

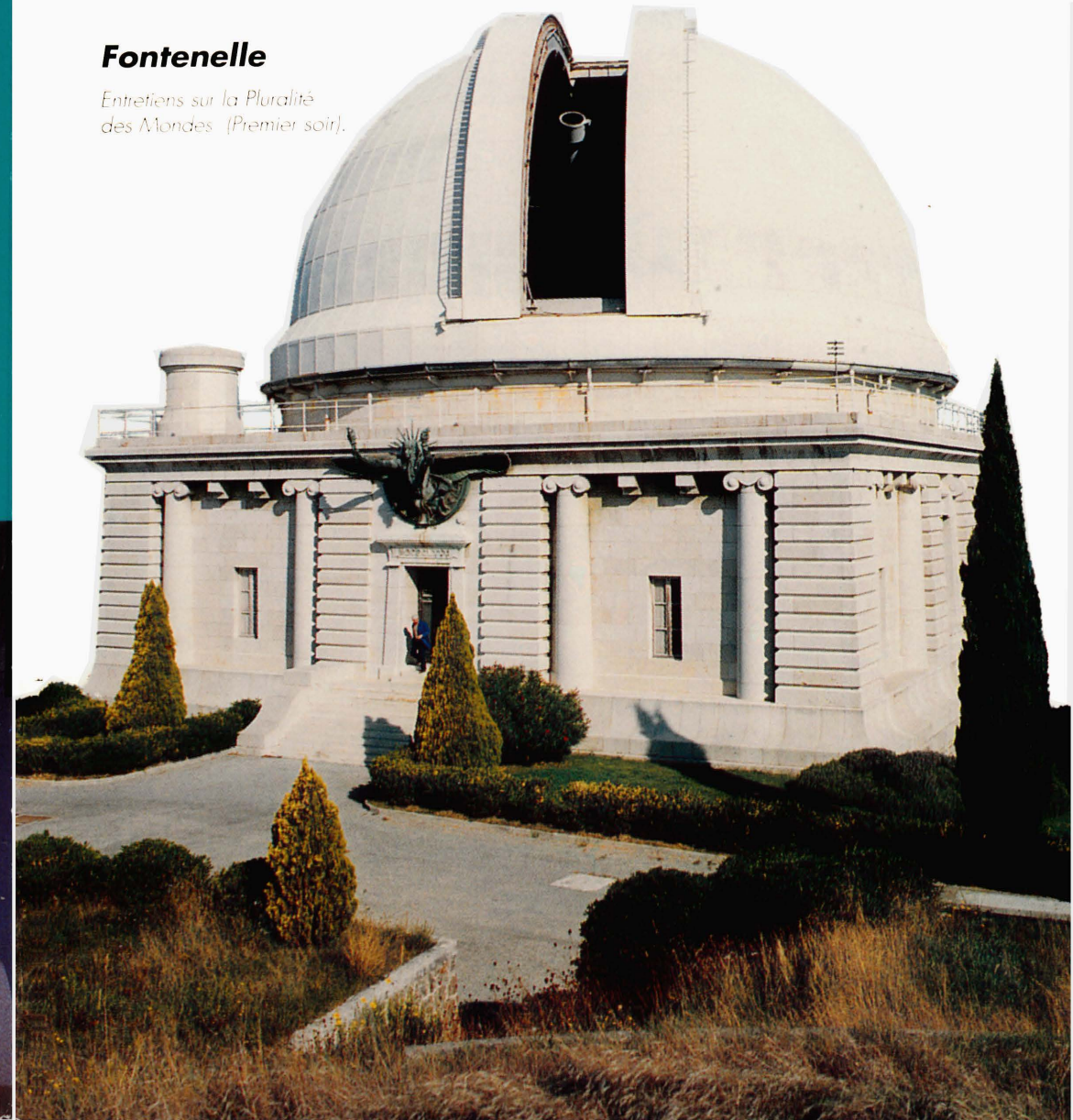
# Observatoire

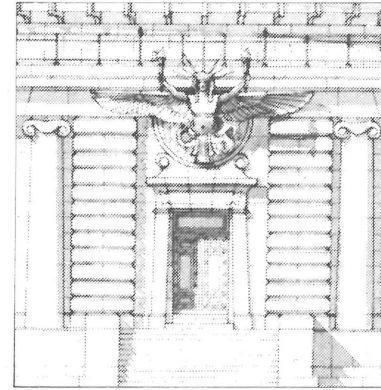
## de la Côte d'Azur

*"Toute la philosophie, lui dis-je,  
n'est fondée que sur deux choses,  
sur ce qu'on a l'esprit curieux et les yeux mauvais;  
car si vous aviez les yeux meilleurs que vous ne les avez,  
vous verriez bien si les étoiles sont des Soleils qui éclairent autant de mondes,  
ou si elles n'en sont pas;  
et si d'un autre côté vous étiez moins curieuse,  
vous ne vous soucieriez pas de le savoir,  
ce qui reviendrait au même;  
mais on veut savoir plus qu'on ne voit,  
c'est là la difficulté".*

### Fontenelle

*Entretiens sur la Pluralité  
des Mondes (Premier soir).*





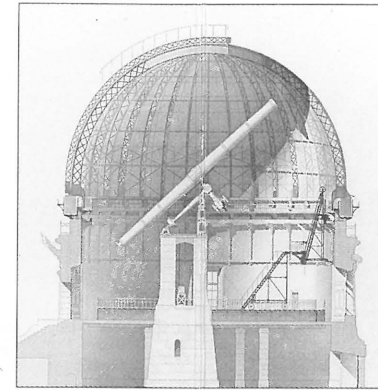
Détail de l'entrée principale de la Grande Coupole.

