

Astronomie et Astrophysique

- I- Astronomie, Astrophysique et grandes questions
- II- Moyens d'observation
- III- Les métiers de l'Astrophysique
- IV- Le M2 Parcours Astrophysique de l'UGA



UGA
Université
Grenoble Alpes



Contact: Estelle Moraux

Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (IPAG)

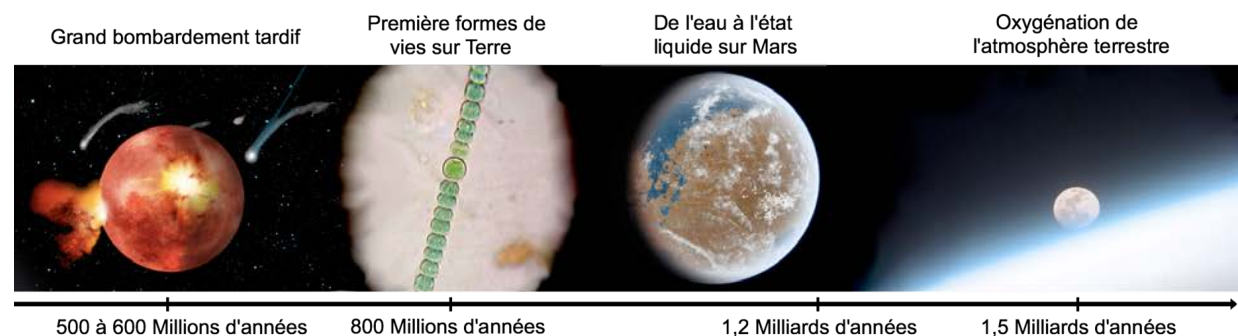
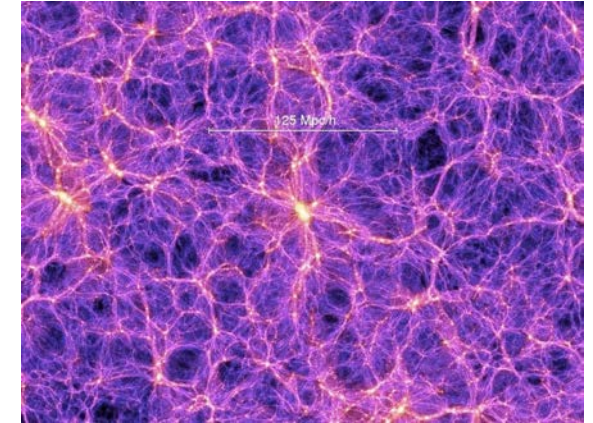
estelle.moraux@univ-grenoble-alpes.fr

I- Astronomie - Astrophysique

- **Astronomie** : Science de l'observation des astres et de l'Univers
 - **Astrophysique** : Etude de la **physique** des astres et de l'Univers (origine, nature, structure et évolution)
 - **Les deux sont aujourd'hui indissociables !**
 - **But** : Description, compréhension des phénomènes se produisant dans l'Espace.
-
- Une science **plurimillénaire**. Peut-être la plus ancienne de toutes....
 - Aujourd'hui une **branche de la physique**. Une des plus complètes qui soit.
 - Discipline très **éclectique** : Physique des atmosphères, Physique des plasmas, Dynamique gravitationnelle, Processus radiatifs, Phénomènes à hautes énergies, Cosmologie, Instrumentation...
 - Caractéristiques générales : Physique de l'infiniment grand \Rightarrow Ordres de grandeurs très divers (temps, distances, températures, pressions...)
 \Rightarrow **Physique et objets exotiques**

