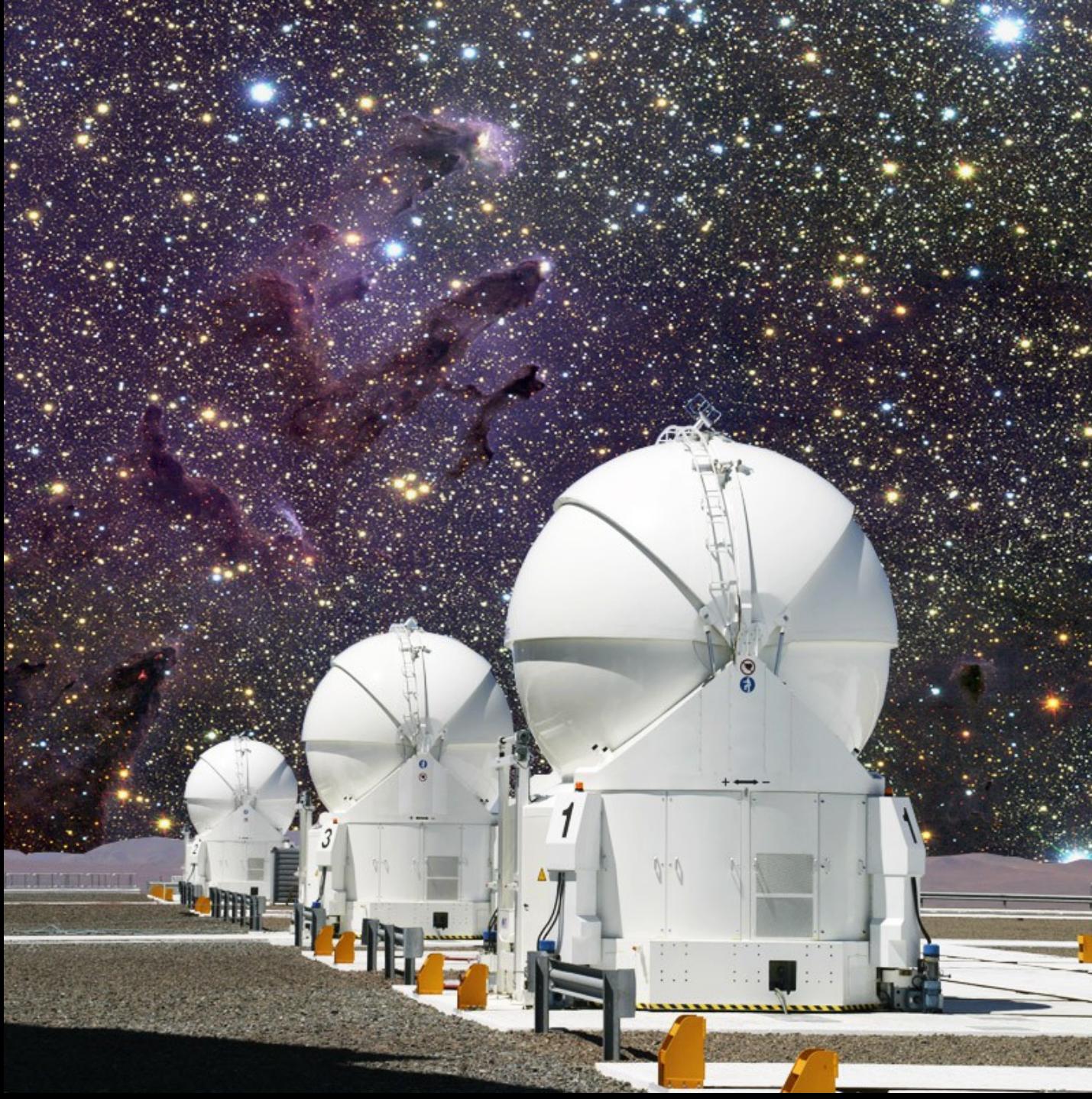
Indeed it might reach our "ideal" limiting magnitude of +9 or +10. Furthermore it looks, at first sight, as though it might be cheaper to build. However, we have serious doubts about its accuracy in the presence of atmospheric scintillation and also about its performance at long baselines.

