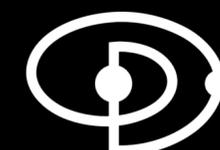
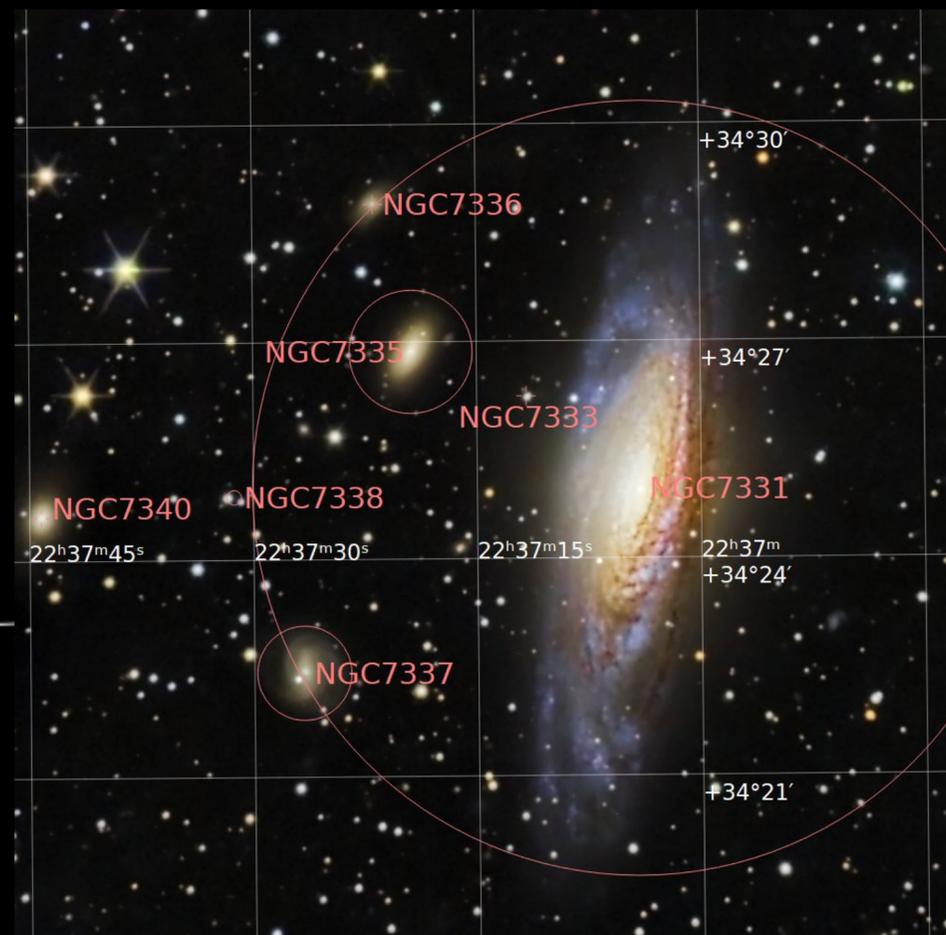