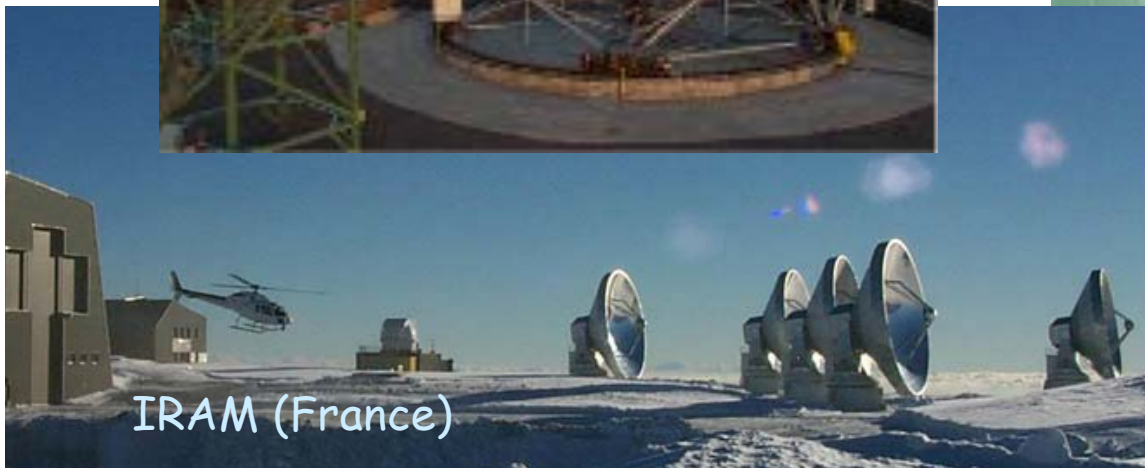
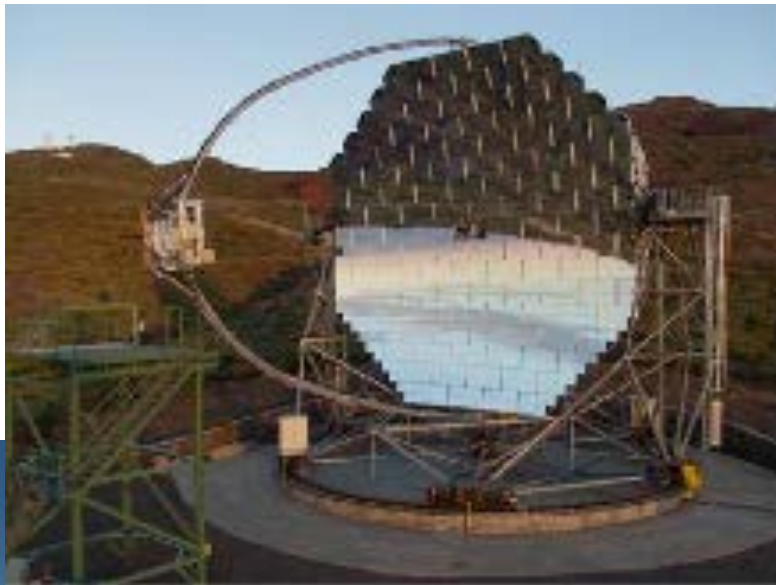
Astrophysique: les grandes questions actuelles

- Comment est « né » l'univers? A-t-il une « fin » ?
- Pourquoi a-t-il la structure observée ? Qu'est ce que la matière noire? L'énergie noire ? Où est l'antimatière ?
- Y a-t-il un trou noir au centre de toutes les galaxies ? Comment se sont formées les galaxies ?
- Comment se forment et évoluent les étoiles et les planètes ?
- Le système solaire est-il un système typique ? Quelle est la diversité des systèmes planétaires extrasolaires ?
- Quelle est l'origine des molécules prébiotiques, et de la vie ?



II - Les moyens d'observations du ciel: Puissance et haute technologie

- La quasi-totalité de l'information en provenance des astres est portée par la lumière (photons, ions, neutrinos)
- Nécessite des moyens de collecte et d'analyse performants : télescopes, détecteurs, etc...

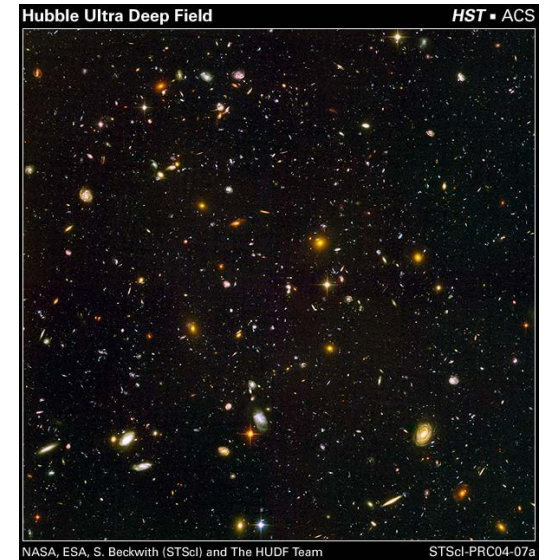
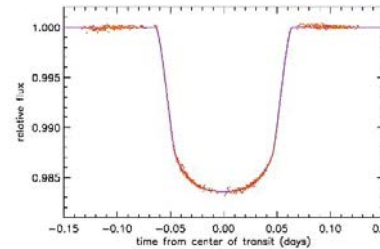


IRAM (France)

