

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



5 Février 2008

Association du Planétarium Valéri

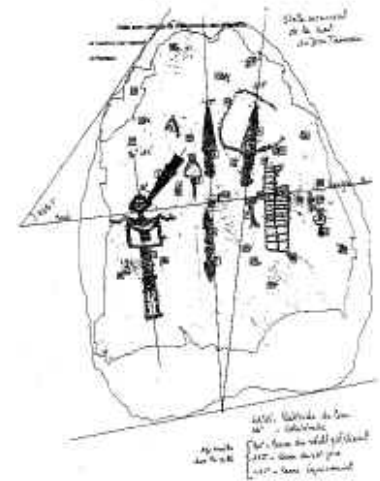
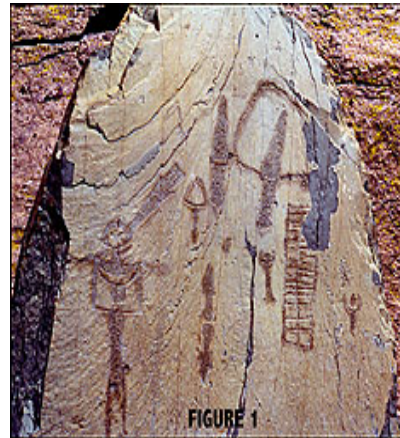
3

