

# Le Métier d'Astronome

Hier, Aujourd'hui, Demain

Albert Bijaoui

Association du Planétarium Valéri

5 Février 2008

# Plan de l'exposé

- Hier
  - Les prêtres astronomes
  - Naissance d'une science astronomique
  - De Copernic aux observatoires modernes
  - Mécanique céleste & Bureau des longitudes
  - L'Astrophysique
- Aujourd'hui
  - La profession
  - Les objectifs et les moyens
  - Les facettes du métier
- Demain

# HIER

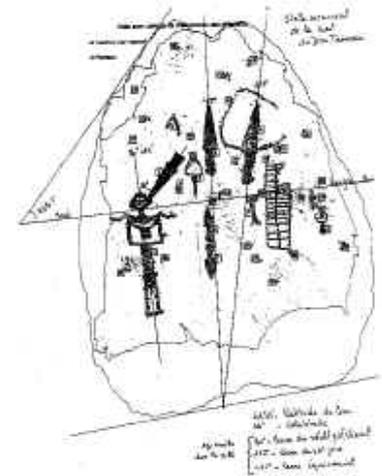
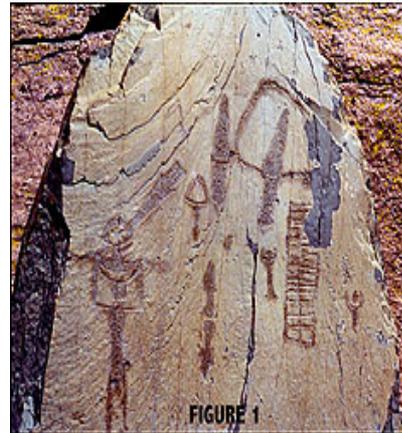


# L'astronomie néolithique

- Depuis la nuit des temps l'Homme est fasciné par le ciel et observe des événements
  - Objet datant de -30000 ans avec indication des phases de la Lune (?)
  - Des monuments mégalithiques
  - Des pétroglyphes à caractère astronomique
- Dans toutes les civilisations proto-historiques
- Les calendriers primitifs
- Les premiers maîtres du calendrier

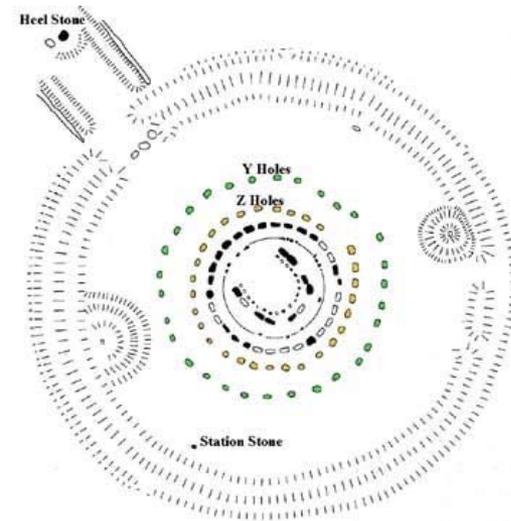
# L'archéoastronomie

- Lascau : Observatoire néolithique
  - Hypothèse de Mme C. Jègues-Wolkiewiez
  - Chamanisme et observation du ciel ?
- Établissement des connaissances fondamentales
- Pétroglyphes de la Vallée des Merveilles



# Stonehenge : site d'observation druidique ?

- Monument mégalithique en Grande-Bretagne
- 3 phases de construction -3000 / -1500
- Alignements & événements célestes
- Nombreux monuments mégalithiques
- Calendrier



# Astronomie Mésopotamienne

- L'Histoire née à Sumer
- Premiers documents astronomiques
  - Beaucoup d'informations
- Science de prêtres
- Le calendrier (lunaire)
- Les constellations
- Astronome : Kidinnu
- Dérivées : astronomie égyptienne, hébraïque



# Astronomies d'Asie

- Astronomie pour l'astrologie
- Nombres importants d'astronomes (Chine)
- Années luni-solaires
- Coordonnées équatoriales
- Observations très anciennes



# Astronomie Amérindienne

- Niveau élevé de l'Astronomie Maya
- Écriture en Glyphes & Mathématiques
- Calendrier & Prédications astrologiques
- Adoration du Soleil chez les Inca
- Astronomie rudimentaire ailleurs



# Les Prêtres Astronomes

- D'une manière quasi générale les travaux d'Astronomie étaient effectués dans le cadre des structures religieuses
- Les phénomènes célestes étaient sensés être liés aux événements passés / présents / futurs
- L'**Astrologie** faisait partie du métier
- L'observation du Soleil, de la Lune, des planètes et des étoiles permettait d'établir les **prédictions**
- Le **Calendrier** restait l'objectif primordial