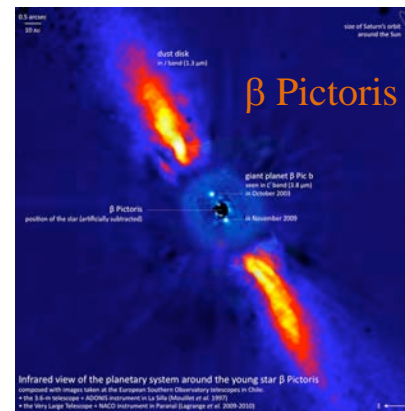
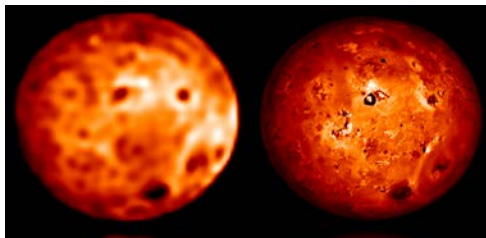
Techniques d'observation

- Photométrie: mesure de la luminosité
 - Détection d'objets faibles (lointains, et donc anciens)
 - Détection de variations très faibles

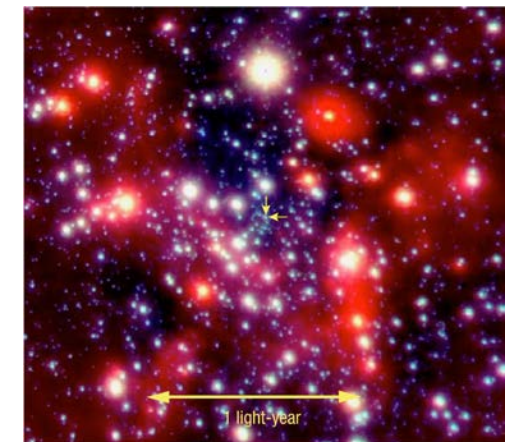
Transit
d'exoplanète



- Imagerie: taille et forme des objets
 - Haute résolution angulaire (optique adaptative, interférométrie)



Centre galactique

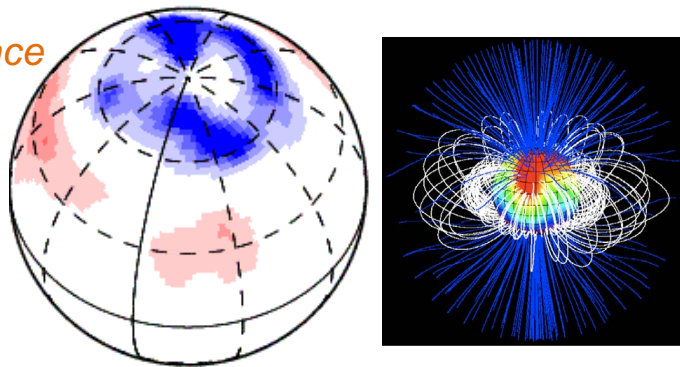


- Astrométrie: position précise des sources
 - Astrométrie de haute précision \Rightarrow Mouvements, distances

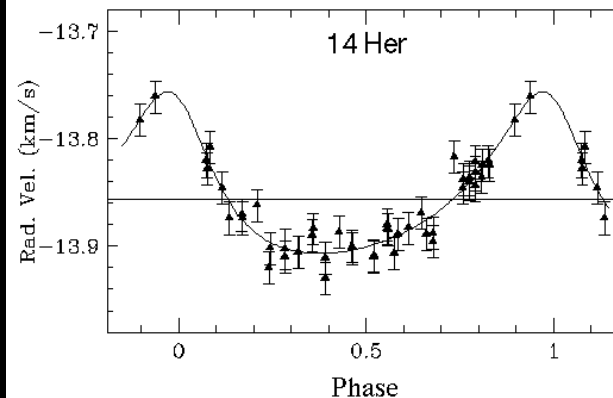
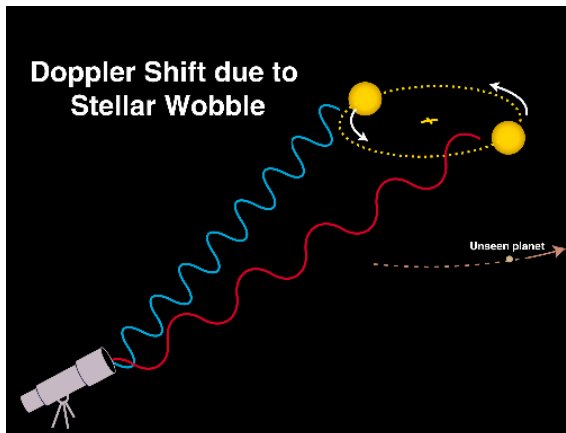
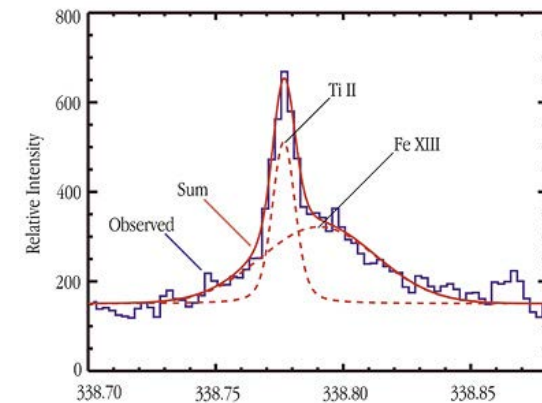
Techniques d'observation