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

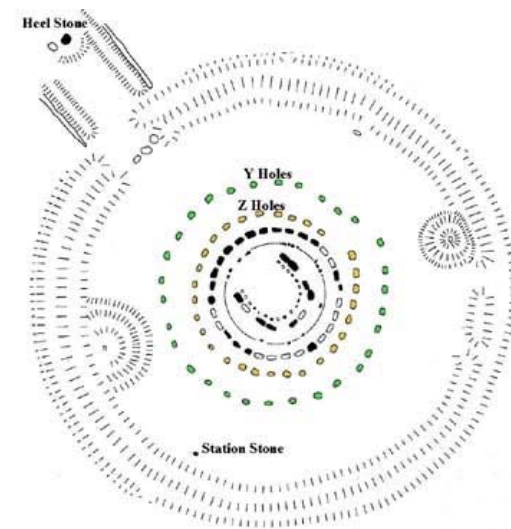
L'archéoastronomie

- 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

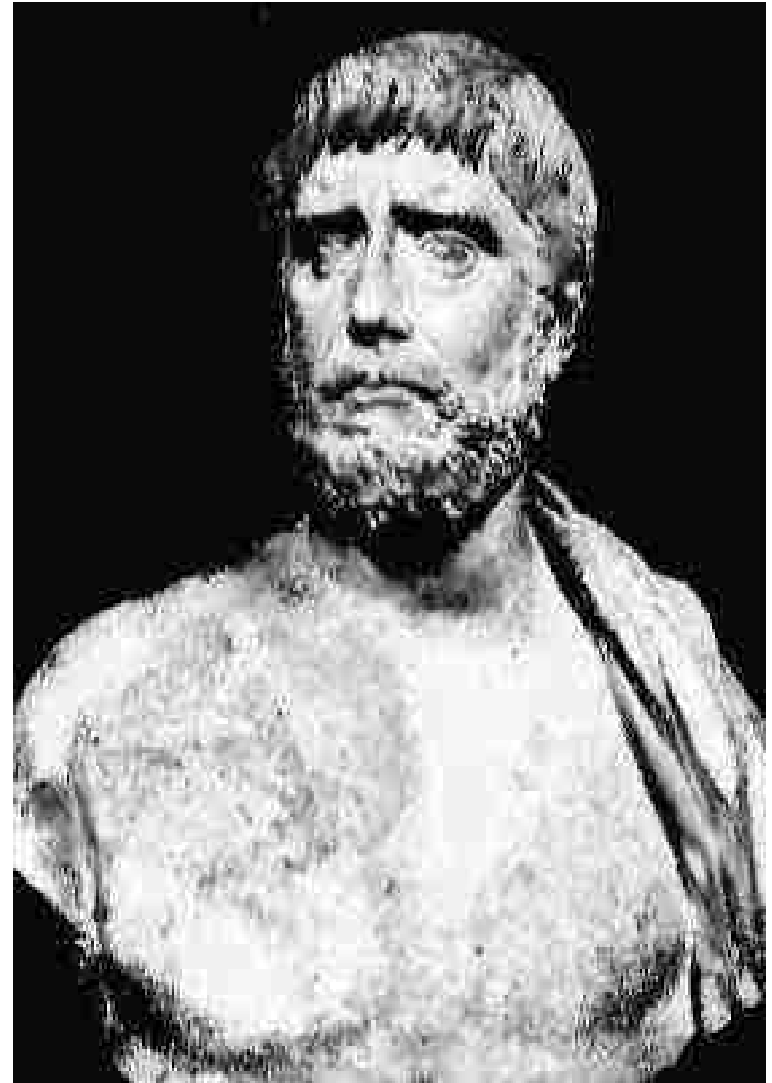
Le Miracle Grec

- 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

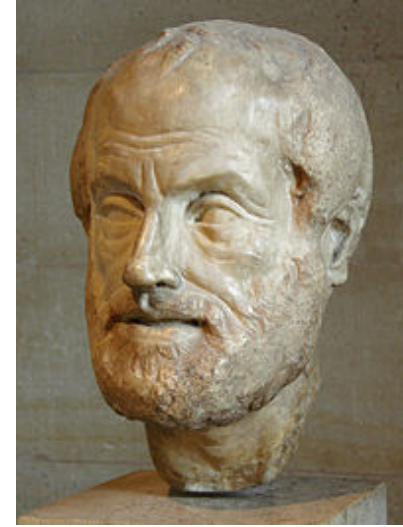
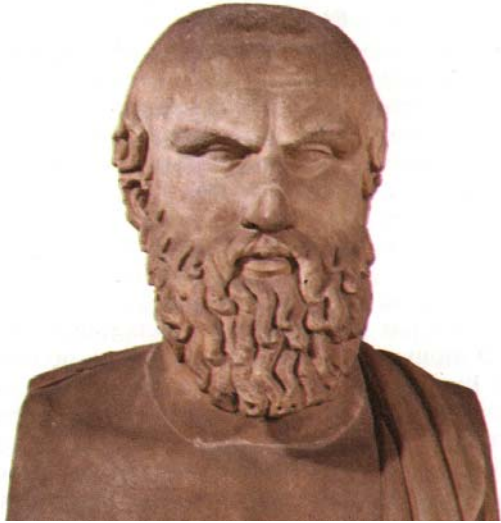


Thalès de Milet (-624/-547)

- 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



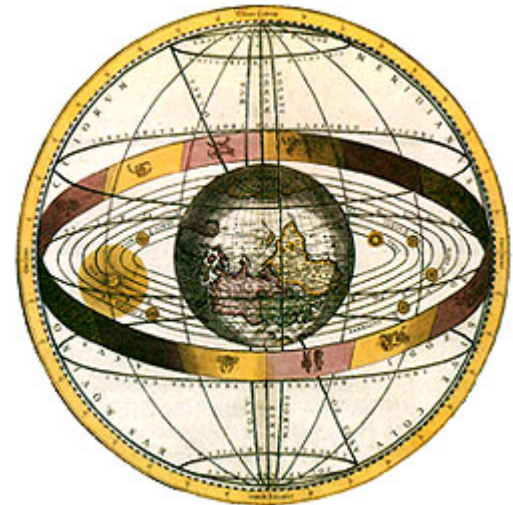
Hipparque (-190/-120)