**sur le rabat :**

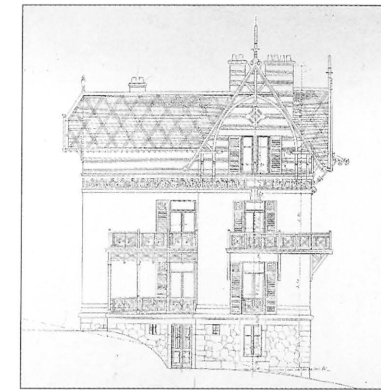
La Grande Coupole de l'Observatoire du Mont Gros à Nice.

**ci-dessous**

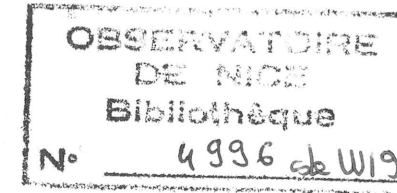
Vue générale de l'Observatoire en 1892 d'après C. Garnier.



Coupe de la Coupole avec la Lunette équatoriale et son pilier.



Un des bâtiments tel que l'avait conçu Garnier à la fin du siècle dernier.



EN 1879, RAPHAEL BISCHOFFSHEIM, BANQUIER FORTUNÉ et amateur d'astronomie, fait part au Bureau des Longitudes de son désir "d'élever à la Science française un monument durable et digne d'elle". Dès 1881, la colline du Mont Gros est retenue pour la qualité de son ciel. Bischoffsheim s'entoure d'hommes aux compétences remarquables pour tailler les optiques des instruments et réaliser les délicates mécaniques d'entraînement des lunettes. Il crée à cette occasion une bibliothèque dotée de collections scientifiques complètes remontant parfois jusqu'au XVII<sup>ème</sup> siècle. Il fait appel à ses amis Charles Garnier et Gustave Eiffel pour concevoir le bâtiment abritant la grande lunette de 76 cm de diamètre. L'énorme coupole de 24 m de diamètre - plus que celle du Panthéon - était rendue mobile par un ingénieux système de flottaison.

SOUS L'IMPULSION D'HENRI PERROTIN, QUI DIRIGE l'Observatoire jusqu'en 1904, les astronomes du Mont Gros déploient une activité considérable en astronomie classique et physique, assurant également des relevés météorologiques et magnétiques réguliers. C'est à cette époque qu'est réalisée la mesure de la vitesse de la lumière et le rattachement géodésique de Nice à la Corse.

POUR RENFORCER LES ÉTUDES EN ASTRONOMIE PHYSIQUE, Bischoffsheim fait venir un jeune astronome talentueux, Henri Chrétien, qui développera de nombreux instruments d'optique particulièrement originaux : entre autres les cataphotes, des objectifs de projection cinématographique, et une combinaison de miroirs qui a été retenue

pour le Télescope Spatial Hubble. A la mort de Bischoffsheim, conformément à ses vœux, l'Observatoire est légué à la Sorbonne. Très vite, le financement se révèle insuffisant et la première guerre mondiale marque le début d'un lent déclin.

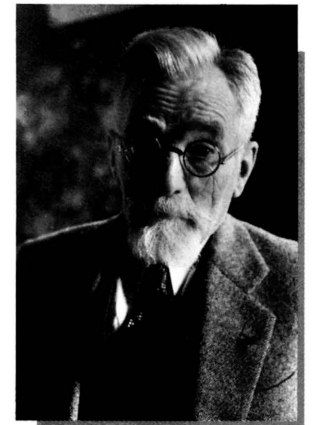
L'IMPULSION DONNÉE À LA SCIENCE FRANÇAISE AU début des années soixante et l'arrivée de Jean-Claude Pecker en 1962 amorcent un nouveau départ. Pecker s'assure la collaboration de jeunes astronomes et physiciens, tant observateurs que théoriciens. Les instruments sont remis en service et la grande coupole d'Eiffel est rénovée ainsi que la lunette qu'elle abrite; la bibliothèque profondément modernisée acquiert un impact régional. L'ère de l'informatique arrive, et l'Observatoire est un des premiers laboratoires de la région à se doter d'un ordinateur.

EN 1974, UN NOUVEL INSTITUT, LE CERGA (CENTRE d'Etudes et de Recherches en Géodynamique et Astronomie), est créé à Grasse. Une station d'observation astronomique orientée vers la géodynamique et le développement d'instruments d'observation modernes est implantée sur le plateau de Calern au nord de Grasse, et placée sous la direction de Jean Kovalevsky. Aujourd'hui ce centre s'est considérablement développé et a accueilli de nouvelles équipes autour du Télescope de Schmidt et des interféromètres.

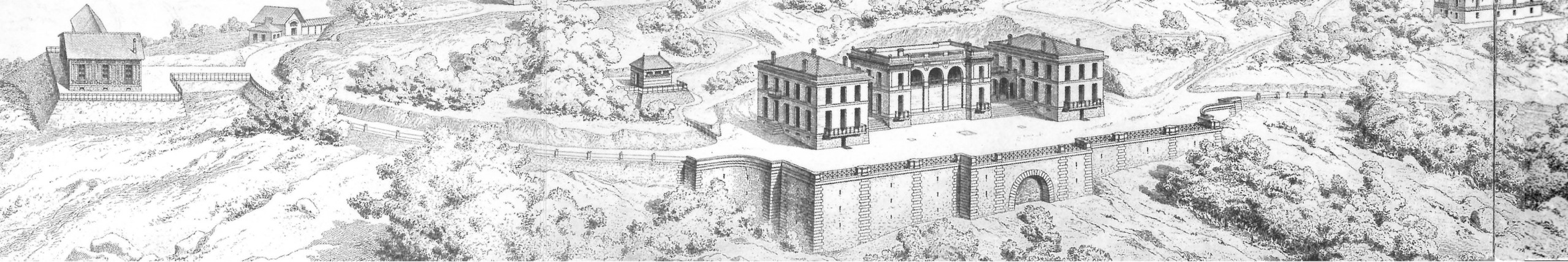
EN 1988 L'OBSERVATOIRE DE NICE, DÉJÀ CENTENAIRE, et le jeune CERGA fusionnent au sein d'un établissement unique : l'Observatoire de la Côte d'Azur.