- Spectroscopie: les différentes « couleurs »
 - Sur un grand domaine spectral (radio, infrarouge, visible, X, γ ...)
 - Avec une grande résolution \Rightarrow raies spectrales \Rightarrow composition, température, vitesse, inhomogénéité de surface, variation

*Inhomogénéités de surface
et champ magnétique*



Émission de la couronne chaude



*les variations de vitesse radiale
d'une étoile trahissent la
présence d'une planète*

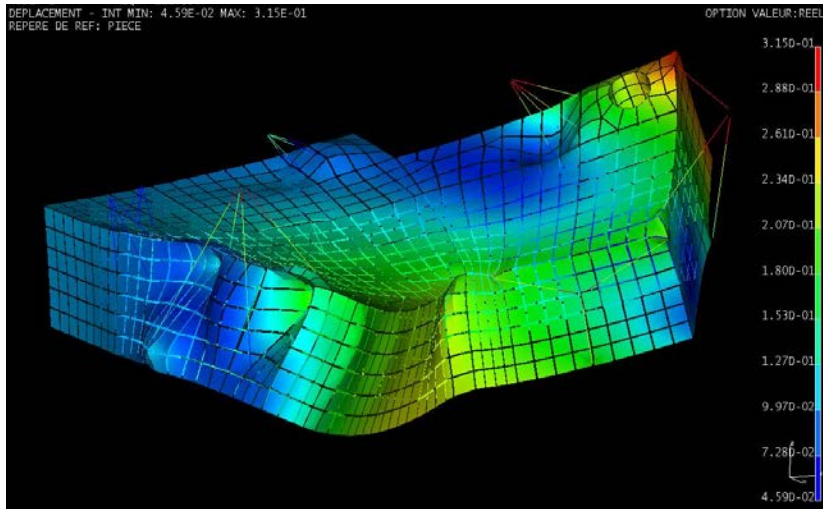
III - Les métiers de l'astrophysique

Le domaine de l'astrophysique recouvre plusieurs métiers qui peuvent être très différents. Ils correspondent à des aptitudes et savoir-faire distincts et parfois à des études très différentes.

- Chercheurs : Instrumentalistes, observateurs, modélisateurs, numériciens, théoriciens (souvent aussi enseignants !)
- Ingénieurs de recherche
- Techniciens en optique, mécanique, électronique
- Informaticiens (réseaux, gestion de données, calculs)
- Administratifs
- Métiers de communication



Instrumentalistes

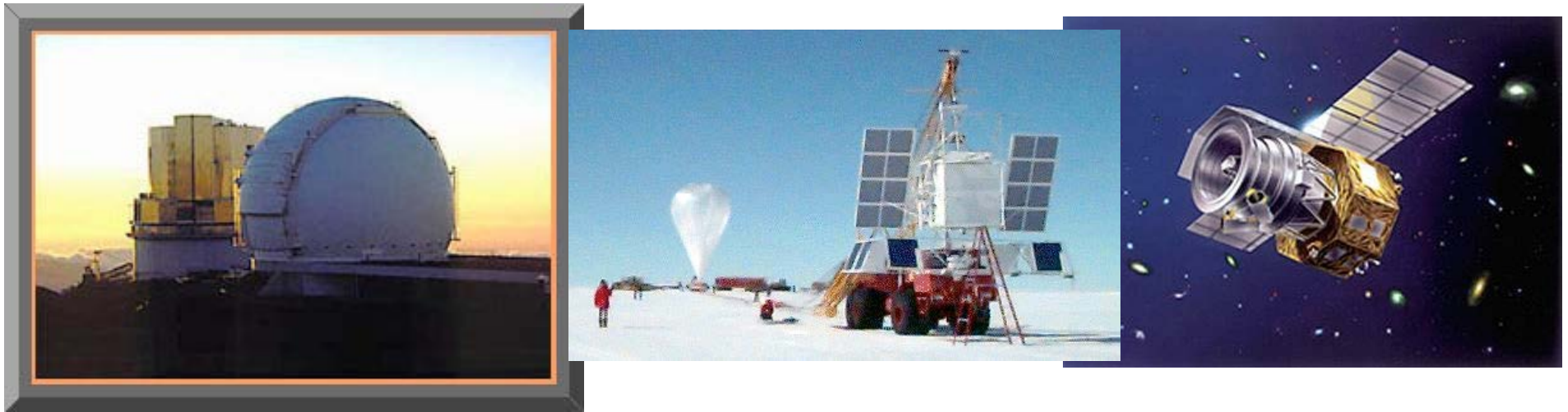


Définissent, caractérisent et construisent les instruments (du futur). Leur objectif premier dépend de leur formation initiale:

- Ceux qui font de la R&D (recherche et développement): techniciens et ingénieurs pour la plupart, ce sont des experts en mécanique, électronique, optique, informatique, matériaux etc... Principalement intéressés par les prouesses techniques, parfois inventeurs géniaux.