- 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



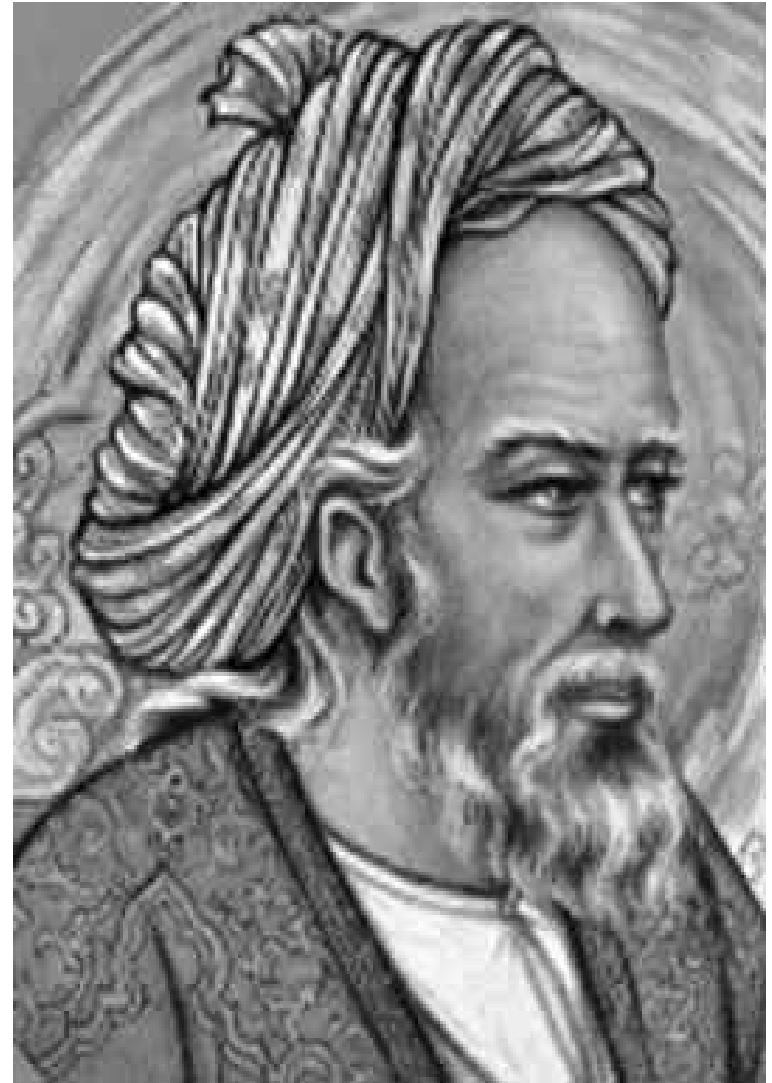
L'Astronomie Arabe

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



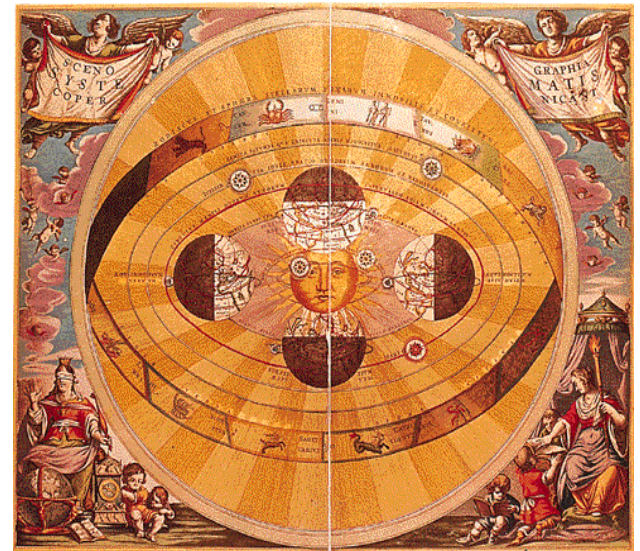
Omar Khayyam (1048-1131)