R. Bischoffsheim (1823-1906), fondateur de l'Observatoire de Nice en 1881.



H. Chrétien (1879-1956), astronome, physicien et inventeur.



**Mesure  
des distances par  
les techniques  
laser**



Tir laser vers la Lune à l'aide du télescope de 1,50 m de diamètre.

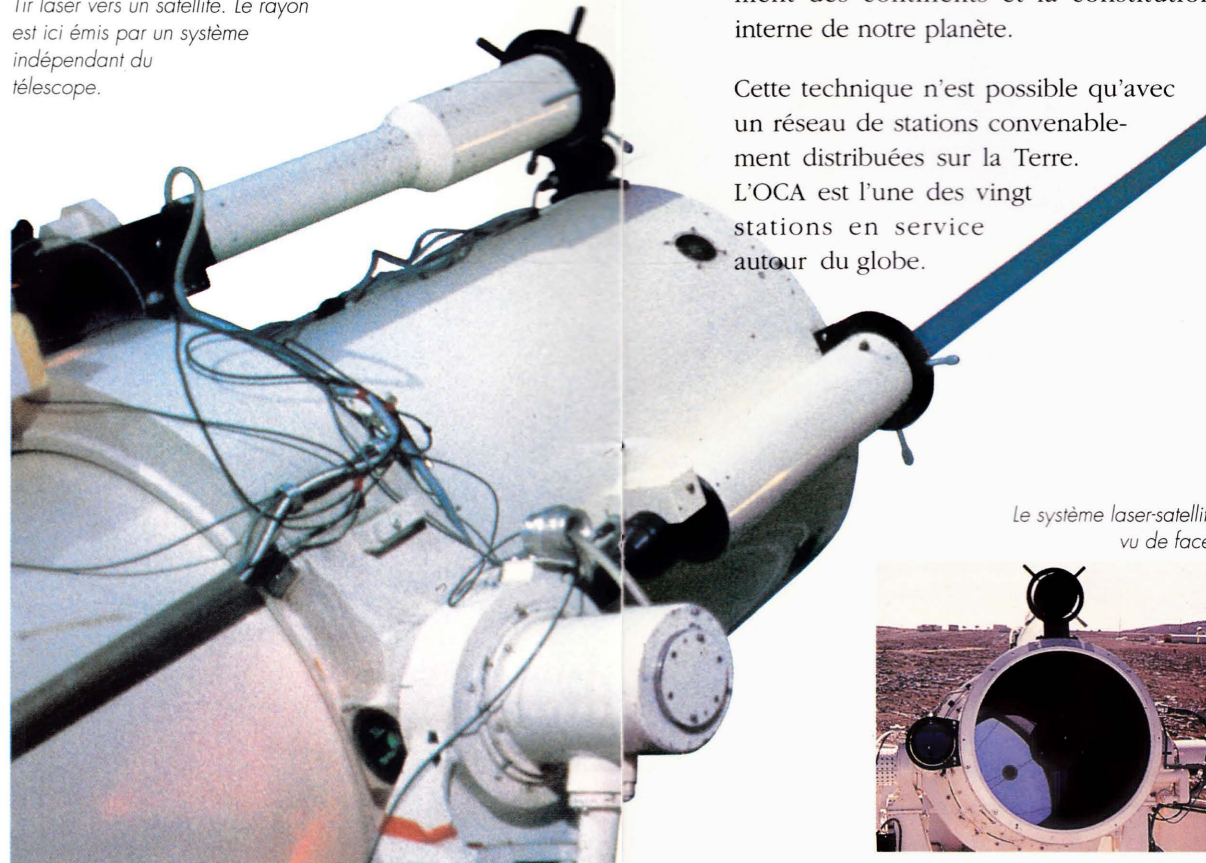
**L'arpentage de l'Univers, déjà à l'honneur dans la science grecque, demeure une activité importante de l'astronomie moderne. La recherche de la précision est une course sans fin; chaque nouvelle décimale acquise sur les dimensions de la Terre ou sur la distance Terre-Lune nous révèle des mouvements et des déformations subtiles, conséquences de la structure cachée de ces corps familiers.**

L'apparition des lasers a révolutionné les techniques de mesure de distances en les ramenant à des mesures de durées : le temps de trajet aller-retour d'une impulsion laser réfléchie sur une cible. La distance à la cible est calculée à partir de cette mesure. A l'OCA, nous visons des satellites artificiels équipés de réflecteurs ainsi que les cataphotes déposés sur la Lune par des missions spatiales américaines et soviétiques. La distance Terre-Lune est déterminée à quelques centimètres près et celle des satellites avec une précision meilleure encore.

La lumière laser est la source lumineuse idéale pour cette technique, car elle permet de réaliser des impulsions très courtes contenant un très grand nombre de photons (un milliard de milliards en moins d'un milliardième de seconde). Les deux lasers du Plateau de Calern envoient une

dizaine d'impulsions chaque seconde sur les satellites et sur la Lune. Les photons réfléchis sont recueillis par des télescopes et leur instant d'arrivée est soigneusement enregistré. Dans le cas de la Lune, on ne recueille en moyenne qu'un seul photon de retour tous les 500 tirs en raison de l'éloignement du réflecteur.

Tir laser vers un satellite. Le rayon est ici émis par un système indépendant du télescope.



Le système laser-satellite vu de face.

**Laser satellite et géodynamique**

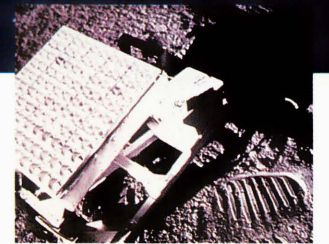
La Terre n'est qu'approximativement une sphère : non seulement elle est aplatie aux pôles, mais l'hémisphère sud n'est pas une image parfaite de l'hémisphère nord, un peu comme si la Terre avait une allure de poire. C'est à partir de la détermination très précise de la trajectoire de satellites cibles que nous étudions la forme de la Terre mais aussi le déplacement des continents et la constitution interne de notre planète.