- Ceux qui sont aussi observateurs: également utilisateurs, ce sont eux qui définissent les besoins et les attentes des astrophysiciens.

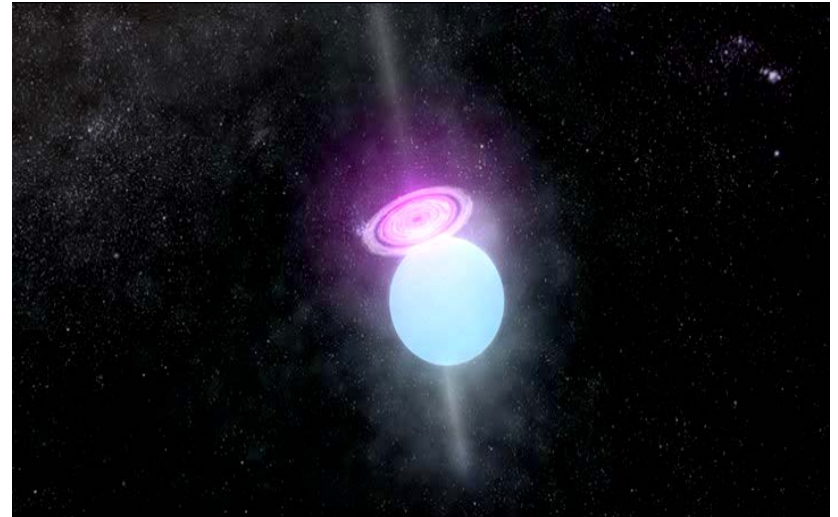
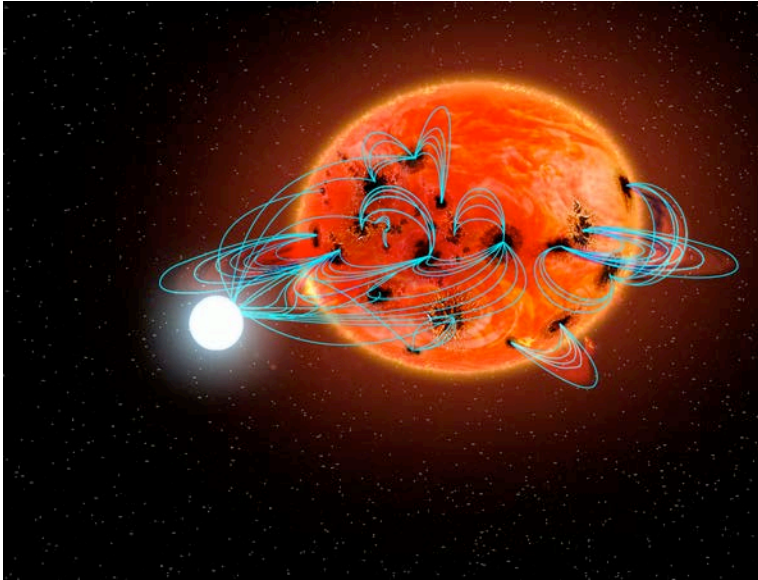
Observateurs



Utilisent les instruments nationaux et internationaux et obtiennent de nouvelles images ou données sur leurs objets de prédilection. **Les grandes découvertes, ce sont eux qui les font (Prix Nobel 2019, 2020)**