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



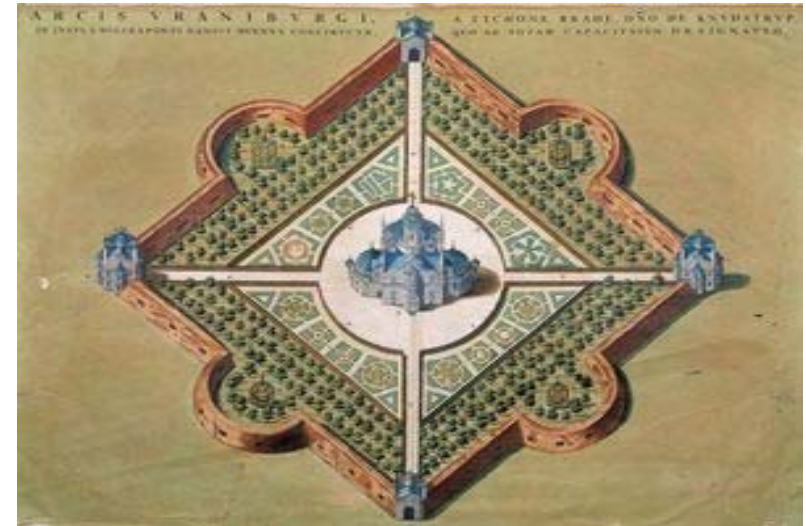
La Révolution Copernicienne

- *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



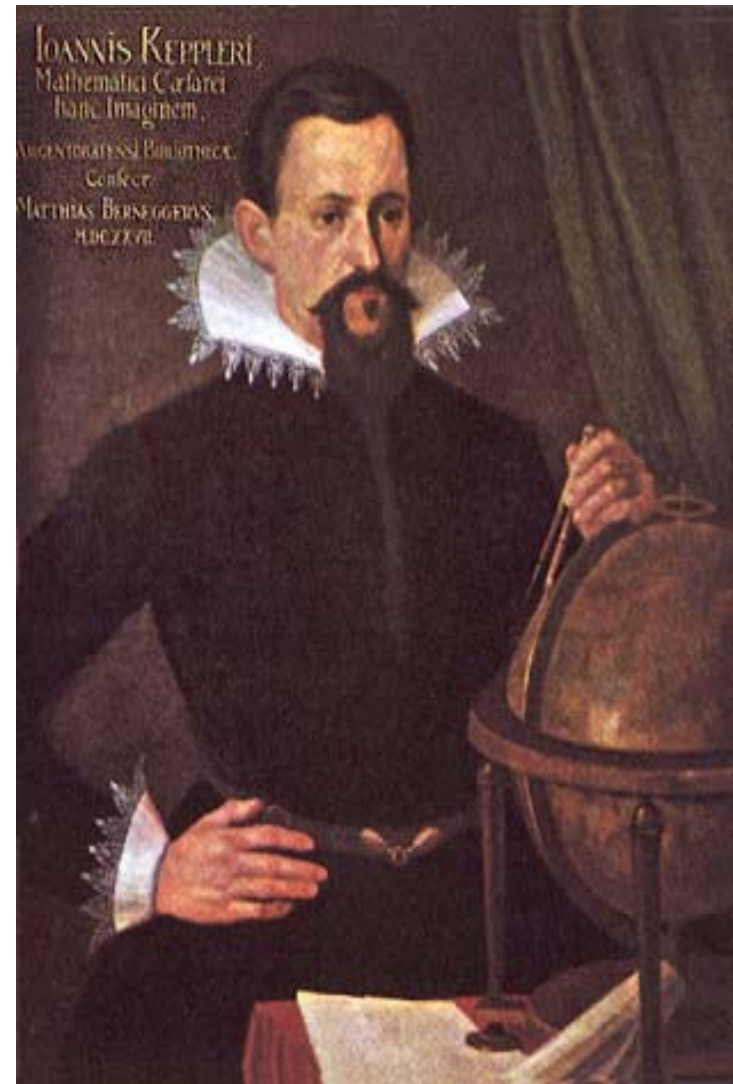
Tycho-Brahé (1546-1601)