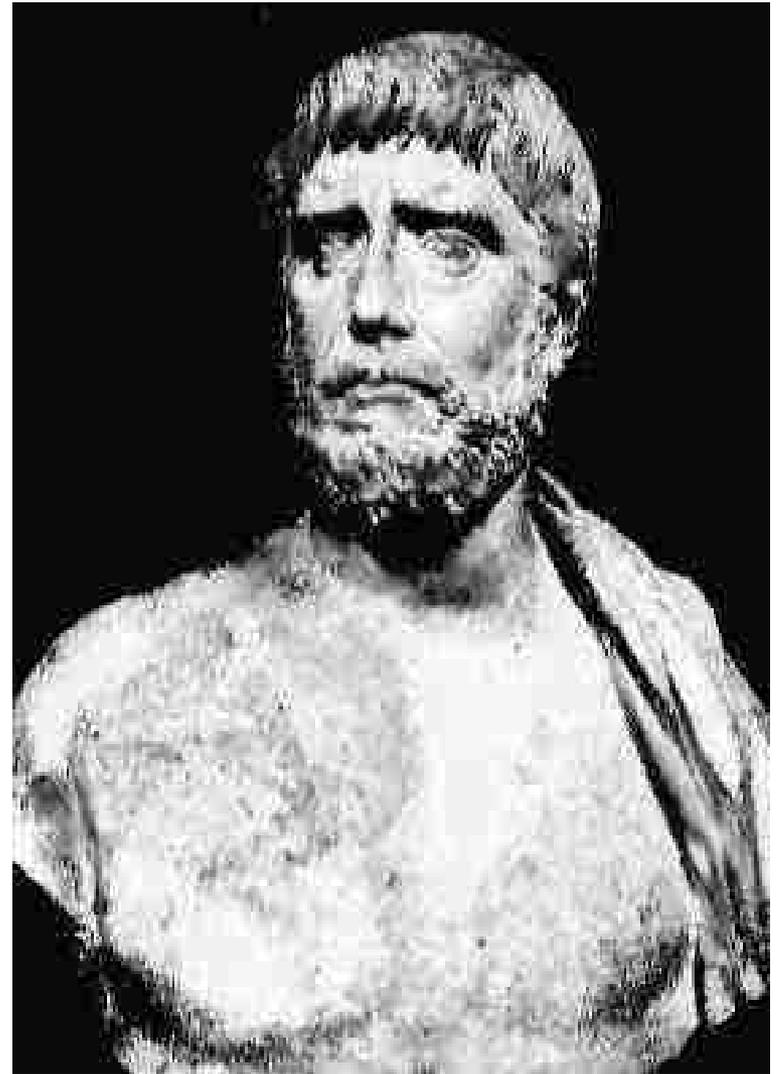
# Le Miracle Grec

- Dans la société grecque est apparue une singularité : les écoles de philosophie
- En parallèle avec les activités religieuses
- La partie observationnelle était du ressort des temples
- Les Philosophes construisent les premières théories scientifiques

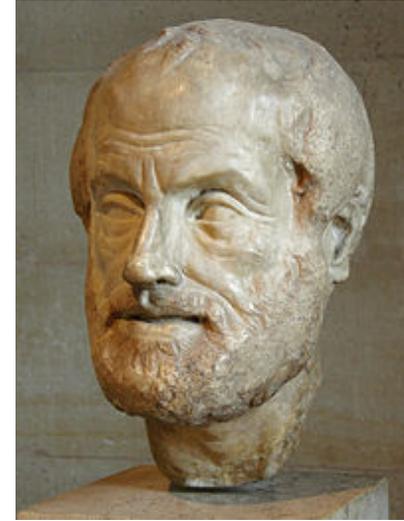
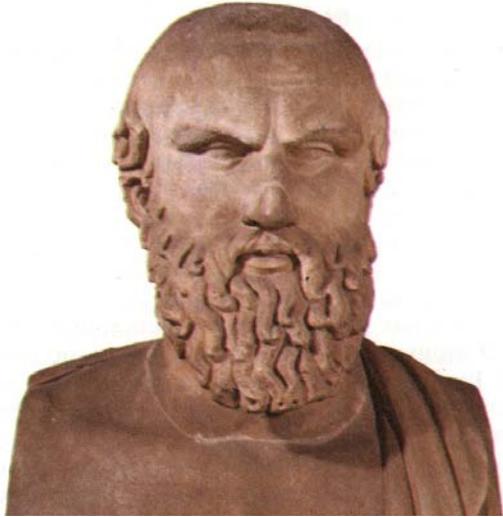


# Thalès de Milet (-624/-547)

- Un des premiers philosophes, savant, mathématicien et astronome
- Aucun écrit
- Prédiction d'une éclipse de Soleil ?
- Théorèmes de Géométrie?



# Platon & Aristote



- Platon (427 av. J.-C. / 348 av. J.-C ) développe dans le Timée une des premières cosmologies
  - La Matière est constituée de quatre éléments: L'Air, l'Eau, la Terre et le Feu
- La théorie d'Aristote (384 av. J.-C. / 322 av. J.-C) sera la base de la cosmologie jusqu'à Galilée

# Eratosthène (-276/-194)

- Directeur de la bibliothèque d'Alexandrie
- Crible d'Eratosthène
- Mesure du diamètre de la Terre
- Distances du Soleil et de la Lune
- Orientation de l'axe de la Terre



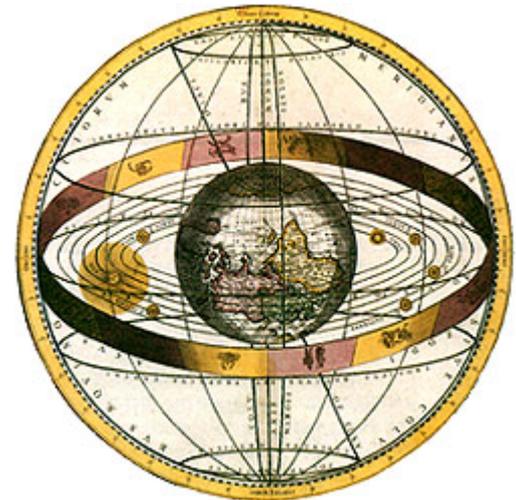
# Hipparque (-190/-120)

- La précession des équinoxes
- Catalogue de positions d'étoiles
- Distance de la Lune
- Mouvement de la Lune
- Contributions à la trigonométrie



# Ptolémée (85-165)

- L'Almageste
  - Théorie Géocentrique du mouvement du Soleil, de la Lune et des planètes
  - Épicycles
- Positions géographiques
- Optique