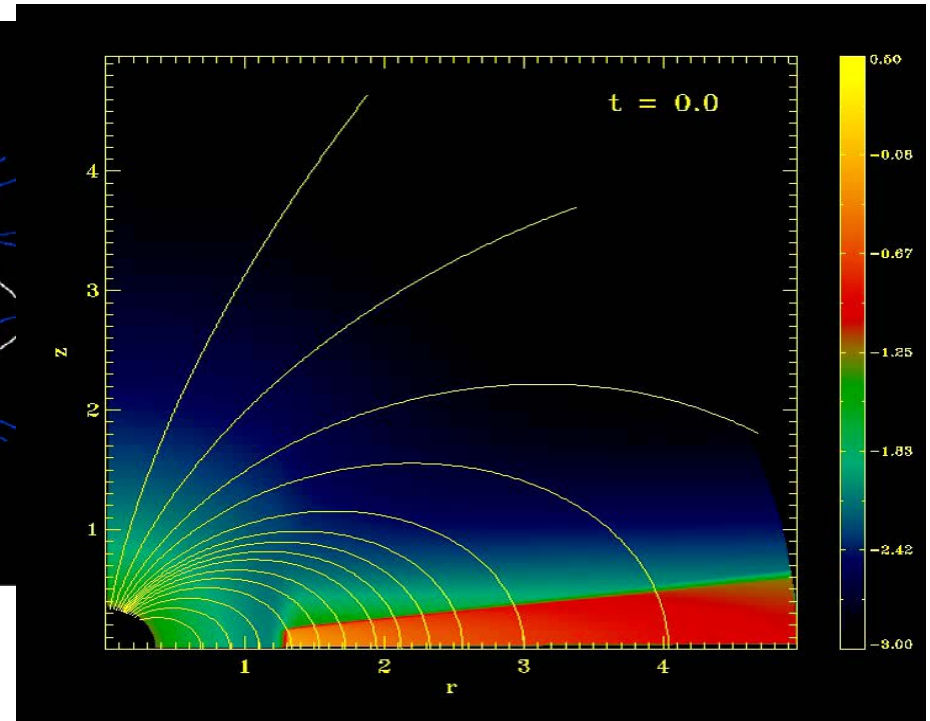
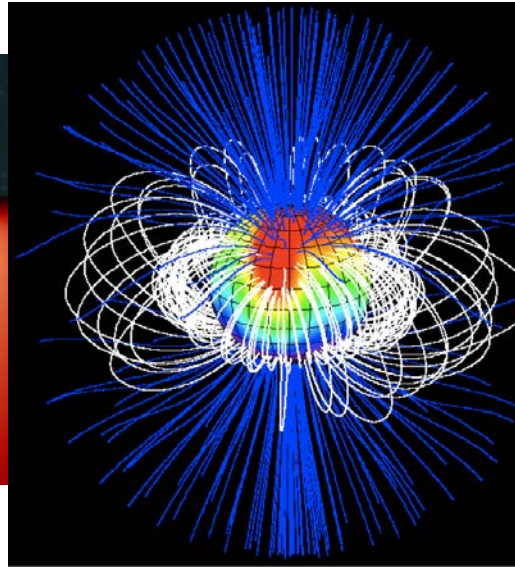
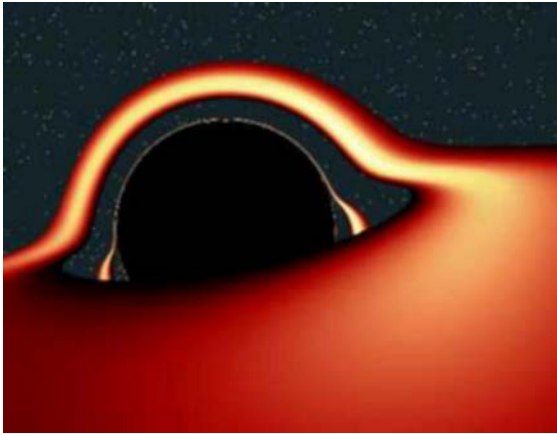
- Doivent s'impliquer dans de grands programmes d'observations le plus souvent internationaux \Rightarrow réseaux
- Peuvent s'impliquer dans la conception d'instruments / missions spatiales du futur
- Repoussent en permanence les limites de la connaissance et testent/défient les théories
- Parfois de nombreuses missions (valable aussi pour les doctorants)

Modélisateurs



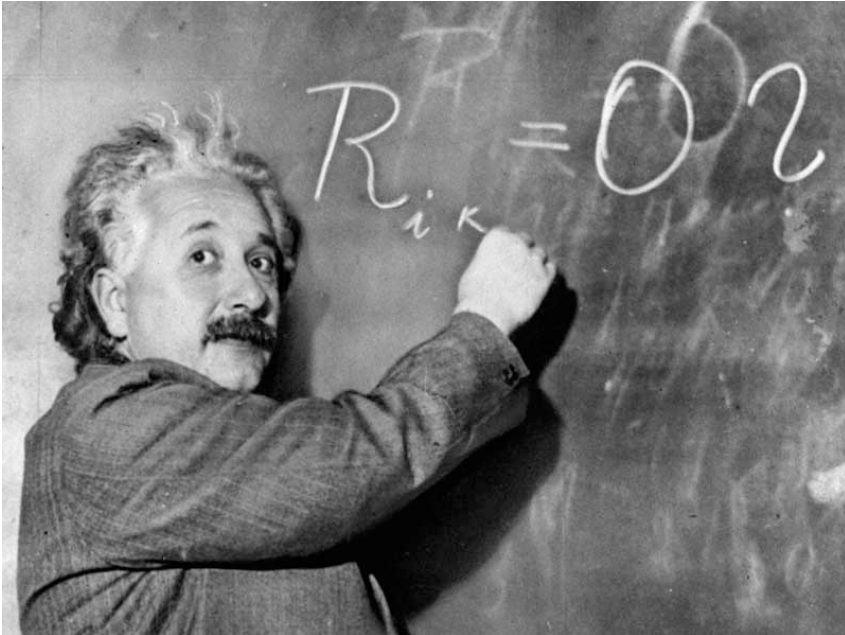
- Cherchent expliquer, par des approches simplifiées, ce que les observateurs ont découvert. Ils.elles défrichent ainsi le champ des possibles en écartant les explications fausses. Certains modélisateurs sont aussi des observateurs.
- Inventeurs d'idées, scénarios voire de « paradigmes »