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

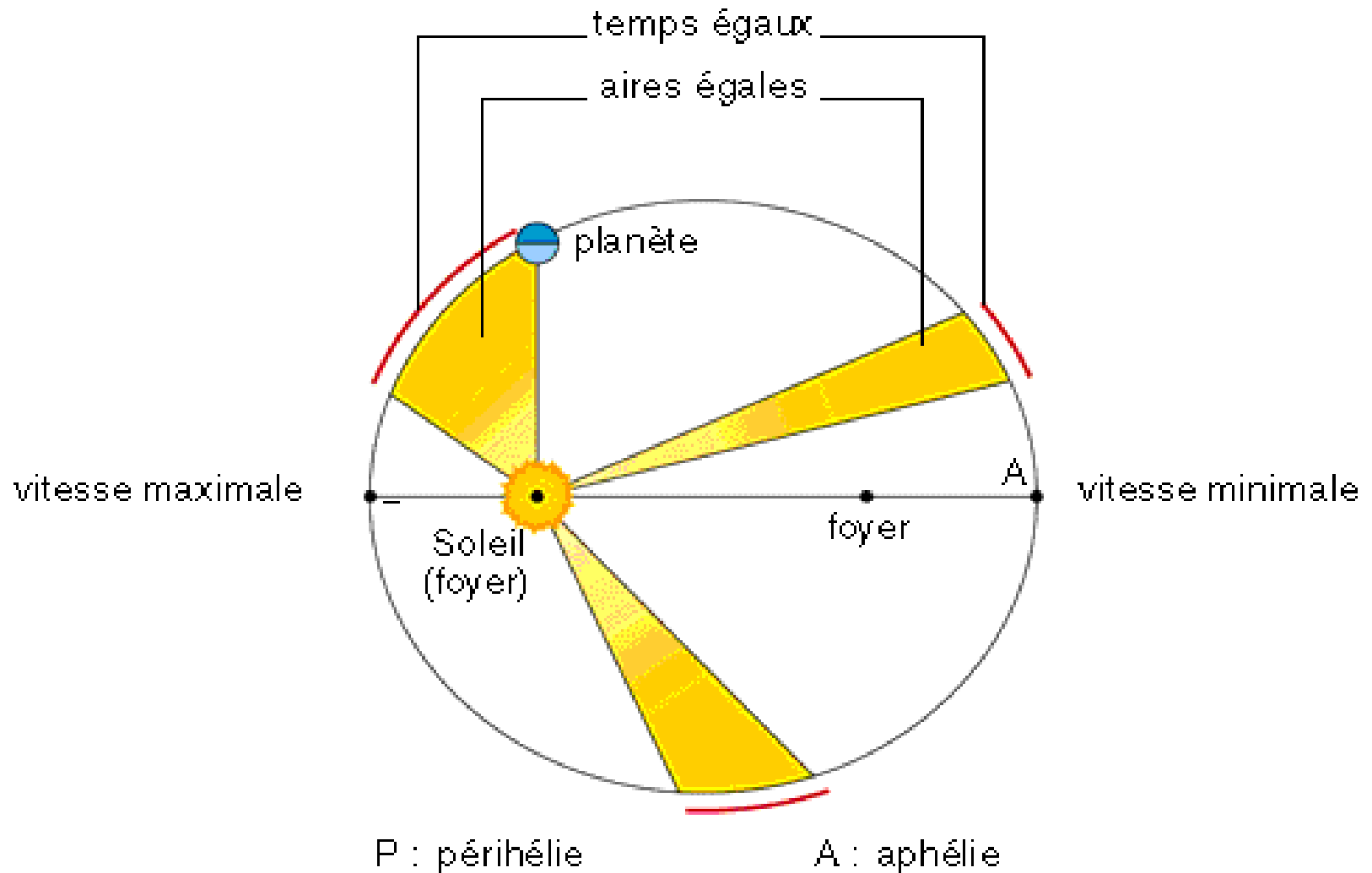


Jean Kepler (1571-1630)

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

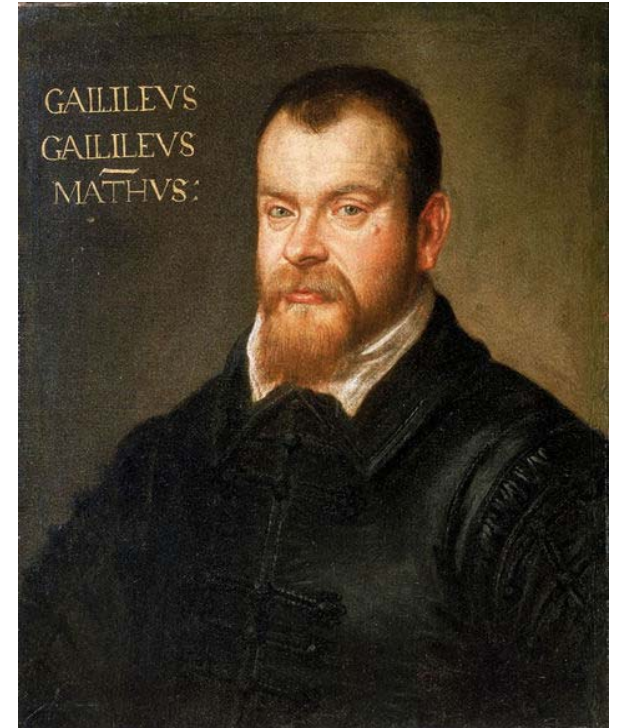


Les lois de Kepler



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)