# Se former en astronomie

## Les diplômes d'université de l'Observatoire de Paris

J. Vaubaillon  
P. Cristofari  
R. Ouazzani  
P. Auclair-Desrotour



Observatoire  
de Paris

PSL 

# L'Observatoire de Paris-PSL est un établissement public (EPSCP)

## Missions :

Recherche fondamentale et appliquée

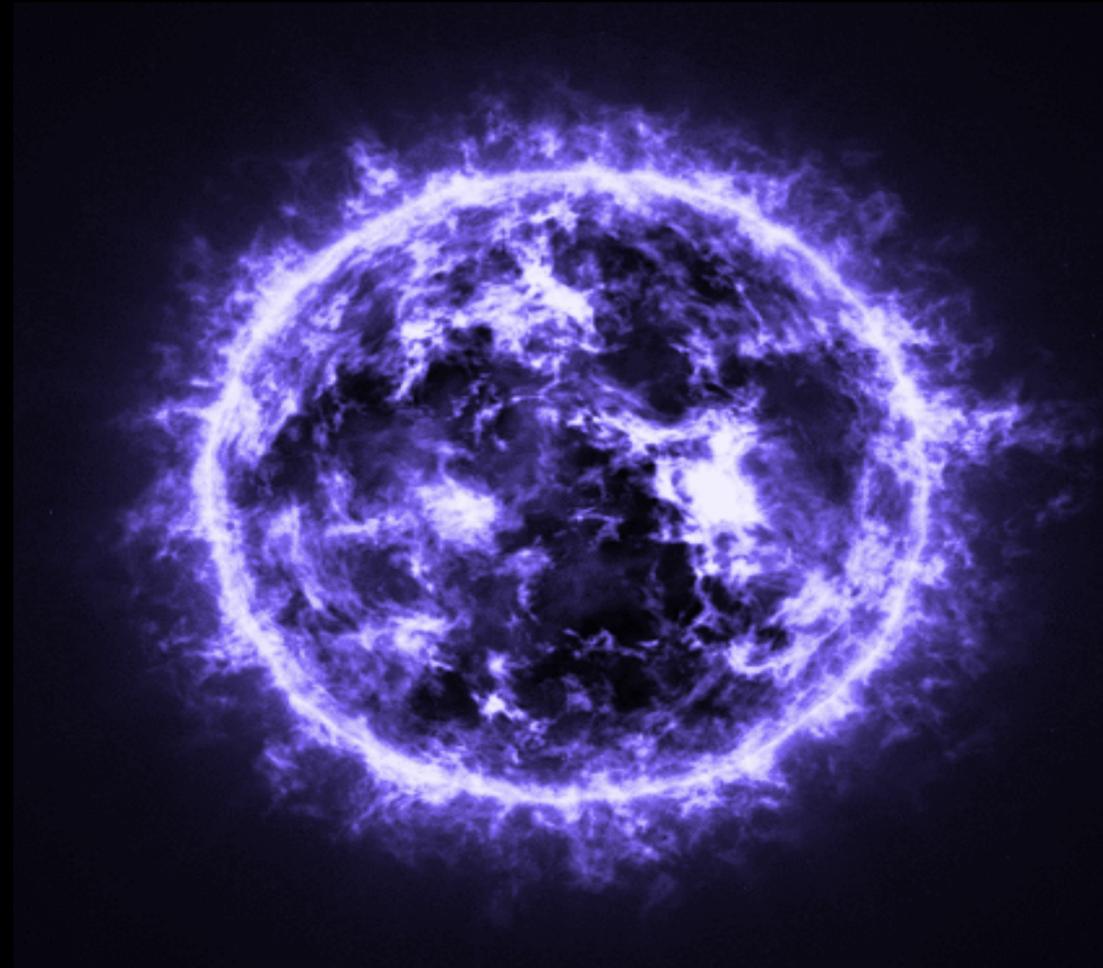
Enseignement supérieur

Partage des savoirs

# Avec un alliage unique

## Organisation

7 laboratoires, 1 institut,  
services scientifiques et  
communs  
Membre fondateur de PSL  
(2010)



## Spécificité

Plus ancien  
observatoire en  
activité (1667)

## Effectif

~800 personnes dont 1/3  
de chercheurs

# Réparti sur 3 sites



Meudon



Nancay



Paris

# Où la formation est centrale

1 Master 1  
3 Master 2  
SUTS, IRT, Aφ, DSG,  
OSAE, PES



Stages et parrainage pour les  
enseignants

Diplômes  
universitaires

1. “Explorer et Comprendre l’Univers”
2. “Structuration de l’Univers”
3. “Lumière sur l’Univers”

# Les 3 DUs de l'Observatoire de Paris

**DU**  
Lumières sur l'Univers  
**LU**

Depuis 2006

**DU**  
Explorer et Comprendre  
l'Univers  
**ECU**

Depuis 2006

**DU**  
Structuration de l'Univers  
**SU**

Depuis 2007

# Les 3 DUs de l'Observatoire de Paris

Objectif			
Panorama de l'Astronomie	(X)	X	
Se spécialiser	X		X
Format	7 parcours spécialisés (1/an) (méca céleste, cosmo etc.)	Cours du soir TPs Observations	Mémoire

# À qui s'adresse les DUs ?

Modalités			
Bac scientifique	X	X	
Bac non-scientifique		X (sous conditions)	
L1 à L3 (suivant les parcours)	X		
DU-LU ou DU-ECU			X