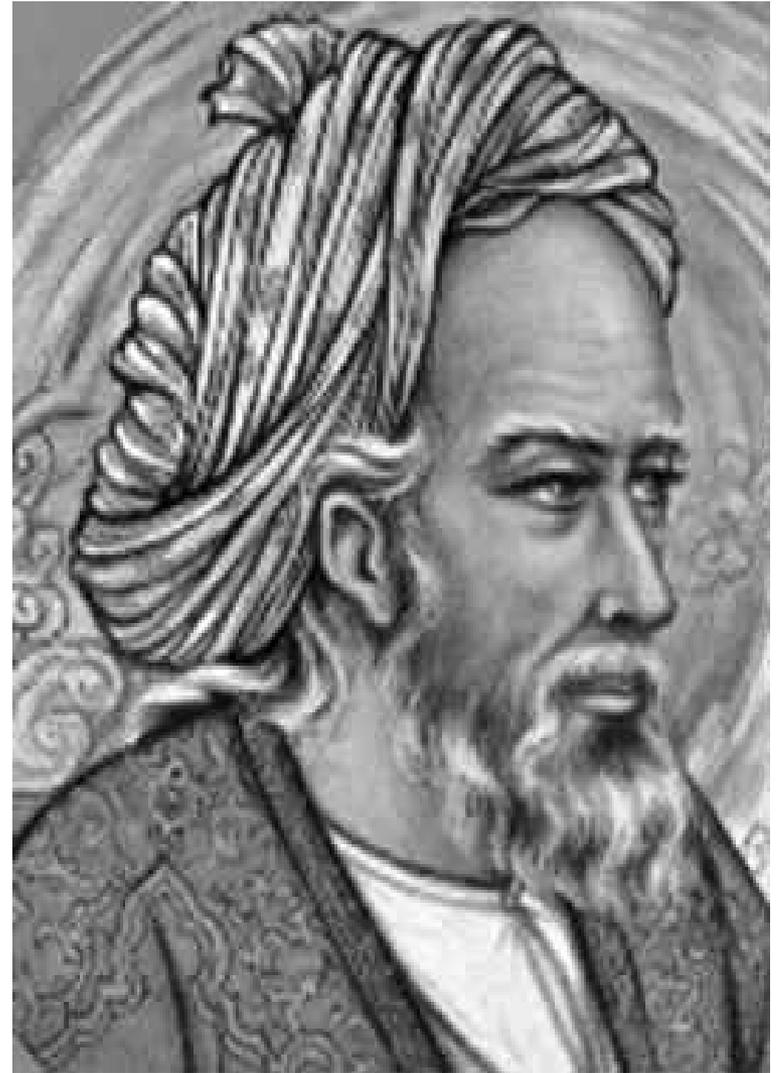
# L'Astronomie Arabe

- Astronomie liée à l'Islam
- Calendrier lunaire
- Dates liées à l'observation astronomique
- Cartographie céleste
- Établissement de cartes
- Navigation : astrolabe, sextant



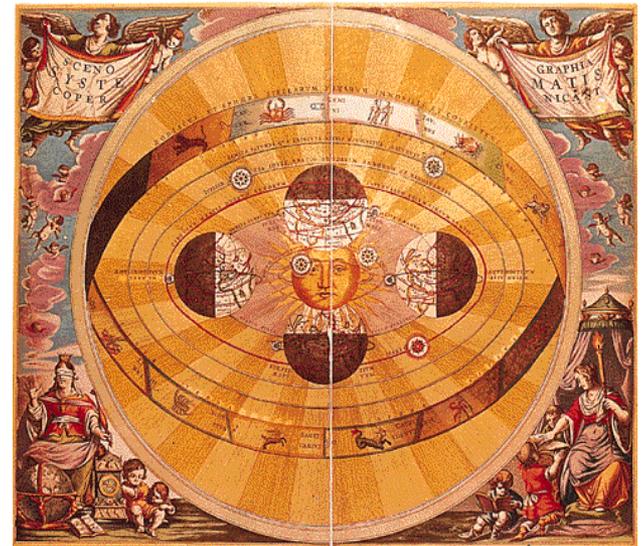
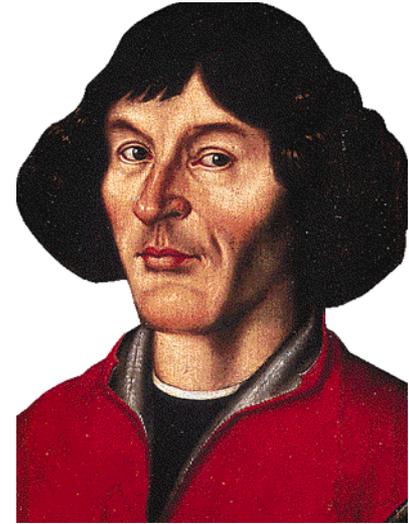
# Omar Khayyam (1048-1131)

- Tables astronomiques
- Longueur de l'année
- Algèbre
  - L'équation du 3ième degré
- Les Rubaiyats
- *Samarcande*



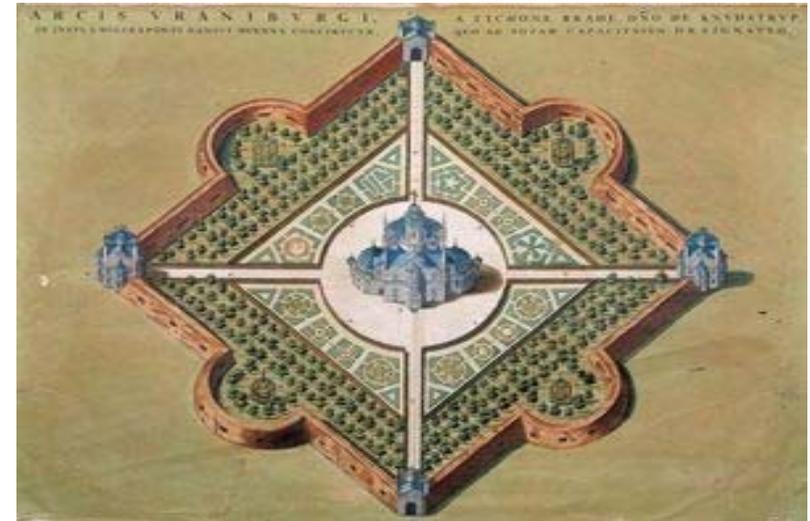
# La Révolution Copernicienne

- *Nicolas Copernic (1473-1543) Chanoine, Médecin, Mathématicien, Astronome*
- *De Revolutionibus Orbium Coelestium (1543)*
- L'héliocentrisme est présenté comme une hypothèse simplifiant la description des mouvements célestes