# Le principe du VLT Interferometer (Cerro Paranal, Chili)

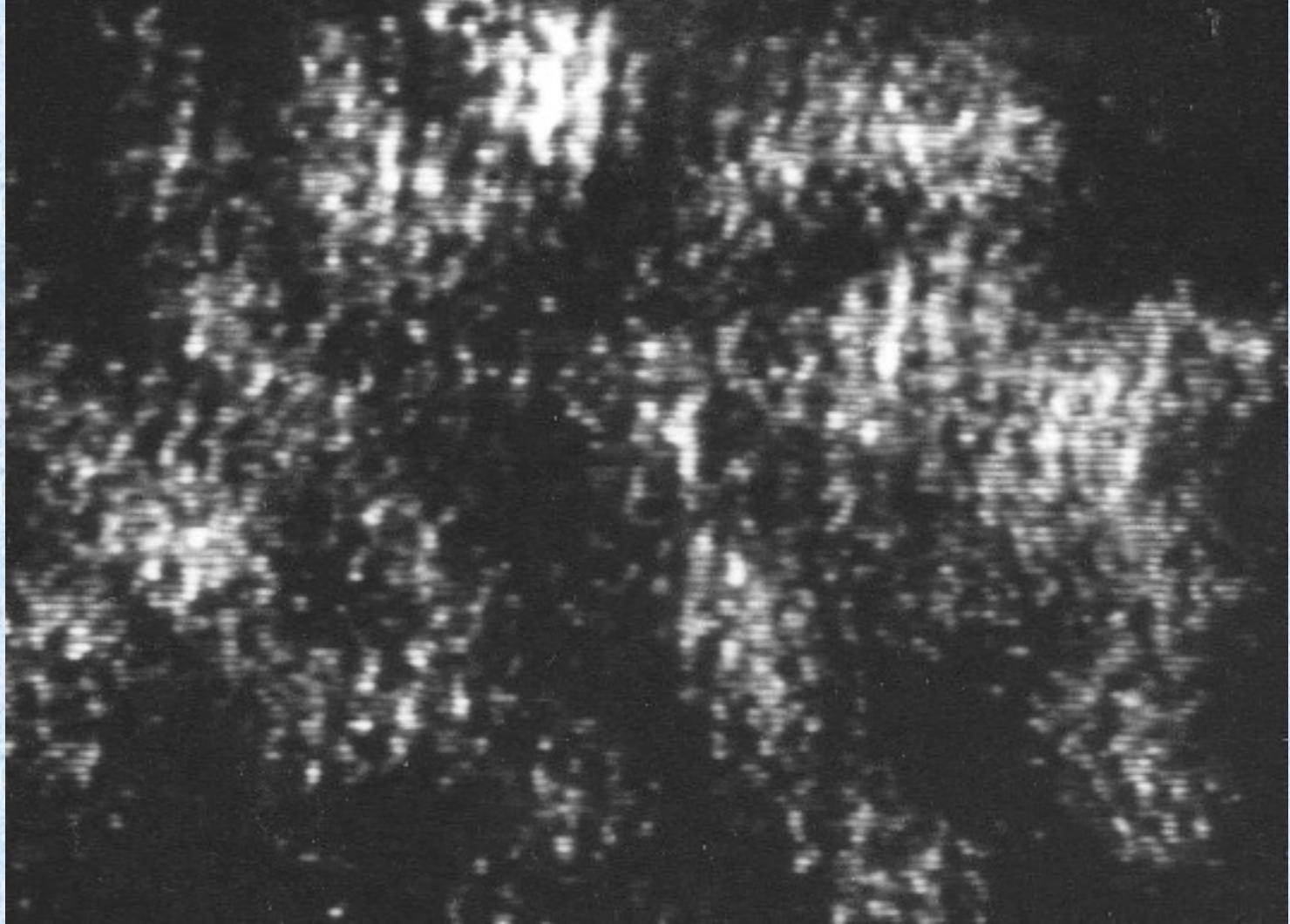




Le VLT et les télescopes auxiliaires (AT) du VLTI sur le site de Paranal

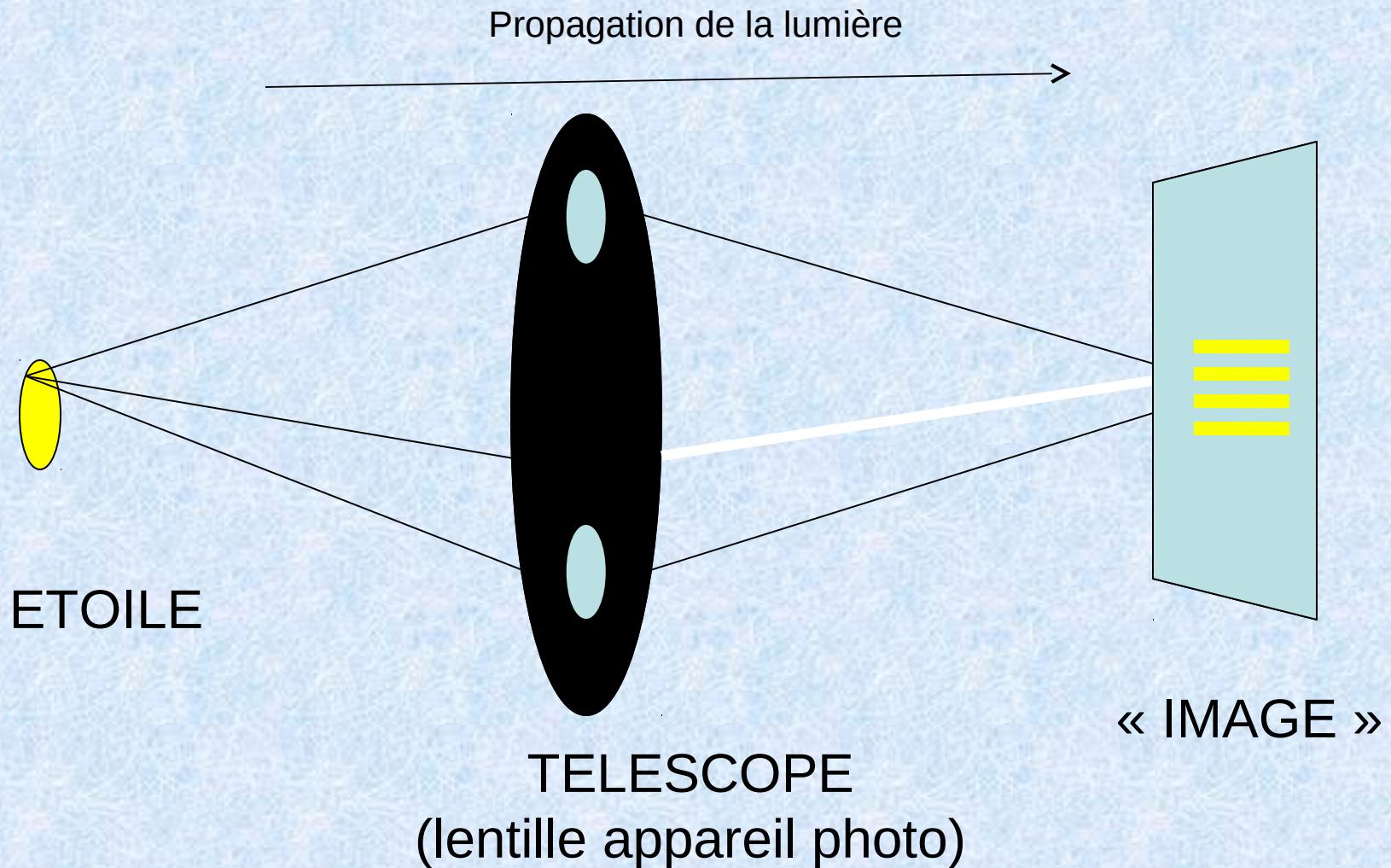


Deux ouverture d'Young sur un télescope de 6 m



*Une difficulté majeure : la turbulence atmosphérique*