# DU Lumières sur l'Univers

Source : Euclid



Observatoire  
de Paris

PSL 



# En bref

**BUT Approfondir  
un sujet**

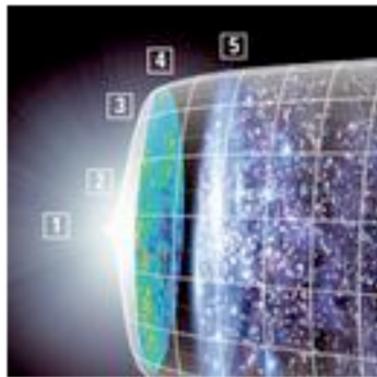
- 7 parcours
- Cours en ligne
- Tutorat individualisé par un.e astrophysicien.ne professionnel.le (Q&A, exercices)
- Forum
- Examen (optionnel)
- Niveau : L1 à M1

# Les 7 parcours

- P1 - Des étoiles aux planètes (L1-L2)
- P2 - Cosmologie et astrophysique extragalactique (L2)
- P3 - Mécanique céleste, Soleil Terre-Lune (L3)
- P4 - Fondamentaux pour l'Astronomie et l'Astrophysique (L3)
- P5 - Fenêtres sur l'Univers (M1)
- P6 - Instrumentation, chaîne de mesure et projets (M1)
- P7 - Sciences planétaires (L3-M1)

# P1 - Des étoiles aux planètes (L1-L2)

- Niveau L1-L2
- Parcours d'initiation, rénové en 2022
- Bases de l'astronomie moderne processus d'évolution des étoiles formation des planètes.
- Ajout de la partie système solaire externe - partie Soleil et partie exoplanète



Distances et Temps dans l'Univers



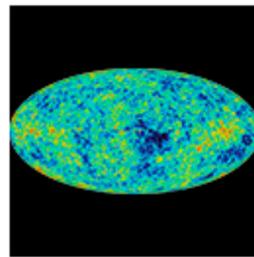
Des Etoiles aux Planètes

# P2 - Cosmologie et astrophysique extragalactique (L2)

- Niveau L2
- Parcours très complet
- Grandes structures de l'Univers (galaxies, amas) Cosmologie, structure et évolution des galaxies, ondes gravitationnelles. Notions d'optique géométrique, d'instrumentation. Description des 4 forces fondamentales qui gouvernent l'évolution de l'Univers.



Distances et Temps dans l'Univers



Cosmologie



Astrophysique extragalactique



Compléments de  
Physique

# P3 - Mécanique céleste, Soleil Terre-Lune (L3)

- Niveau L3
- Parcours spécifique et plus mathématique
- Mécanique céleste et fondement de l'astronomie. Notions de repères, de coordonnées célestes. Éclipses solaires et lunaires.



Distances et Temps dans l'Univers



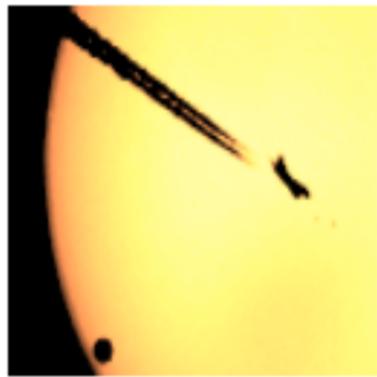
Mécanique céleste, Temps et Calendriers



Soleil Terre Lune Phénomènes

# P4 - Fondamentaux pour l'Astronomie et l'astrophysique (L3)

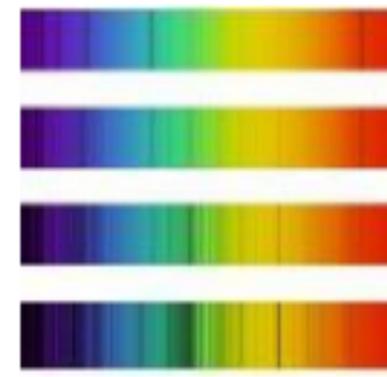
- Niveau L3
- Approche plus physique que descriptive
- Outils pour se repérer dans l'espace et mesurer les distances  
Lois de Kepler, de Newton; estimation des masses. Outils de base nécessaires pour caractériser les étoiles, description de la structure stellaire.