Cette technique n'est possible qu'avec un réseau de stations convenablement distribuées sur la Terre. L'OCA est l'une des vingt stations en service autour du globe.

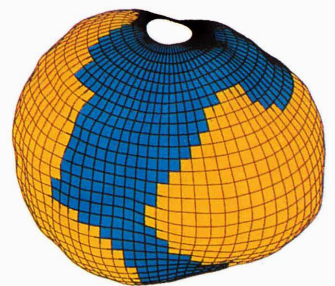
**Laser-Lune et théorie de la gravitation**

Le mouvement complexe de la Lune est régi par les forces d'attraction entre la Terre, la Lune et le Soleil. La précision des mesures sur la distance Terre-Lune permet de tester les théories de la gravitation. Des mesures effectuées pendant plus de vingt ans au Texas et au Plateau de Calern ont permis d'écarter certaines théories, alors que la théorie de la relativité d'Einstein n'a pas été battue en brèche.

L'Observatoire de la Côte d'Azur abrite le Centre de Coordination Laser-Lune dans le cadre du Service International de Rotation de la Terre. Ce centre coordonne les échanges d'informations et de données indispensables au développement technologique et à l'exploitation scientifique de la télémétrie Laser-Lune

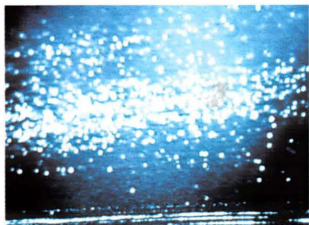


Réflecteur laser placé sur la Lune par les astronautes.



La forme globale de la Terre. Les ondulations sont amplifiées d'un facteur 100 000 par rapport au rayon.

## La dimension des étoiles



Frange d'interférences obtenues avec deux télescopes sur l'étoile  $\gamma$  Cassiopée.

**La taille d'une étoile est une grandeur essentielle pour comprendre le fonctionnement de la machine stellaire. Les astronomes ne mesurent avec leurs télescopes que sa dimension angulaire, c'est-à-dire l'espace occupé sur le ciel. Si la distance est connue, il est alors facile de déduire la taille réelle de l'étoile.**

Certes les étoiles sont gigantesques, mais si éloignées qu'elles ne nous apparaissent pas plus grosses qu'un petit pois placé à 1000 kilomètres de distance. Discerner le disque d'une étoile serait possible en théorie avec un télescope équipé d'un miroir de plusieurs centaines de mètres, mais c'est un défi technologique totalement irréaliste pour de nombreuses années encore.

Une réponse à ce problème est l'interférométrie, c'est-à-dire l'utilisation simulta-



Les deux télescopes "boules" du Plateau de Calern.



La Grande Nébuleuse de la constellation d'Orion.

née d'au moins deux télescopes pointant la même étoile. Ce n'est plus alors le diamètre des télescopes qui importe, mais la distance qui les sépare. Ainsi deux petits télescopes distants de 100 mètres l'un de l'autre permettent d'atteindre les mêmes détails qu'un télescope unique de 100 mètres de diamètre placé hors de l'atmosphère terrestre. Mais attention : si l'on gagne en acuité par rapport à un grand télescope, on perd en quantité de lumière collectée. Un interféromètre ne remplace pas un grand télescope, il offre des performances différentes : seules les étoiles les plus brillantes seront observables.

Le mélange de la lumière issue des deux télescopes produit une figure d'interférence contenant des franges alternativement brillantes et sombres. Pour chaque étoile, il existe un écartement idéal des télescopes pour lequel les franges disparaissent et qui est simplement relié au diamètre angulaire de l'étoile. Montés sur des rails qui ont jusqu'à 200 mètres de longueur, les deux télescopes sont déplacés au cours de l'observation jusqu'à la disparition des franges.

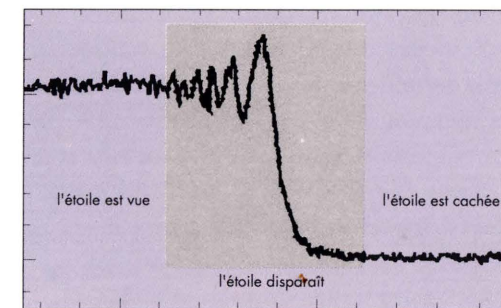
Des projets en cours très audacieux visent à placer des interféromètres dans l'espace

pour réaliser des séparations de plusieurs centaines de kilomètres afin de distinguer des détails à la surface des étoiles et de détecter des étoiles doubles très serrées.

### Les occultations lunaires

Le mouvement de la Lune l'amène à passer continuellement devant des étoiles, les soustrayant à notre vue pendant un maximum de deux heures.

Le temps que met l'étoile à disparaître derrière la Lune est extrêmement bref : pas plus d'un dixième de seconde. L'enregistrement très rapide du phénomène, à raison de mille mesures par seconde, montre que la lumière reçue de l'étoile disparaît progressivement avec des rebonds qui vont s'atténuant jusqu'à l'extinction totale. La taille de cette étoile est cachée dans les paramètres de cette courbe, mais les astronomes savent la débusquer, pourvu toutefois que l'étoile soit assez brillante.

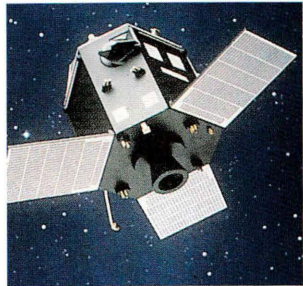


Variation de la lumière reçue d'une étoile lors de sa disparition derrière la Lune. La partie grisée ne dure que 0,1 seconde.



Configuration générale du petit interféromètre du plateau de Calern.