# Comment une « image » se forme t'elle ?



# 1989 – Naissance de l'optique adaptative pour l'astronomie

**ONERA**

**SYSTEME D'OPTIQUE ADAPTATIVE "COME-ON"**  
**( C ge, O bservatoire de M eudon, E so, ON ERA)**

**Première démonstration en astronomie de la correction en temps réel de la turbulence atmosphérique**

J.Fantanelle  
Poujat  
V.Miel  
Ph.Carrée  
Blaizot  
M.P.  
Gueret  
Tajan

C. de Bell  
Aberg

1"



Image non corrigée      Image corrigée

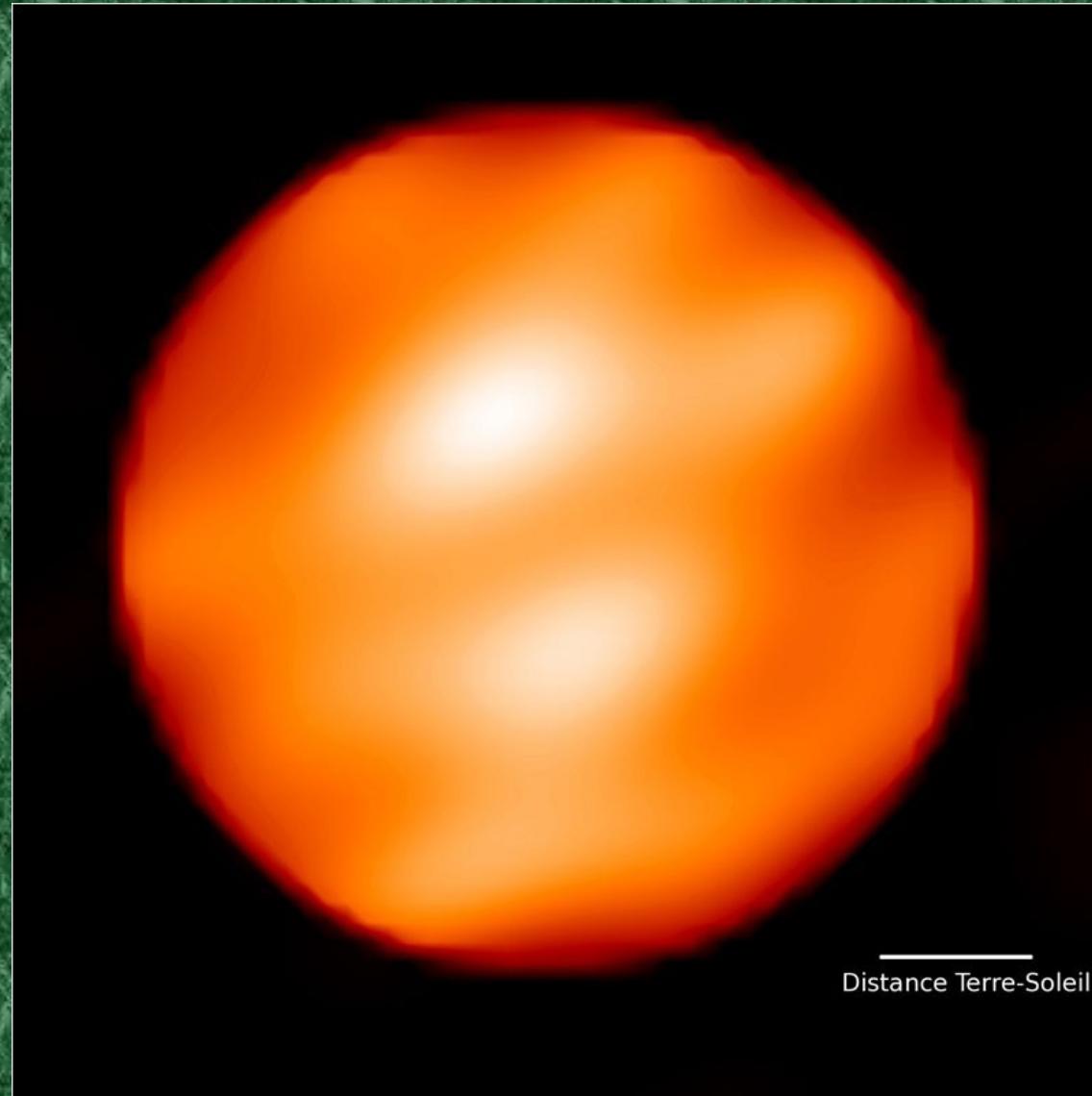
Observatoire de Haute Provence, Octobre 1989,  
Télescope de 1,5m       $\gamma_2$  Andromède,  $\lambda = 2,2\mu\text{m}$