Distance et temps : Outils



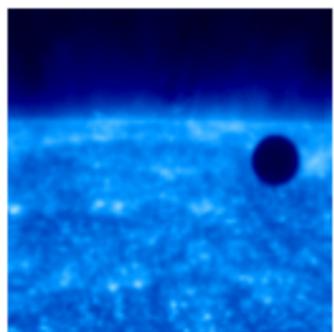
Masse : Outils



Rayonnement : Outils

# P5 - Fenêtres sur l'Univers (M1)

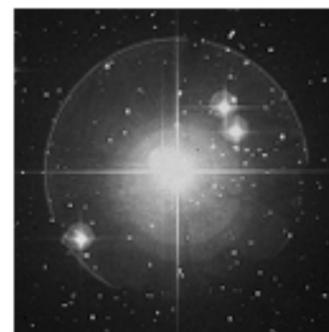
- Niveau M1
- Accessible seulement après P4 (sauf exception)
- Repérage des objets dans l'espace et le temps. Méthodes de mesure de distance dans l'Univers. Estimation des masses dans le cas de systèmes multiples. Structure et évolution des étoiles, de leur naissance à leur mort.



Repérer et observer



L'échelle des distances



Systèmes binaires et multiples



Marée et problème à N corps

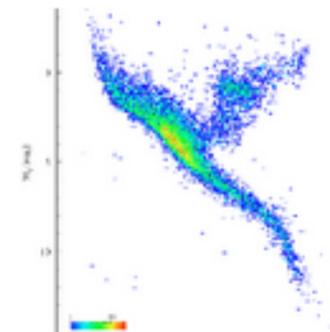


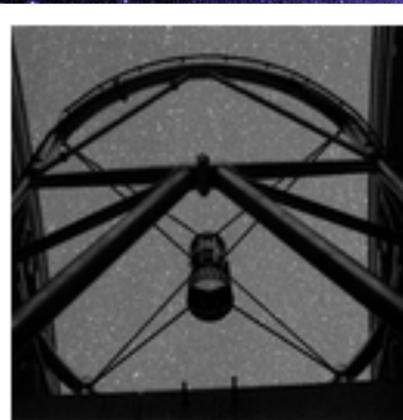
Diagramme HR



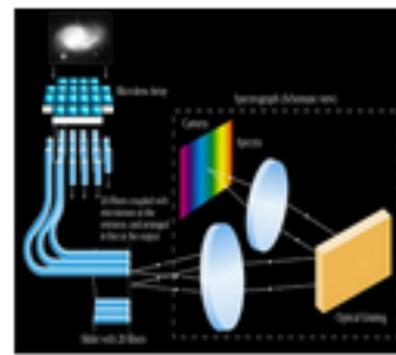
Evolution stellaire

# P6 - Instrumentation, chaîne de mesure et projets (M1)

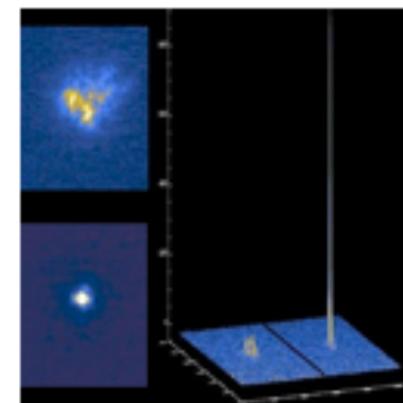
- Niveau M1
- Parcours technique relatif à l'instrumentation en Astrophysique
- Grandes lignes de l'optique géométrique et de l'optique ondulatoire. Formation des images en astrophysique. Étapes d'une chaîne de mesure : de la collecte du signal à son analyse puis traitement. Divers principes instrumentaux (optique adaptative, spectrométrie par transformée de Fourier, ...)