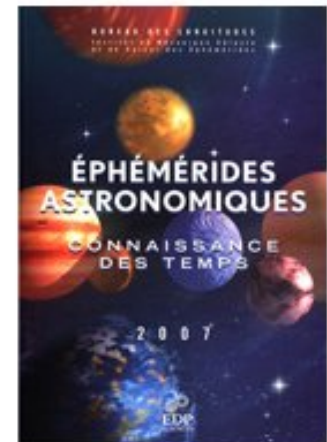
L'Observatoire de Paris

- 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



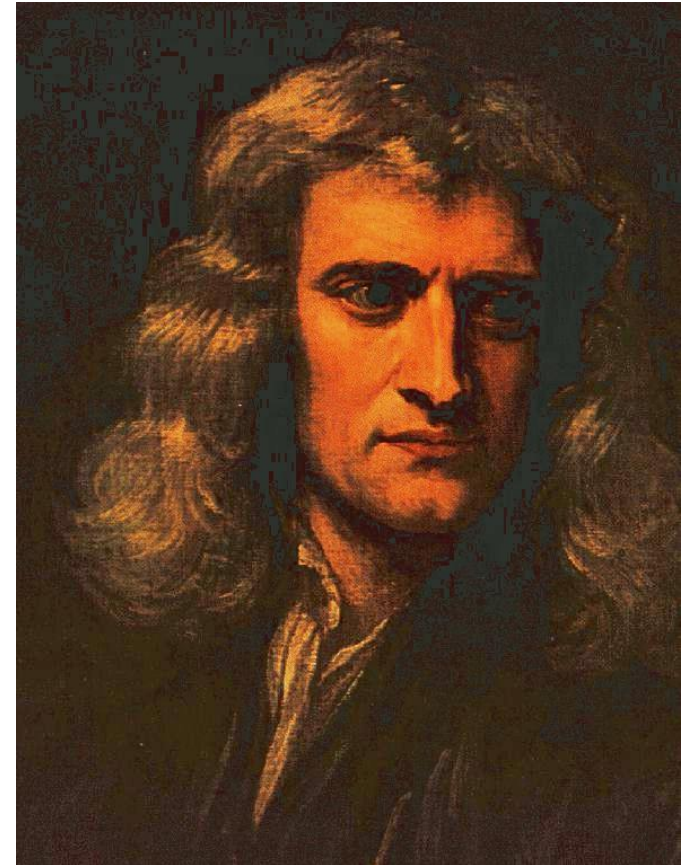
Les Expéditions

- 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



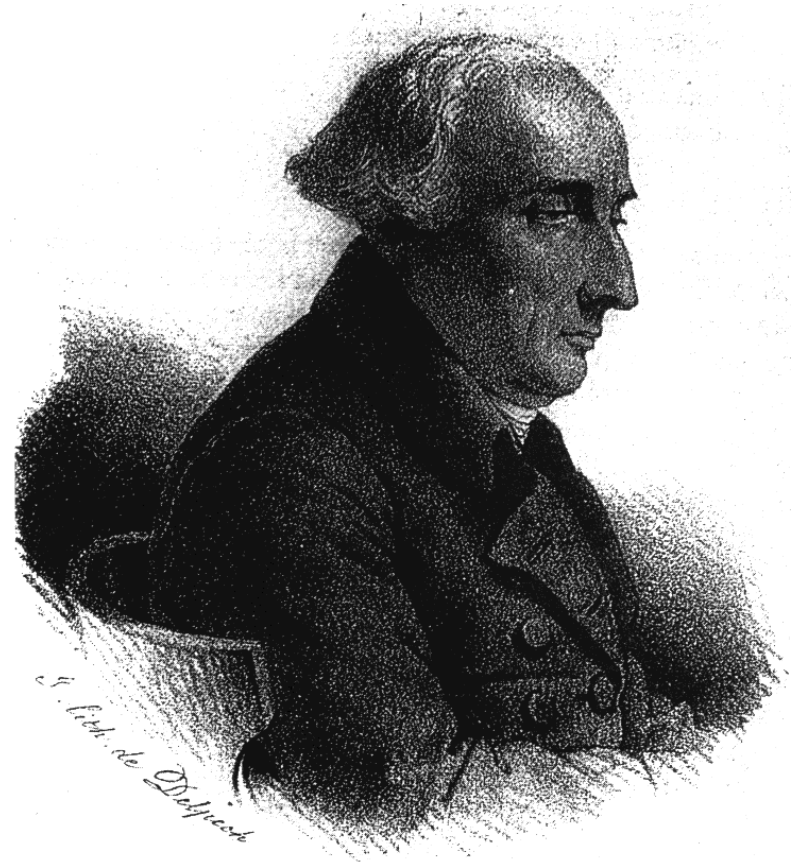
Isaac Newton (1643-1727)