PHYSIQUE DIVISION OPTIQUE

# La surface de l'étoile Betelgeuse ( $\alpha$ Ori)

Hautbois, X., Perrin, G. et al. 2010 MPA/GRAAL/LESIA

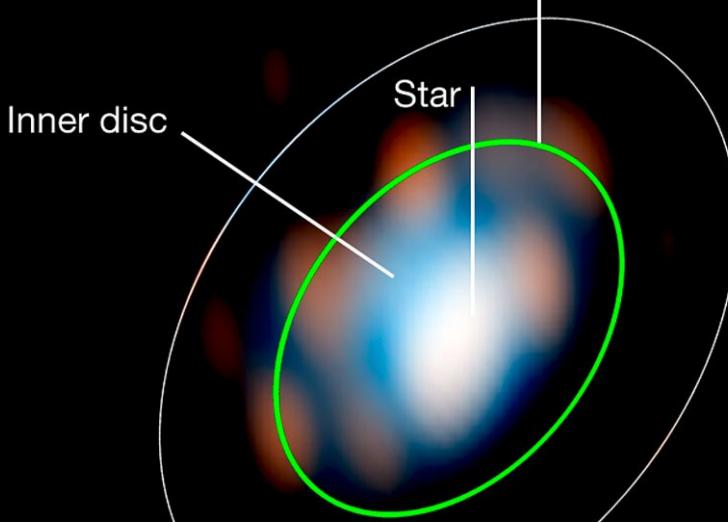
Interféromètre IOTA (Arizona)