## Où sont les étoiles?



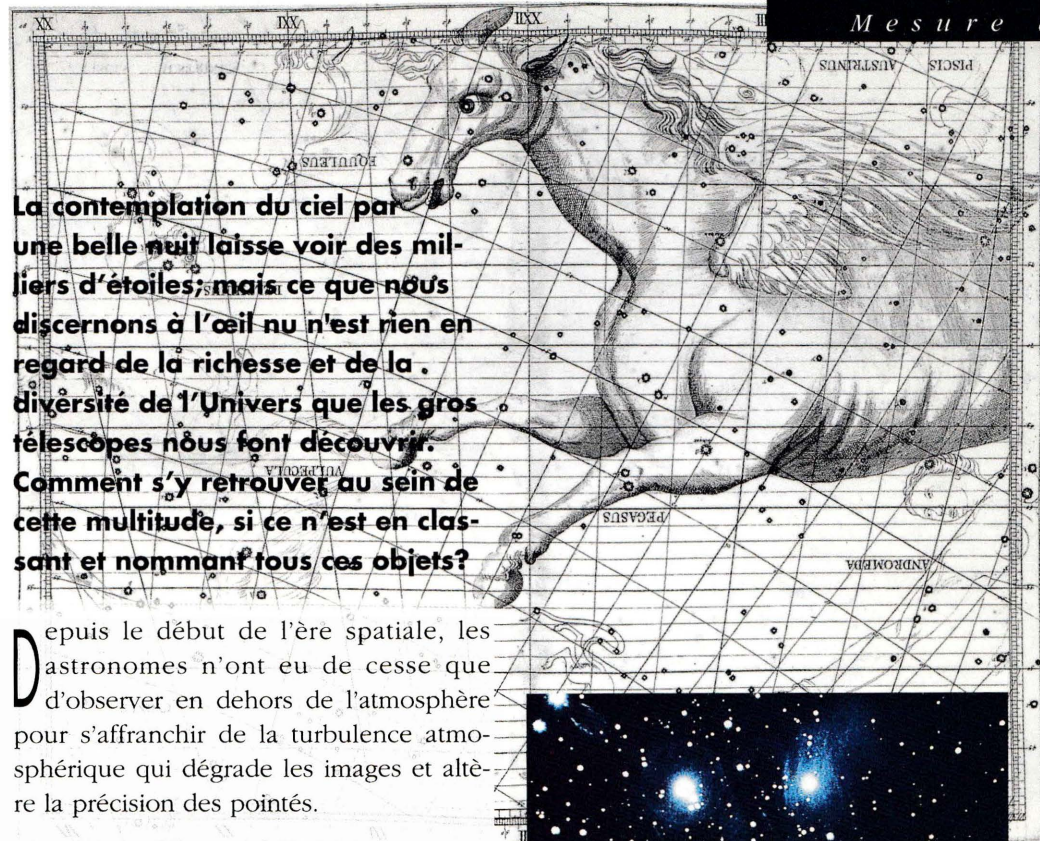
Le satellite européen Hipparcos lancé en août 1989 par Ariane.

La contemplation du ciel par une belle nuit laisse voir des milliers d'étoiles; mais ce que nous discernons à l'œil nu n'est rien en regard de la richesse et de la diversité de l'Univers que les gros télescopes nous font découvrir. Comment s'y retrouver au sein de cette multitude, si ce n'est en classant et nommant tous ces objets?

Depuis le début de l'ère spatiale, les astronomes n'ont eu de cesse que d'observer en dehors de l'atmosphère pour s'affranchir de la turbulence atmosphérique qui dégrade les images et altère la précision des pointés.

Le satellite HIPPARCOS, lancé par Ariane au mois d'août 1989, tourne au-dessus de nos têtes à une altitude comprise entre 500 et 36 000 kilomètres. Son télescope observe 24 heures sur 24 la position, la distance et l'éclat de 118 000 étoiles de notre galaxie. Les résultats définitifs de cette remarquable mission spatiale ne seront disponibles qu'en 1995, quand les ordinateurs auront terminé le traitement de la montagne de données produites par les récepteurs du satellite. Deux mille ans après la construction de la première liste d'étoiles par l'astronome grec Hipparque, nous disposerons d'un nouveau catalogue d'étoiles, de précision sans égal, attendu par les astronomes du monde entier.

en haut à droite  
La constellation Pégase représentée dans l'Atlas Coelestis de J. Flamsteed, publié en 1729 en accompagnement de son catalogue stellaire.



Mesure de



L'amas d'étoiles des Pleiades dans la constellation du Taureau.

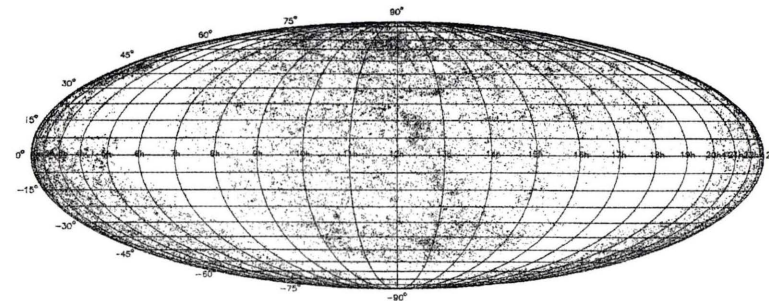
Cette mission est le résultat d'une coopération européenne supervisée par l'Agence Spatiale Européenne. L'Observatoire de la Côte d'Azur abrite le Centre de Coordination de l'un des deux groupes qui préparent et effectuent tous les calculs nécessaires à la publication du catalogue.

## La matière dans l'Univers

La matière de l'Univers est rassemblée dans des galaxies, elles-mêmes formées de myriades d'étoiles, de gaz et de poussières. Le recensement et l'identification de toute cette matière est un travail de longue haleine qui doit conduire à une meilleure compréhension de la formation de l'Univers.

La détection des galaxies se fait sur des photographies du ciel à grand champ prises avec un télescope de Schmidt, tel celui installé au Plateau de Calern. Chaque cliché contient environ quelques centaines de milliers d'objets (étoiles, galaxies, comètes, astéroïdes, satellites artificiels) qu'il faut trier pour extraire l'information intéressante. Les astronomes de l'OCA ont développé des programmes entièrement automatiques pour reconnaître les galaxies parmi tous ces objets. Une fois isolé, cet objet est identifié, mesuré et catalogué.