Numériciens



- La simulation numérique est devenue de nos jours incontournable, à la fois pour décrire précisément les objets astrophysiques observés, tester les modèles, mais également pour prédire les capacités de détection de tel ou tel nouvel instrument en projet. **C'est un complément indispensable de la modélisation.**
- Les numériciens sont des experts très recherchés (y compris hors astrophysique)

Théoriciens



$$\frac{\omega_3^0 \sqrt{3\pi}}{2} \left(\frac{\hbar c}{G} \right)^{3/2} \frac{1}{(\mu_e m_H)^2}.$$

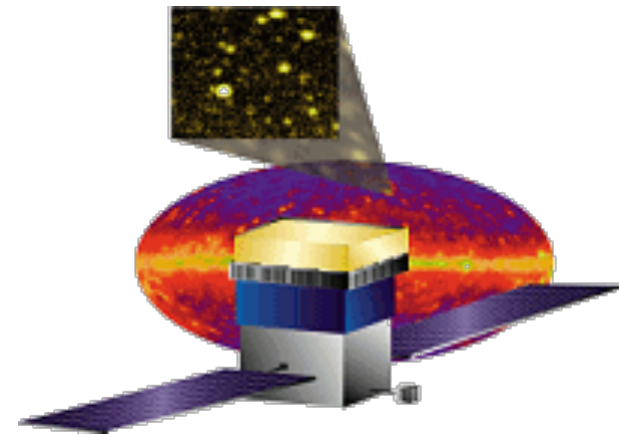
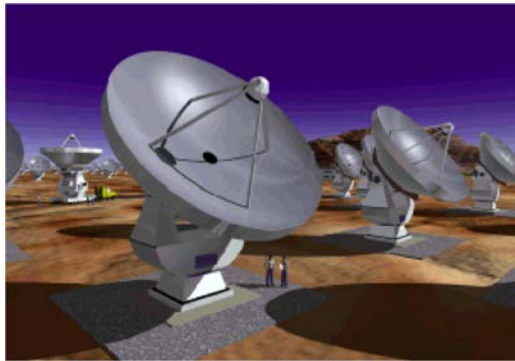
- Leur objectif est de fournir une explication détaillée et complète des phénomènes à partir des principes fondamentaux de la physique.
- Lorsque cela n'est pas possible, il en résulte une remise en question, voire une crise, de la physique et fait alors progresser celle-ci.

IV- Le Parcours Astrophysique du Master Mention physique, Université Grenoble-Alpes



Master Mention Physique *LE PARCOURS ASTROPHYSIQUE*

But : fournit une formation de haut niveau, complète et équilibrée à la recherche de pointe en astronomie et en astrophysique.



Débouchés : Doctorat en Astrophysique, mais aussi enseignement supérieur, industrie de pointe (détecteurs, optique, traitement du signal), informatique et logiciels (algorithmique, simulations numériques)

Prérequis :

Mécanique Analytique, Physique Statistique,
Mécanique Quantique, Physique Atomique

- Spécialité fondée en 1991, environ 10 étudiants/an
- ~60-70% des diplômés poursuivent en thèse
- 85% des thèses financées sur contrats (ANR, ERC...); 15% par l'ED de Grenoble.
Possibilités de thèse à l'étranger
- ~50% obtiennent emploi stable en astro :
 - 41% dans organismes publics de recherche français (moyenne nationale 31%), après 3-5 années post-doc
 - 9% CDI dans universités étrangères ou organismes de recherche internationaux (ESO, ESA..)
- 10% des diplômés passent le CAPES ou AGREGATION

Parcours Astro : 1^e année

Semestre 1: 30 ECTS

Mécanique quantique avancée	6 ECTS
Physique du solide I	6 ECTS
Systèmes dynamiques	3 ECTS
Chaos et applications	3 ECTS
Physique nucléaire	6 ECTS
Mécanique des Fluides avancée	3 ECTS
Optique I	3 ECTS