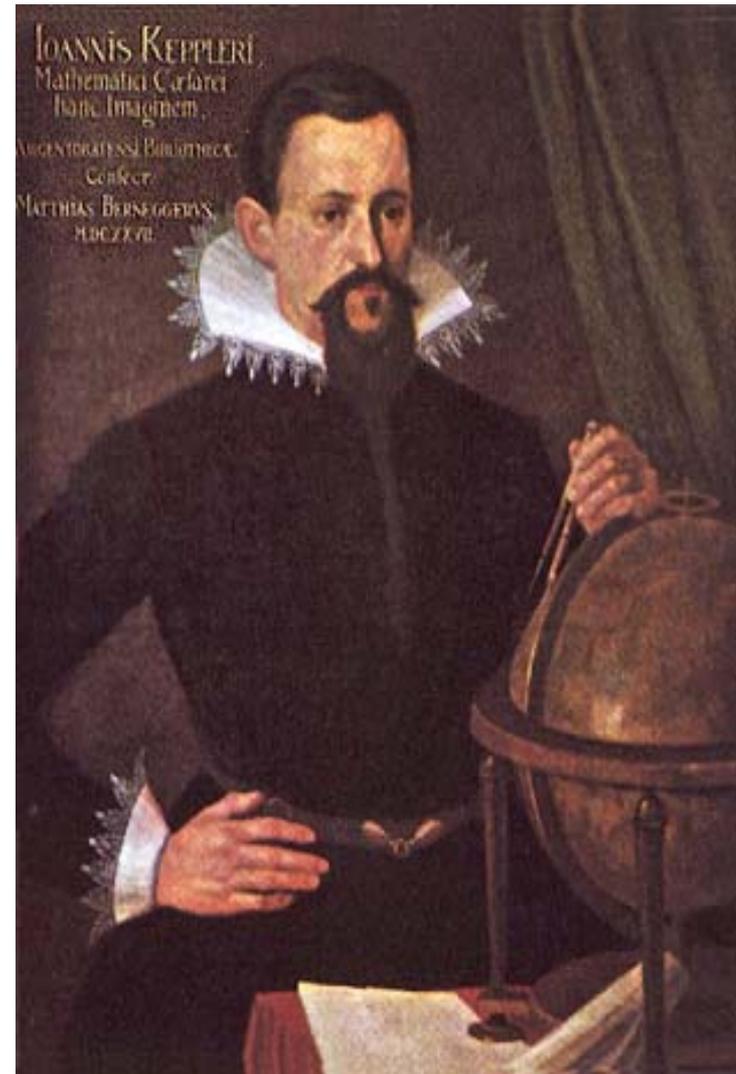
# Tycho-Brahé (1546-1601)

- Remarquable observateur
- Mécénat royal
- Versé dans l'astrologie
- Découvre la supernova de 1572
- Crée 2 observatoires
  - Uraniborg
  - Stjerneborg
- Système mixte entre Ptolémée et Copernic

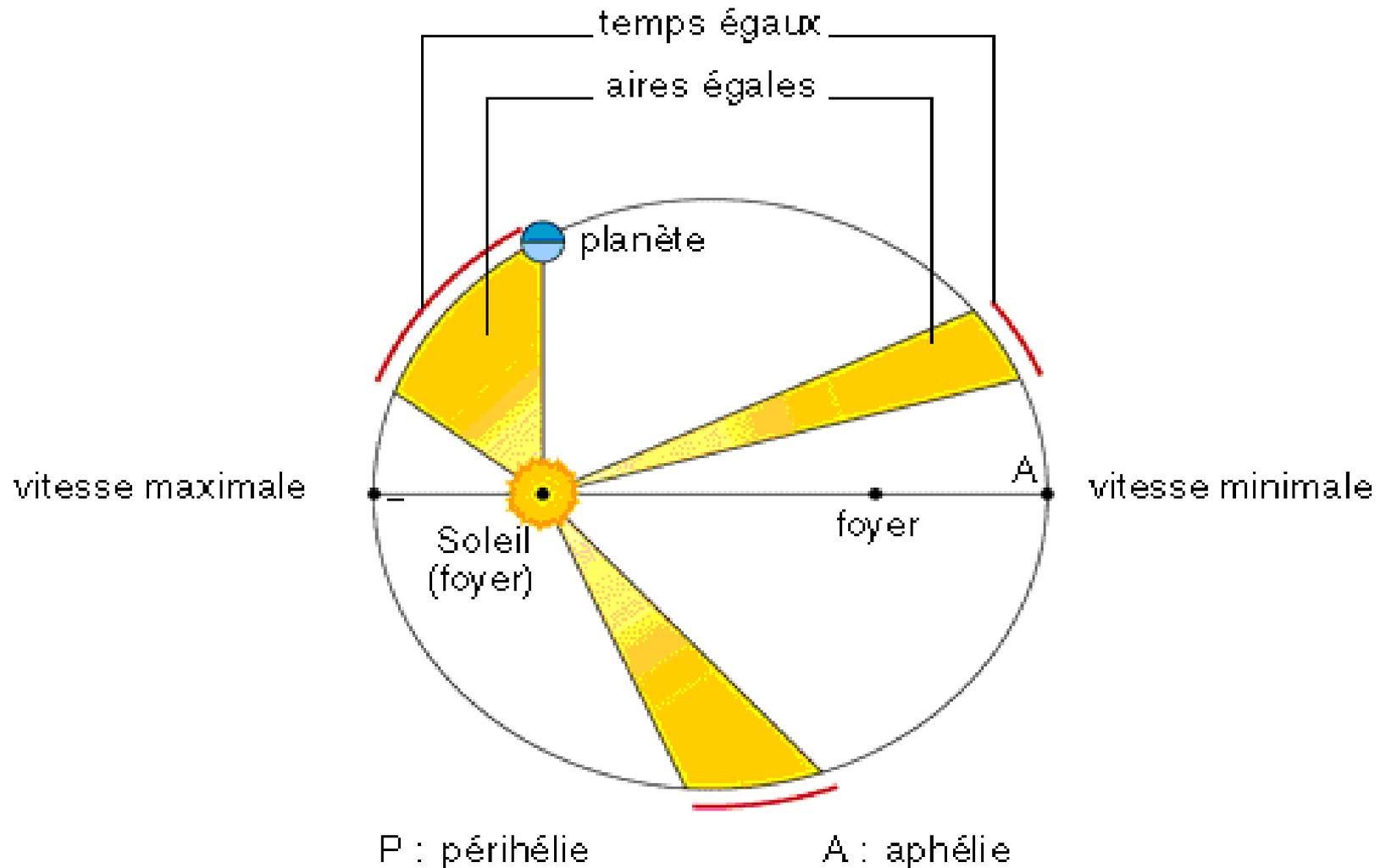


# Jean Kepler (1571-1630)

- Collaborateur de Tycho-Brahé
- Orbites elliptiques
- *L'Harmonie du Monde*
- Les logarithmes
- Mécénat et Enseignant
- Astrologue renommé