Les comptages de galaxies, associés à



Distribution des galaxies sur la voûte céleste.



Le télescope de Schmidt du Plateau de Calern.

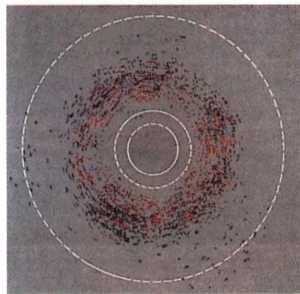
d'autres types d'observations, permettent de mettre en évidence les grandes structures de l'Univers dont l'origine forme une des grandes énigmes de la cosmologie contemporaine.



Amas de galaxies dans la constellation de la Vierge.

Ces techniques de "traitement d'images" ont des implications dépassant largement le cadre de l'astronomie, par exemple dans le domaine de l'image médicale. Elles sont l'occasion d'une collaboration régionale autour d'un super-ordinateur installé à l'INRIA de Sophia-Antipolis. Cette machine d'une technologie nouvelle (16 384 processeurs qui travaillent en parallèle) dessert toute la région, en particulier l'OCA par la Route des Hautes Technologies, un réseau de liaisons informatiques ultra-rapides. Le Service de télématique et informatique de l'OCA assure le développement et l'accès à ce réseau à partir des différents sites de l'Observatoire.

## Les mouvements dans l'Univers



Distribution des astéroïdes déduite des mesures faites par le satellite IRAS.

**La célèbre loi de la Gravitation Universelle de Newton permet de prédire facilement le mouvement de deux corps en interaction. Il n'en va pas de même dès que trois corps, ou plus, sont en présence; les mouvements deviennent très compliqués, voire chaotiques, comme l'avait indiqué le mathématicien Henri Poincaré à l'orée du XXème siècle.**

Le système solaire avec ses neuf planètes principales et une multitude de petits corps de tailles diverses, poussières, grains, rochers, mini-planètes, comètes, offre un cadre merveilleux pour l'étude de ce phénomène de chaos, présent également dans bien d'autres disciplines : chimie, biologie, économie.

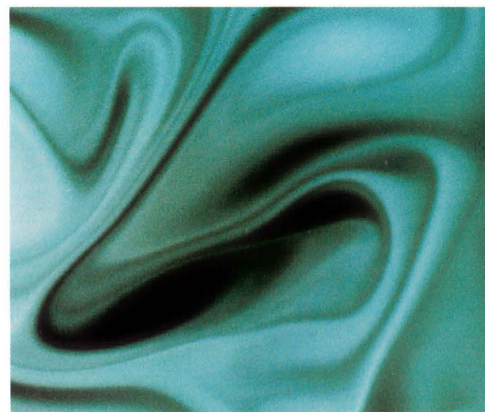
Les Astéroïdes par exemple : ils se comptent par milliers et occupent une "ceinture" située entre Mars et Jupiter. Ils tournent autour du Soleil sur des orbites très irrégulières par suite des effets conjugués du Soleil et des Planètes. Les anneaux planétaires, quant à eux, sont constitués de particules allant de la poussière à des rochers de plusieurs tonnes, qui s'entrechoquent fréquemment. Tous ces mouvements complexes sont sans doute responsables de la structure en bandes observée tant dans la ceinture des astéroïdes que dans les anneaux des planètes.



Les anneaux de Saturne révélés par la sonde Voyager.

Grâce aux méthodes numériques très précises développées depuis une vingtaine d'années, en particulier à l'OCA, l'origine des bandes a été en partie élucidée, mais bien des aspects demeurent encore mystérieux.

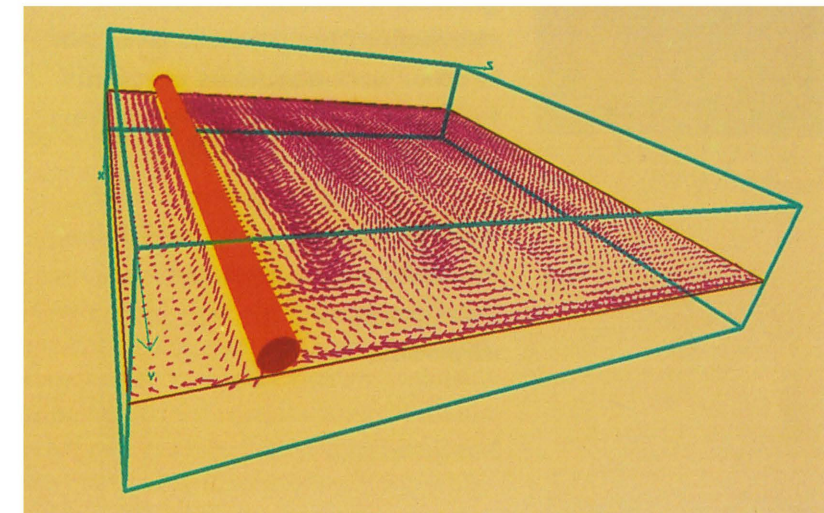
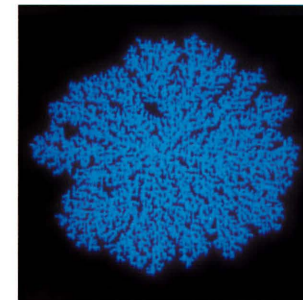
Visualisation sur un écran d'ordinateur des résultats d'une simulation numérique d'un écoulement turbulent.



La force de gravitation gouverne aussi le mouvement des fluides, eau dans les rivières ou gaz dans les étoiles et dans les atmosphères des planètes. En général les écoulements présentent un aspect désordonné et sont peuplés de tourbillons.