- 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*



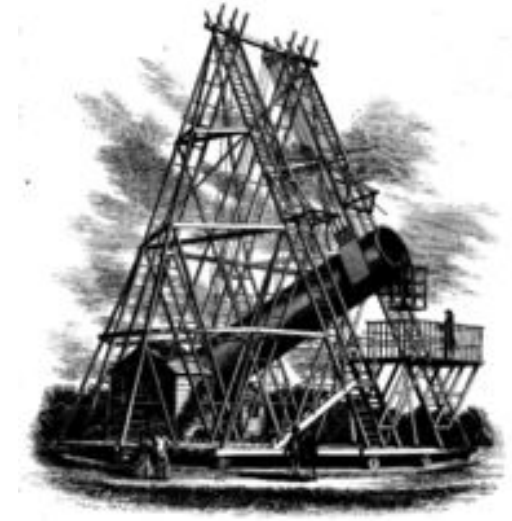
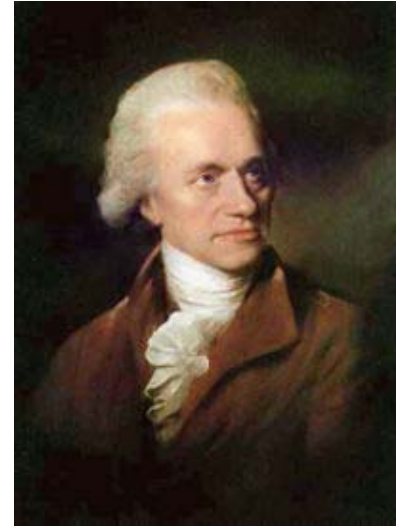
J-L Lagrange (1736-1813)

- 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

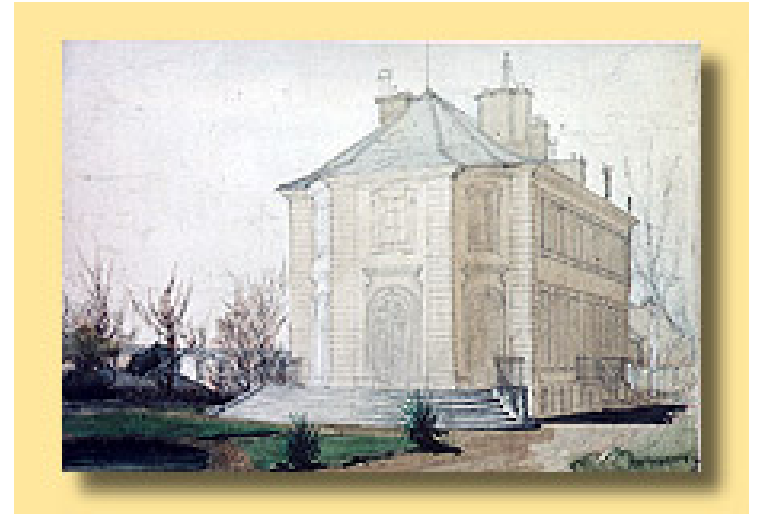


Académie des Sciences

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

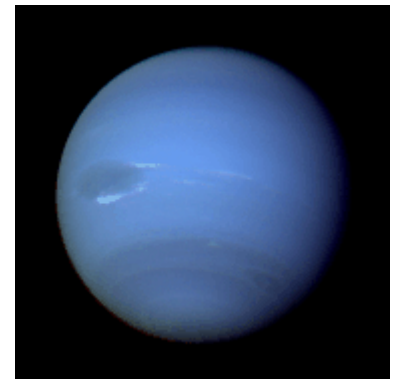
La Société d'Arcueil (1805-1816)

- 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

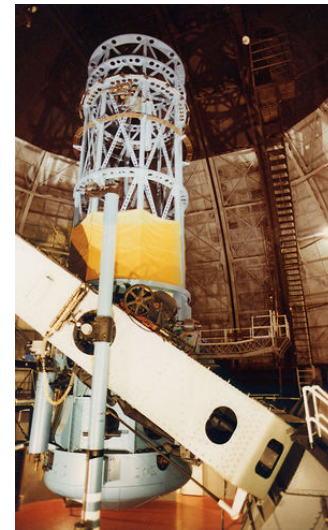
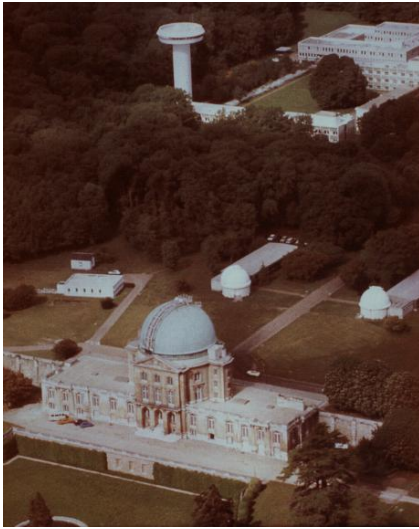