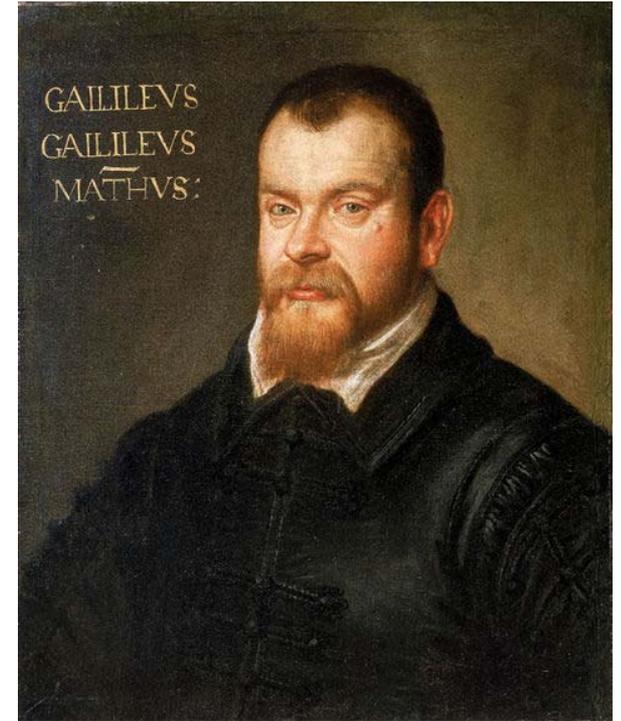


# Les lois de Kepler



# Galileo Galilei (1564-1642)

- Professeur (mathématiques)
- Un des pères de la mécanique moderne
- La lunette astronomique
- Très nombreuses découvertes
- Défend la thèse Copernicienne
- Dialogue sur les deux grands systèmes du monde (1632)



# L'Observatoire de Paris

- Création en 1667
- But: établir des cartes et aider à la navigation maritime
  - Éphémérides
  - Tables
  - Méthodes
  - Instruments
- Astronomes professionnelles
- Directeur : Cassini



# La détermination des longitudes

- Avec le développement des grands voyages maritimes il devient essentiel de pouvoir se positionner correctement
- Position de la Lune (Ptolémée)
- Réactivé par Werner (1515)
- Satellites Galiléens
- Connaissance des temps (1679)
- Board of Longitudes
- Chronomètre d'Harrison



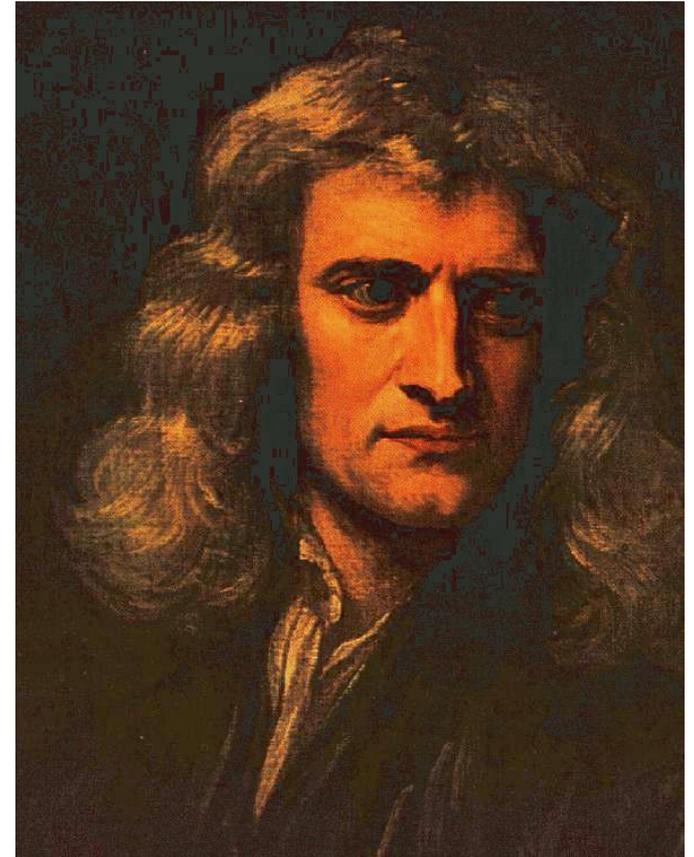
# Les Expéditions

- La conjonction de Mars
  - Richer à Cayenne (1672)
- L'aplatissement de la Terre
  - La Condamine (Pérou)
  - Maupertuis (Laponie)
- Le passage de Vénus : 1761, 1769, 1874, 1882, 2004
  - Le Gentil (Pondichéry)
- La mesure du méridien
  - Delambre/Méchain
  - Biot/Arago



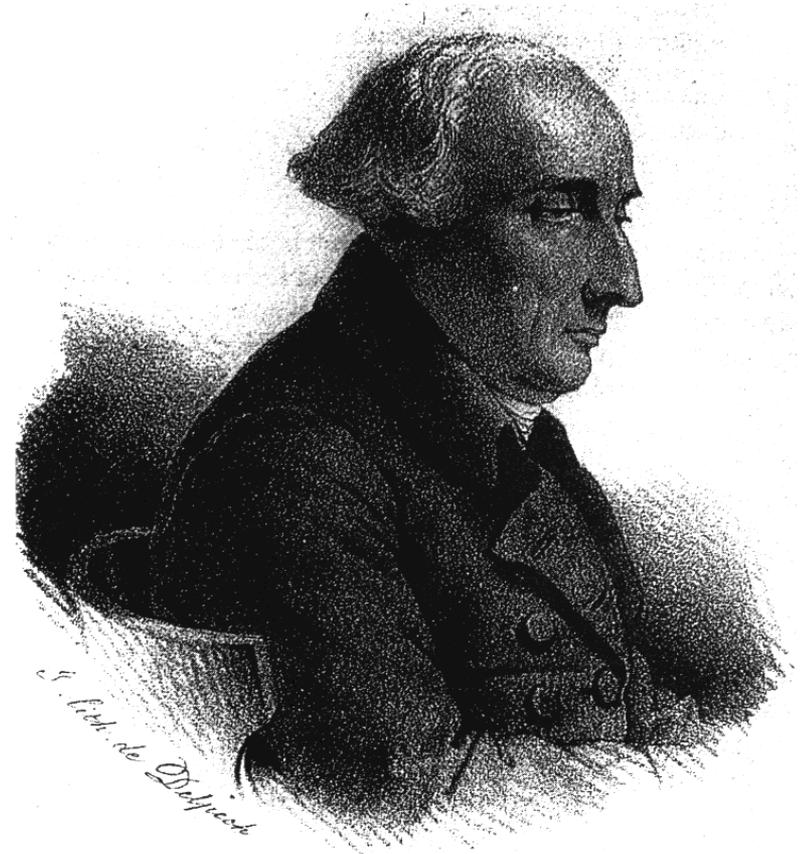
# Isaac Newton (1643-1727)