Toutes sortes d'outils sont utilisés pour comprendre et prédire les mouvements turbulents. Les chercheurs de l'OCA ont été des pionniers de la simulation numérique de ces mouvements. Une des approches consiste à représenter les valeurs de la vitesse du fluide en des millions de points et d'en suivre l'évolution

grâce à des super-ordinateurs accessibles par des réseaux informatiques. Une stratégie alternative, bien adaptée à la structure des ordinateurs massivement parallèles et développée avec de nombreuses collaborations internationales, remplace

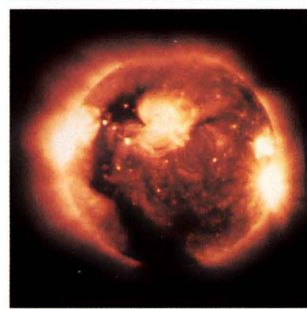


Simulation numérique d'un écoulement autour d'un obstacle.

**en haut**  
Simulation numérique d'une croissance fractale.

le fluide par des molécules fictives (jusqu'à un milliard) astreintes à se déplacer sur les mailles d'un réseau en obéissant à des règles inspirées de la mécanique classique. En raison de ses enjeux scientifiques et technologiques, les applications de cette méthode s'étendent bien au-delà de son usage en astronomie.

**Que se passe-t-il dans le Soleil?**



Le Soleil tel qu'il apparaît en longueur d'onde X.

**Au cœur du Soleil, la fournaise nucléaire de 15 millions de degrés fournit l'énergie sous forme de photons qui se propagent à la vitesse de la lumière. Dans les couches externes moins denses, le transport de l'énergie se fait par le mouvement vers la surface de grandes bulles de matière : la convection. Les photons émis par le cœur sont absorbés et réémis tant de fois que leur voyage vers la surface dure des millions d'années. Seuls ceux qui sont émis par la couche superficielle, la photosphère, peuvent nous parvenir directement.**

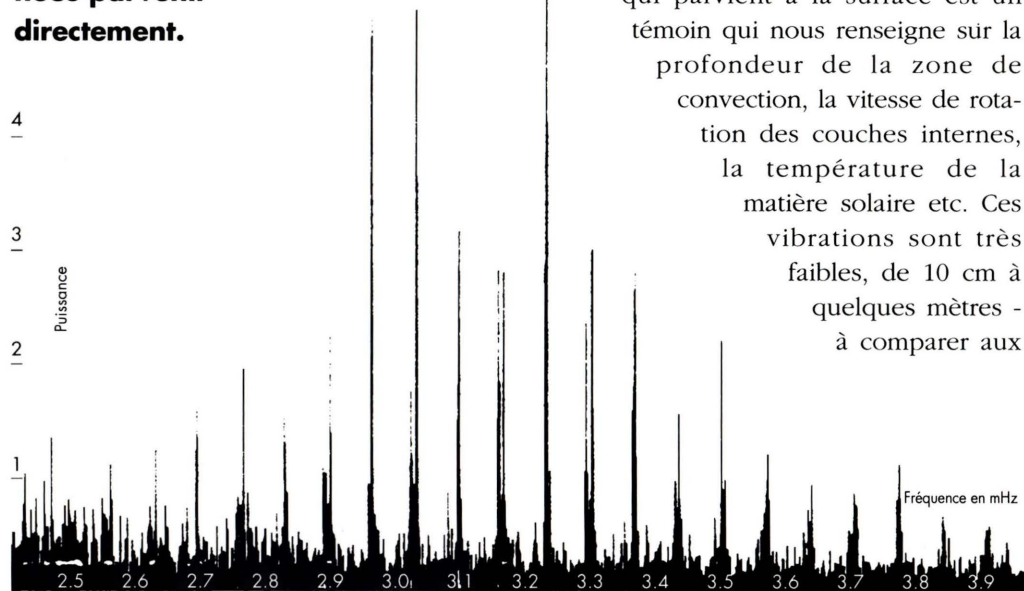
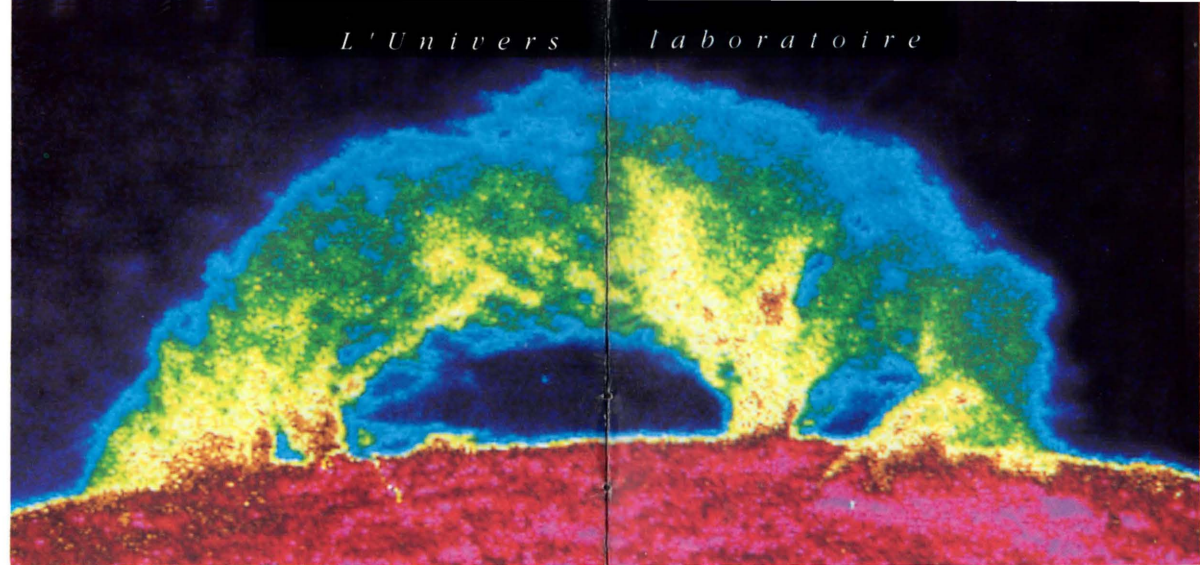


Diagramme des périodes de vibrations du Soleil obtenu au pôle Sud.