# *Au cœur d'un système planétaire avec l'interféromètre du VLT (2010)*

Condensations protoplanétaires  
autour de l'étoile HD163296

Distance : 360 années-lumière



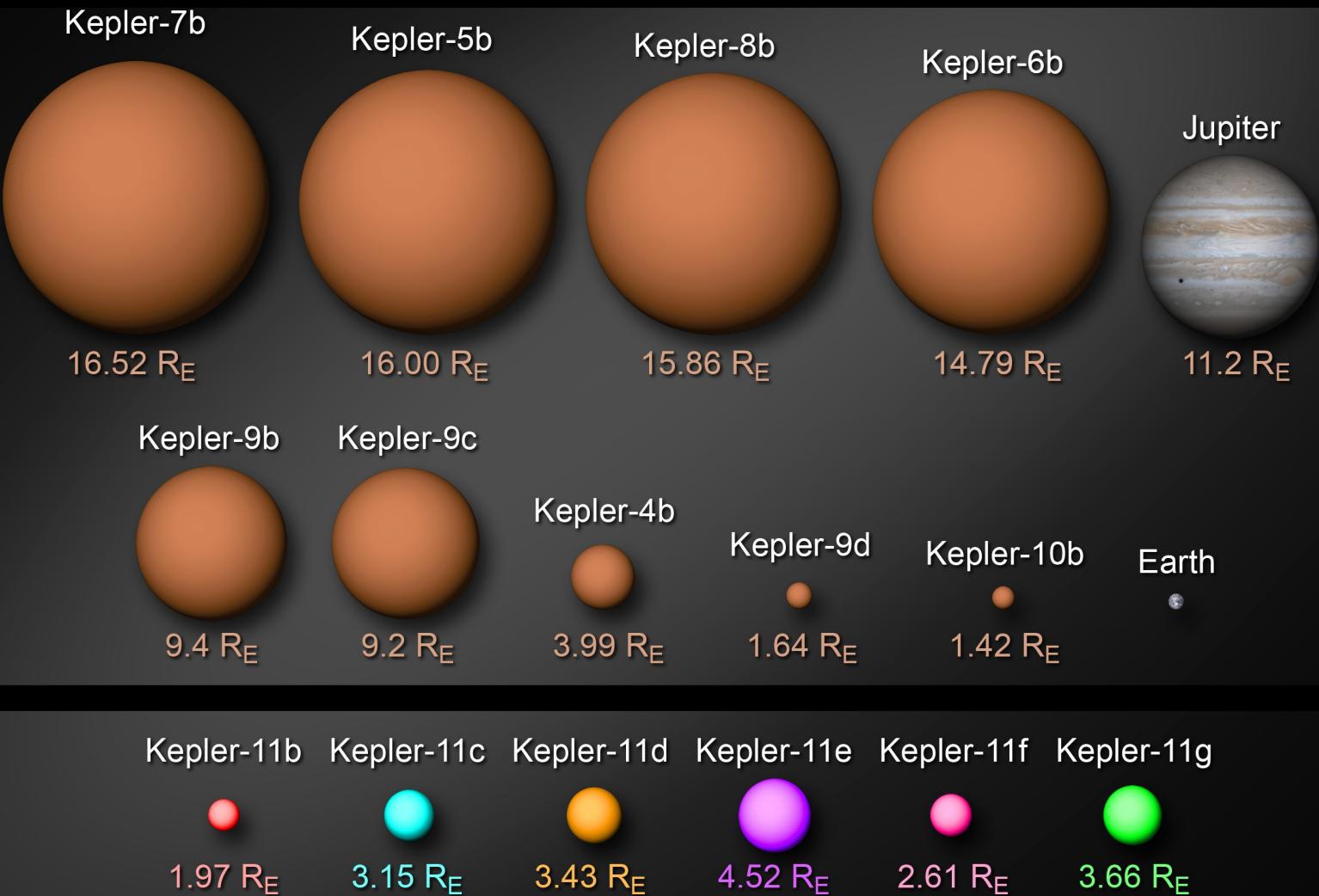
*Stéphanie Renard & Fabien Malbet, Grenoble  
Size of orbit of Earth  
Myriam Benisty, Arcetri*

*Eric Thiébaut, Lyon  
Jean-Philippe Berger, ESO*

**VLTI + IOTA + CHARA + KECK**

# Observatoire dans l'espace KEPLER (NASA)

## Planet Sizes



Jack Lissauer (2011)

Terre telle qu'observée à 10 pc de distance par un interféromètre qui serait placé dans l'espace, avec une base d'environ 100 km !



Antoine Labeyrie

# Quelle est la plus belle expérience de la physique ?

*Sondage de Physics World (UK) en 2002*

1. **Young** et les électrons
2. Galilée
3. Newton
4. Millikan
5. **Young** et la lumière



*Merci de votre attention*