- Professeur à Cambridge
- Le calcul différentiel et intégral
- Optique
  - Décomposition de la lumière
  - Télescope
  - Théorie de l'émission
  - Anneaux
- *1687 : Philosophiæ naturalis principia mathematica : La Gravitation Universelle*



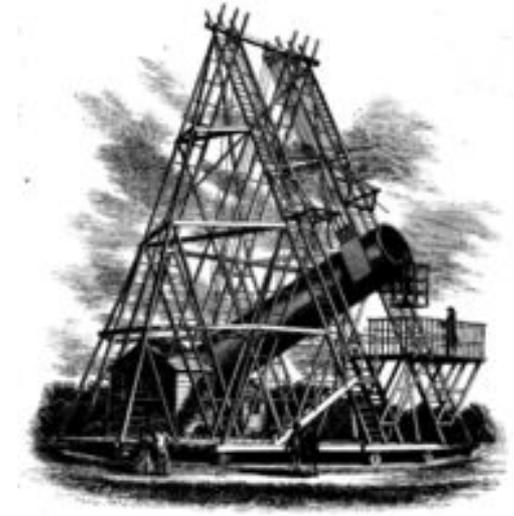
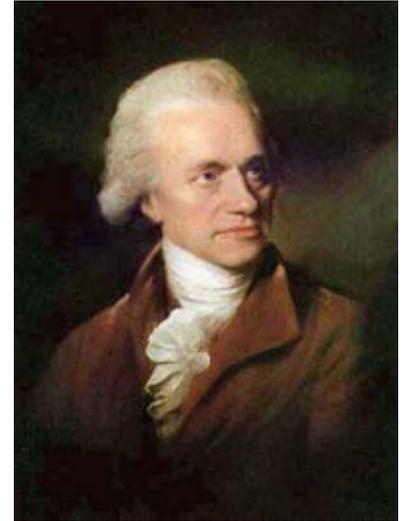
# J-L Lagrange (1736-1813)

- Newton ouvre l'ère de la Mécanique Céleste
- Calcul des variations
- Mécanique
  - Principe moindre action
  - Énergie cinétique
  - Lagrangien
  - Mécanique analytique
- Libration de la Lune
- Stabilité du système solaire



# William Herschel (1738-1822)

- Au départ c'est un musicien de Hanovre
- Devient opticien et construit des télescopes (mécénat royal)
- Observe avec sa sœur Caroline
- Découvre
  - Uranus (1781) & 2 satellites
  - 2 satellites de Saturne
  - Le mouvement vers l'apex
  - La forme de la Galaxie
  - Des étoiles binaires



# P-S Laplace (1749-1827)

- La théorie du Potentiel
  - Le Laplacien
  - Équation de Laplace
- Mécanique Céleste
  - Mouvements planétaires
  - Stabilité du système solaire
- *Exposition du système des Mondes*
  - L'astrophysique
  - Nébuleuse primitive
  - Les trous noirs
- Le calcul des probabilités

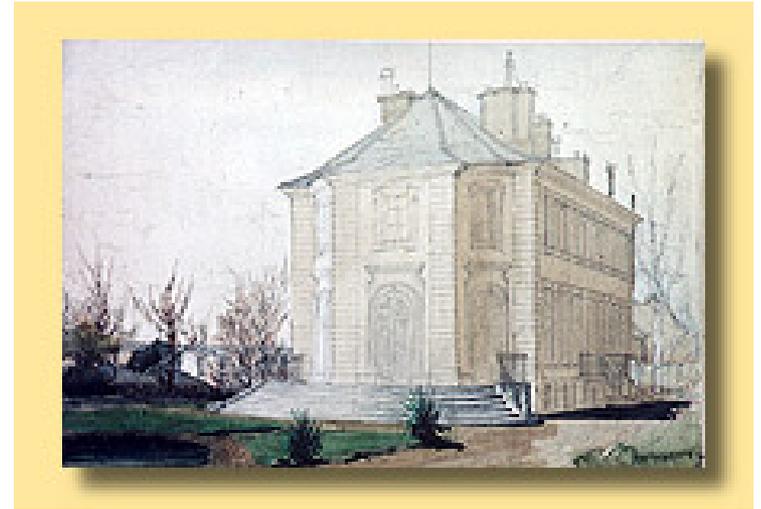


*Académie des Sciences*

6. Laplace in his robes as Chancellor of the Senate.

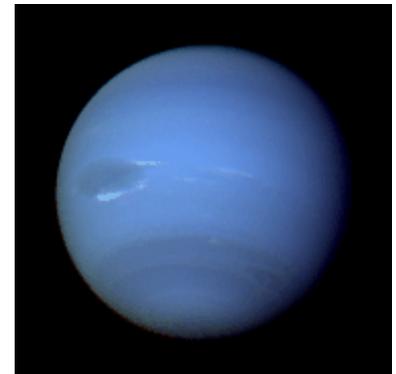
# La Société d'Arcueil (1805-1816)

- Berthollet & Laplace habitent des maisons juxtaposées
- Autour d'eux Biot, Gay-Lussac, Poisson, Humboldt, Malus, Arago, Dulong, ...
- Naissance de l'Astrophysique
- Annuaire du Bureau des Longitudes
- Cours d'Astronomie d'Arago



# U. Leverrier (1811-1877)

- Répétiteur de Mathématiques de l'école Polytechnique
- Donne une bonne prédiction de la planète Neptune qui perturbe Uranus (1846)
- Triomphe de la Mécanique Céleste
- Directeur de l'Observatoire de Paris
- Crée la Météorologie Nationale



# Henri Poincaré (1854-1912)

- Professeur de physique mathématique
  - Topologie
  - Homotopie
- Co-découvreur de la Relativité Restreinte
- Le problème de trois corps
  - Mouvement chaotique



# Les nouveaux observatoires



# La Carte du Ciel (1887- 1958)

- Premier grand projet international
- 18 Observatoires
- 22000 photographies cartographiant tout le ciel
- Catalogue publié en 1958
- Asphyxie de l'astronomie française