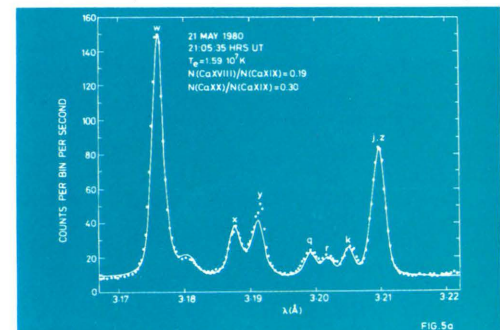
Pont de matière à la surface du Soleil.

Comme un instrument de musique, le Soleil vibre, et la fréquence des très nombreuses ondes qui voyagent sous la surface - certaines jusqu'au centre - dépend de la structure de la matière solaire. Chaque onde qui parvient à la surface est un témoin qui nous renseigne sur la profondeur de la zone de convection, la vitesse de rotation des couches internes, la température de la matière solaire etc. Ces vibrations sont très faibles, de 10 cm à quelques mètres - à comparer aux

700 000 km du rayon solaire - et ont des fréquences très voisines les unes des autres. Pour bien les séparer, il faut effectuer des observations du Soleil sans interruption pendant plusieurs jours d'affilée.

Afin de ne pas perdre le Soleil de vue, une équipe du Laboratoire d'Astrophysique de l'Université de Nice, avec laquelle les chercheurs de l'OCA

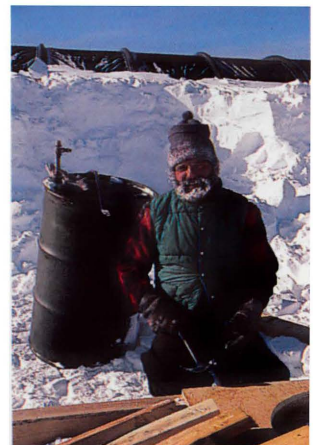
Spectre du calcium ionisé aux longueurs d'onde X lors d'une éruption solaire.



collaborent activement, a réalisé une première en s'installant avec ses appareils au pôle Sud. Actuellement elle met en place un réseau international d'observation sur lequel, tel l'empire de Charles Quint, le Soleil ne se couche jamais. Dans quelques années, un satellite de l'Agence Spatiale Européenne prendra le relais et assurera cette surveillance continue. L'interprétation de ce type de mesures fait l'objet d'une large collaboration internationale.

De la matière invisible à l'œil nu s'étend bien au-delà du disque solaire. Chaude et ténue, elle émet des rayons X qui peuvent être captés depuis l'espace. Les observations spatiales ont montré la complexité et la richesse de cette région : matière piégée dans les arcs du champ magnétique, grandes régions sombres appelées trous coronaux, qui laissent échapper dans le milieu interplanétaire des particules électrisées responsables quelques jours plus tard des aurores boréales et des perturbations dans les communications radio, mais aussi vastes éruptions qui envoient la matière solaire jusqu'à des distances de 500 000 kilomètres au-dessus du Soleil.

Une équipe de l'OCA participe à l'analyse du rayonnement X de ces zones éruptives afin d'en déterminer la température - de l'ordre de dizaines de millions de degrés - la densité, la composition chimique et même la vitesse.



Au pôle Sud, il faut savoir tout faire dans la bonne humeur...

L'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) est un Etablissement Public à Caractère Administratif, régi par la loi sur l'Enseignement supérieur. Le centre est divisé en trois départements scientifiques associés au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Les installations de l'Observatoire occupent trois sites dans les Alpes-Maritimes, dont 400 hectares au Plateau de Calern et 35 hectares sur le Mont Gros à Nice.

Outre les instruments proprement astronomiques, l'OCA abrite une grande bibliothèque, un atelier de mécanique, et différents laboratoires pour l'électronique, l'optique et la photographie.

**Personnel**

L'effectif de l'OCA, en 1990, est d'environ 200 personnes, dont 80 chercheurs, 80 ingénieurs et techniciens et 40 personnes dans l'administration et les services. Enfin une quinzaine d'étudiants poursuivent leur formation à l'Observatoire. Hormis cette dernière catégorie, tous les personnels sont des agents de l'Etat. La masse salariale globale est de l'ordre de 25 MF par an.

**Financement**

En 1990, 5,7 MF versés par le Ministère de l'Education Nationale pour le fonctionnement de l'Observatoire, 4,2 MF de crédits scientifiques fournis par le CNRS (pour la construction d'instruments, le développement de gros projets informatiques, etc.), 3 MF produits par des contrats conclus avec des organismes extérieurs (Centre National d'Etudes Spatiales, Communauté Economique Européenne, Institut Géographique National, etc.) pour de la fourniture de matériel ou d'études

*Lumière du couchant sur les préAlpes de Grasse  
au Plateau de Calern.*

Cette plaquette a été conçue et rédigée par un collectif de l'Observatoire de la Côte d'Azur, coordonné par l'ADION (Association pour le Développement International de l'Observatoire de Nice)

**Crédits photographiques :**

Cercle H. Chrétien, ESA, GRGS, IRAS, NASA, R. Fabre, P. Faucher, E. Fossat, B. Gelly, B. Malherbe, J. Marchal, H. Politano, J.P. Rivet, C. Veillet, G. Willems, A. Willemse, O. Zuntini



W

Pour visiter  
l'Observatoire  
de la Côte d'Azur (OCA)

**Ecrire à :**  
Observatoire de la Côte d'Azur  
BP 139  
06003 Nice Cedex

**Ou bien téléphoner**  
au 92.00.31.45 pour les visites du site de Nice  
au 93.36.58.49 pour les visites du site de Calern.

OCA Nice Mont-Gros



OCA-NI-004996