Henri Poincaré (1854-1912)

- 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

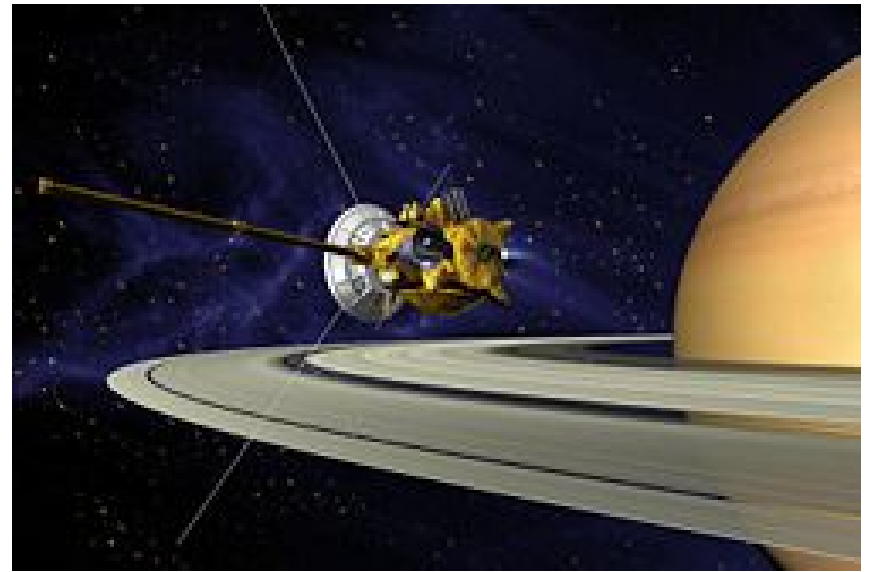
- Créé en 1962
- Quartier général près de Munich
- 2 sites d'observation au Chili
- A permis de coordonner la recherche astronomique européenne au sol



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

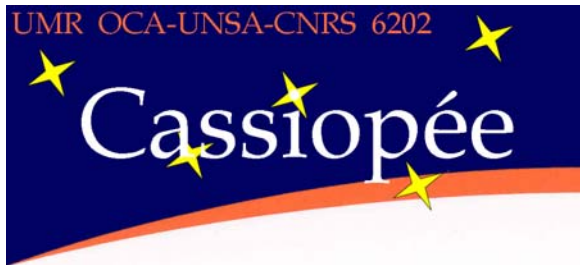
- **Prospectives INSU / CNRS**
 - **Origines**
 - Cosmologie → Grandes structures
 - Formation des galaxies → Notre Galaxie
 - Formation stellaire
 - Formation planétaire
 - Exoplanètes
 - **Astroparticules & nouveaux messagers**
 - Très hautes énergies
 - Neutrinos
 - Ondes gravitationnelles

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

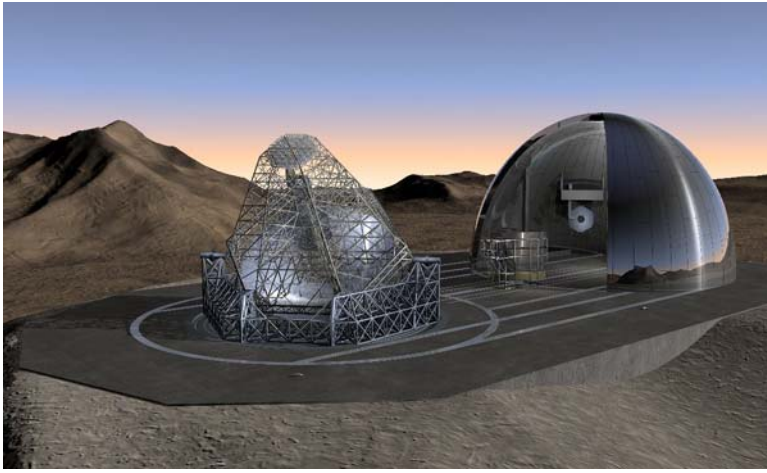
- Moyens nationaux & internationaux
 - Observatoires nationaux → en voie de disparition
 - Observatoires internationaux → accès, mission
 - Observatoires spatiaux → accès aux données
 - Exploitation des observatoires → Demandes / Missions / Archives
 - Grands moyens de calcul
- Moyens sur projet
 - Programmes 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?
 - 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