# Le CNRS & l'OHP

- Le CNRS, crée en 1936, décide sous l'impulsion de Jean Perrin la création de l'Observatoire de Haute Provence
- Un nouveau métier : chercheur en astrophysique



# L'European Southern Observatory

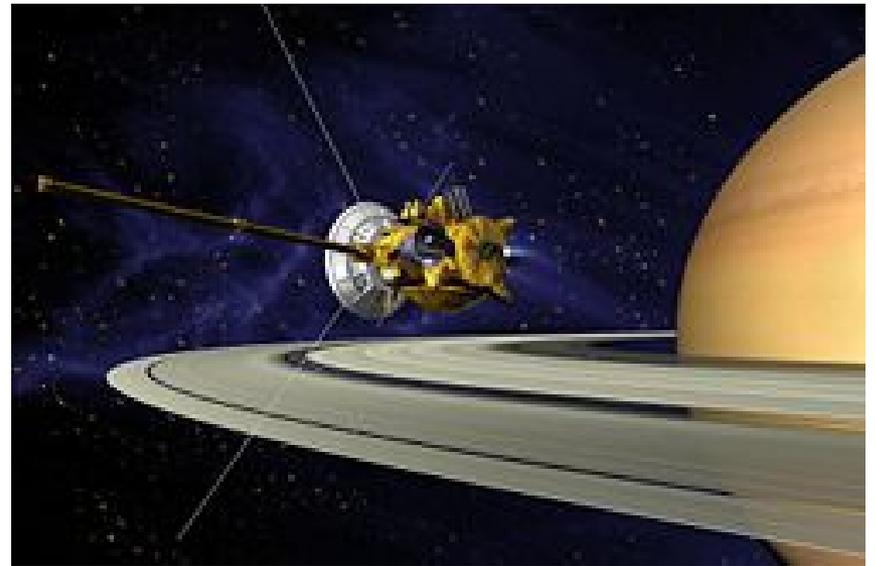
- Créé en 1962
- Quartier général près de Munich
- 2 sites d'observation au Chili
- A permis de coordonner la recherche astronomique européenne au sol



# Autres Coopérations

- L'Union Astronomique Internationale (1919) présidée par Catherine Césarsky
- L'European Space Agency créé en 1975 à partir d'organisations créées dans les années 60
- Le Canada France Hawaii Telescope (1977)
- L'IRAM (1979) coopération France – Allemagne – Espagne radioastronomie millimétrique
- ...





Aujourd'hui



# Les Astronomes



- Héritier du Bureau des Longitudes
- Statut de 1986
- Activités
  - Tâche de service -> service d'observation (33%)
  - Enseignement (17%)
  - Recherche (50%)
  - Autres tâches : administration, diffusion de la culture scientifique
- Nombre stable (~230)
- Affectés à un Observatoire des Sciences de l'Univers

# Les Observatoires des Sciences de l'Univers

- Observatoire de Paris Meudon ;
- Observatoire de la Côte d'Azur ;
- Observatoire Astronomique Marseille Provence
- Observatoire de Besançon ;
- Observatoire de Bordeaux ;
- Observatoire de Grenoble ;
- Observatoire de Lyon ;
- Observatoire astronomique de Strasbourg
- Institut d'Astrophysique Spatiale, Orsay
- Institut d'Astrophysique de Paris
- Laboratoire d'Astronomie de Montpellier

# Services d'observation labellisés

- Validation par l'Institut National des Sciences de l'Univers
  - Métrologie de l'espace et du temps
  - Instrumentation des grands observatoires sol et spatiaux
  - Stations d'observation nationales et internationales
  - Grands relevés et sondages profonds
  - Centres nationaux et internationaux et traitement et d'archivage de données
  - Surveillance solaire, relations Soleil-Terre, environnement terrestre

# Les Professeurs



- Postes créés pour l'enseignement de la Cosmographie → Obsolète
- Activités
  - Enseignement (50% = 192h ETD)
  - Recherche (50%)
  - Autres activités : gestion, diffusion de la culture
- Longue période de stabilité, légère croissance actuelle (~170)
- Enseignements dans le cadre d'une UFR

# Les chercheurs



- Le CNRS & son organisation en départements
- Activité à 100% de recherche
- Gestion / diffusion de la culture scientifique
- Gérés par la section 17 du comité national
- Stabilité (~ 400)
- Affectés à une unité reconnue par le CNRS (UPR, UMR, ..)

# Autres cadres

- Astrophysiciens du CEA
  - Une trentaine au Département d'Astrophysique
  - Astrophysique des Hautes énergies
  - Ingénieurs / Chercheurs
- Collège de France
  - Chaire d'instrumentation
  - Très peu de postes associés
  - Postes liés aux astroparticules
- Organismes nationaux et internationaux
  - CNES, ESO, ESA, ...

# Objectifs principaux

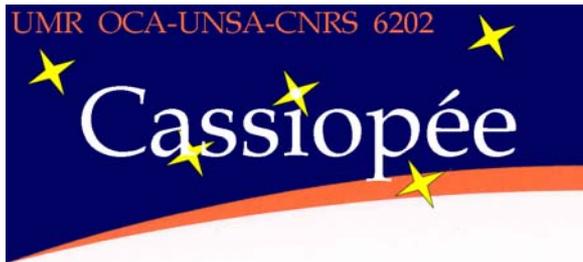
- **Prospectives INSU / CNRS**
  - **Origines**
    - Cosmologie → Grandes structures
    - Formation des galaxies → Notre Galaxie
    - Formation stellaire
    - Formation planétaire
    - Exoplanètes
  - **Astroparticules & nouveaux messagers**
    - Très hautes énergies
    - Neutrinos
    - Ondes gravitationnelles

# Activités

- Production scientifique
  - Articles revues internationales  
→ rapporteurs
  - Communications conférences internationales
  - Rapports & propositions scientifiques
  - Ouvrages
  - Brevets
- Autres réalisations
  - Observations (service ou non)
  - Instruments , logiciels
  - Catalogues, images, données diverses
  - Codes de simulation et modèles
- Enseignement
  - Tous les cycles
  - Stages
  - Encadrement de jeunes chercheurs
- Diffusion de la culture scientifique & technique
  - Articles, livres
  - Conférences, émissions audiovisuelles
  - Visites d'observatoire
  - Visites de classes
- Gestion de la recherche
  - Direction de laboratoire ou de structure liée à la recherche
  - Participation aux conseils, comités, groupes de travail