**Tronc
commun
de 48 ECTS
(30 + 18)**

Semestre 2: 30 ECTS

Anglais	3 ECTS
Analyse des données avancée	3 ECTS
Physique numérique	3 ECTS
Relativité générale et cosmologie	3 ECTS
Physique statistique avancée	6 ECTS

**6 ECTS
Astro**

Plasmas Astrophysique et Fusion	3 ECTS
Astrophysique générale	3 ECTS

**+ Choix
de 6 ECTS
parmi 12**

Physique du solide II	3 ECTS
Interaction Rayonnement Matière	3 ECTS
Mécanique quantique relativiste	3 ECTS
Magnétisme	3 ECTS

Parcours Astro : 2^e année

Semestre 3: 33 ECTS

Mutualisation

Tronc commun de 24 ECTS	}	Transfert radiatif	3 ECTS	
		Dynamique des plasmas astrophysiques	3 ECTS	TMA
		Physico-Chimie du MIS (en anglais)	3 ECTS	
		Gravitation: systèmes planétaires et galaxies	3 ECTS	
		Structure et évolution stellaires	3 ECTS	
		Astrophysique observationnelle	3 ECTS	
		Insertion Pro: HRA & mini-stages	6 ECTS	OSUG, FOCUS
Choix de 9 ECTS parmi 21 (possibilité de définir des « sous-parcours » en fonction des intérêts)	}	Astrophysique des hautes énergies	3 ECTS	
		Astroparticules	3 ECTS	PSC
		Cosmologie	3 ECTS	PSC
		Evolution des galaxies	3 ECTS	Strasbourg
		Disques & exoplanètes	3 ECTS	Strasbourg
		Intérieurs (exo)planétaires	3 ECTS	Sys. Terre
		Planétologie comparée	3 ECTS	Sys. Terre

Stage de 27 ECTS { **Semestre 4: 27 ECTS (stage)**

LE PARCOURS ASTROPHYSIQUE : LES COURS

- La plupart des cours ont lieu à l'IPAG (Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble), sur le campus
- Les étudiants du M2 ont la chance d'être immergés dans un laboratoire de recherche actif, en contact quotidien avec des chercheurs (pas uniquement les enseignants)
 - *Séminaires de l'IPAG*
 - *SIMs (Séminaires donnés aux M2 par des chercheurs du labo)*
 - *+ mini stages à l'Observatoire de Haute Provence et à l'IRAM (Espagne)*



Déroulement de l'année

Septembre: Choix des options.

Fin Octobre – début Novembre: Stage FOCUS à l'Observatoire de Haute Provence

Décembre: Stage 1 semaine OHP ou IRAM (Grenade)

Octobre – Novembre : Ouverture du **serveur national des stages** (+thèses)

<http://stages-masters.sf2a.eu/>

⇒ trouver thème/sujet/lieu qui vous attire(nt) pour stage (peut-être thèse)

Janvier: date limite 15 janvier pour trouver stage ⇒ *Signature conventions de stage*

Février : Examens des différentes UEs

Mars: début du stage de M2R (4 mois)

Mi-Juin: Soutenances de stage

Grenoble et l'astronomie en France

- France ~ 1000 astrophysiciens professionnels
- Grenoble ~ 60 chercheurs permanents (IPAG)
- Masters 2 d'astrophysique en France : Besançon, Bordeaux, Grenoble, Lyon, Marseille, Montpellier, Nice, Orléans, Paris (deux M2) ~ 120 étudiants / an
- Le M2 Grenoblois est un des plus généralistes \Rightarrow Formation complète en Astrophysique
- L'astrophysique est une discipline très structurée à l'échelle nationale :
 - Fédérée autour des laboratoires et des grands instruments : ESO (Chili), CFHT (Hawaii), IRAM, Canaries, sites nationaux
 - Journées annuelles (SF2A),
 - Serveur de propositions de stages pour les M2
- Etudiants et doctorants se trouvent naturellement immergés dans une communauté.

Choix de parcours : Astro ou PSC ?

- **Le parcours Astro offre :**
 - ✓ Une formation complète en astrophysique, y compris en cosmologie
 - ✓ Une immersion dans la communauté astrophysique nationale
 - ✓ Un champ d'application en astrophysique de *toute* la physique que vous avez apprise
- **Les champs de recouvrement entre Astro et PSC : Astroparticules et cosmologie (options proposées en M2)**
 - ✓ **Astroparticules (=rayons cosmiques)** : L'instrumentation (détecteurs) et les observations sont plutôt du ressort de PSC, la théorie (d'où viennent ces particules ?) sont du domaine de l'astro.
 - ✓ **Cosmologie** : L'instrumentation et les observations se font côté astro ou côté PSC, la théorie (=grande unification) est clairement du côté PSC.
- **Au-delà de l'organisation locale, les deux formations ne renvoient pas à la même communauté de recherche. Y penser pour la thèse et après !**