# Moyens

- Structure de base: les laboratoires
  - Insertion dans un établissement
  - Situation géographique & locaux
  - Structure administrative → UMR



- Moyens du laboratoire
  - Personnels scientifiques, techniques & administratifs
  - Moyens généraux: ateliers, informatique, réseau, bibliothèque → souvent mutualisés
  - Moyens propres → stations de travail, équipements pour réaliser et tester les instruments
  - Moyens financiers : subventions & contrats

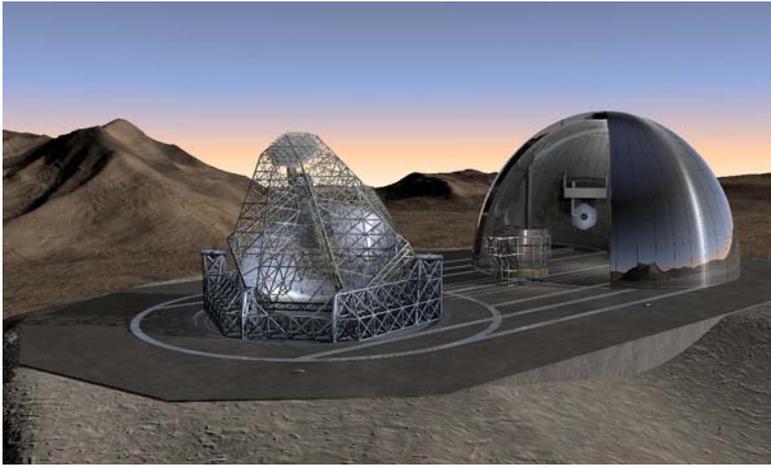
- Moyens nationaux & internationaux
  - Observatoires nationaux → en voie de disparition
  - Observatoires internationaux → accès, mission
  - Observatoires spatiaux → accès aux données
  - Exploitation des observatoires → Demandes / Missions / Archives
  - Grands moyens de calcul
- Moyens sur projet
  - Programmes nationaux (INSU, CNRS)
  - Aides du CNES
  - Subventions régionales
  - Agence Nationale de la Recherche
  - Contrats européens
  - Contrats industriels

# Les facettes du métier

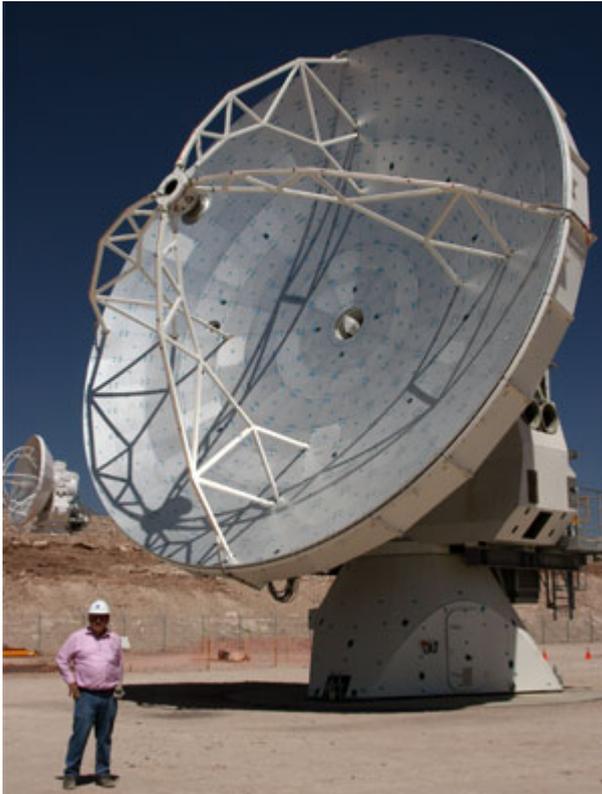
- Passé: « théoriciens » et « observateurs »
- Aujourd'hui: tableau à double entrée
  - Méthodes : instrumentation, observation, analyse des données, interprétation, théories physiques associées
  - Objets: Soleil, planètes, étoiles, matière interstellaire, la Galaxie, les galaxies, les amas de galaxies & les grandes structures, la cosmologie
- Interaction avec les autres disciplines

# Carrière d'un Chercheur

- Formation initiale : Bac+5 Sciences
  - Grandes écoles / Université
  - Universités étrangères
- Préparation de la thèse
  - Bourse
  - Direction de thèse
  - Laboratoire d'accueil
  - Co-tutelle
  - École doctorale
  - Activités & durée
- Post-doctorat
  - Bourse
  - Laboratoire d'accueil
  - Activités & durée
- Obtention d'un poste
  - Concours
  - Modes de sélection
  - Pourcentage de réussite
  - Conditions de réussite
- Chercheur B
  - Insertion dans la communauté
  - Initiatives
  - Habilitation à Diriger les Recherches
- Chercheur A
  - Réussite au concours
  - Responsabilités
  - Rôle international
- Éméritat
  - Activités après la retraite



# DEMAIN



# Quelques pistes

- Postes:
  - Entrée de plus en plus tardive en poste permanent
  - Maintenance au mieux du nombre d'astronomes
  - Répartition des activités
- Objectifs
  - Permanence de quelques grands sujets (cosmologie, planétologie, exo-planétologie, relations Terre/Soleil, ...)
  - Relevés de plus en plus profonds / complets / précis / originaux
  - Émergence de sujets liés aux nouvelles découvertes
- Moyens
  - Instrumentation de plus en plus sophistiquée → Ondes gravitationnelles?
- Structures
  - Très Grands Équipements internationaux → échelle planétaire
  - Logiciels à échelle internationale → complexité, maintenance
  - Accès planétaire aux données / articles / modèles → Observatoire virtuel
- Structures
  - Insertion de plus en plus forte dans les universités
  - Recherches sur projets → consortiums internationaux
  - Rôle des astronomes / autres sciences → collaborations indispensables
  - Rôle social → visites, audiovisuels, sites internet, conférences, ...

# Conclusion

- Un métier existant depuis l'aube de l'Histoire
- Une évolution progressive de l'observation à la compréhension
- Une spécialisation de plus en plus grande
- De plus en plus insérée dans l'Université
- Des relations internationales croissantes
- Être jugé en permanence
- Des liens étroits avec tous les publics