Outils



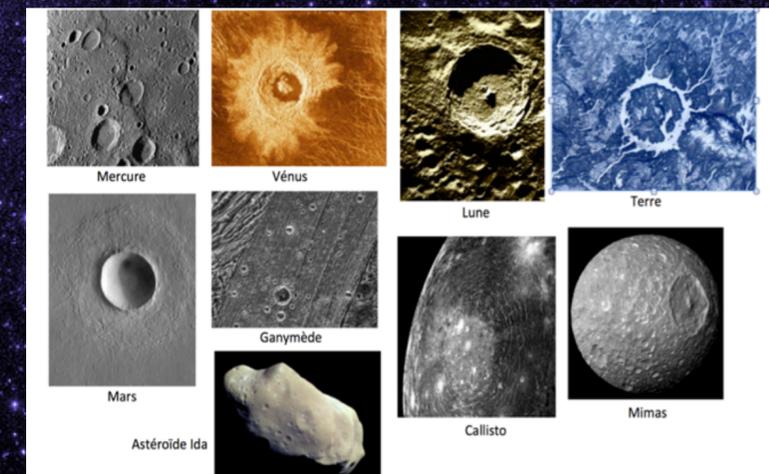
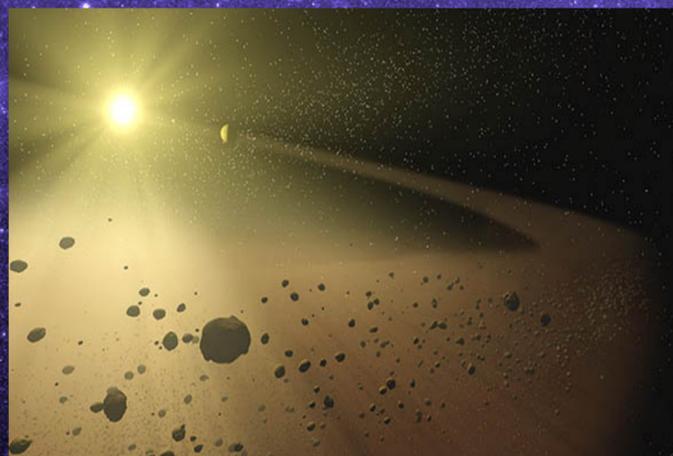
Chaîne de mesure



Techniques et instruments

# P7 - Sciences planétaires (L3-M1)

- Niveau L3-M1
- Parcours dédié à la planétologie
- Panorama de la planétologie, du système solaire aux exoplanètes. Formation des planètes. Surfaces, structures thermiques et dynamique des atmosphères. Petits corps du système solaire habitabilité des planètes. Ce cours s'appuie sur une sélection de chapitres du livre numérique SESP (<http://sesp.esep.pro>)



# La plateforme d'apprentissage

UFE | Observatoire de Paris | PSL | P7 : Sciences planétaires | etud7 (étudiant)

- Sommaire détaillé
- Glossaire
- Recherche
- Forum de discussion
- Exercices envoyés
- Dernière page

Exercices du parcours

Présentation de la plateforme

Présentation de l'Astronomie gravitationnelle

Annales ▾

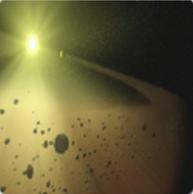
Niveau: L3

Volume: 50 heures

Ce parcours de Sciences Planétaires est proposé par l'Observatoire de Paris, comme un parcours du DU Lumières sur l'Univers, et à la rentrée 2018 par l'Université de Versailles Saint-Quentin dans le cadre d'un diplôme universitaire.



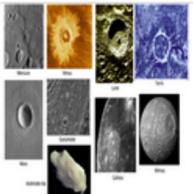
Histoire et définitions



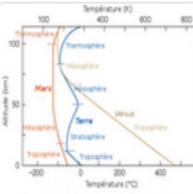
Formation des planètes



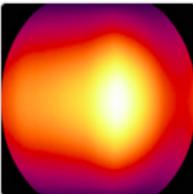
Petits corps du système solaire



Surfaces planétaires



Structure thermique des atmosphères planétaires



Dynamique atmosphérique



Habitabilité

# La plateforme d'apprentissage

## P7 : SCIENCES PLANÉTAIRES



### Au commencement: un nuage moléculaire



#### ▼ Formation

#### ▼ Découvrir

##### ▼ Le scénario standard: formation d'un disque protoplanétaire

- Le scénario standard de formation planétaire
- Au commencement: un nuage moléculaire
- Effondrement du nuage, formation d'une Proto-Etoile
- Etoile T-TAURI et formation d'un disque d'accrétion
- Accrétion visqueuse du disque
- Le disque « PROTO-PLANÉTAIRE »
- La nébuleuse solaire de masse minimale

Toutes les étoiles, et par la même occasion les planètes qui leur sont liées, naissent dans de gigantesques nuages moléculaires. Ces nuages sont essentiellement composés d'Hydrogène et d'Helium, à savoir les 2 éléments les plus abondants dans l'Univers, et sont extrêmement froids, avec des températures de l'ordre de 10K. Ils ont des tailles pouvant aller d'une fraction de parsec (pc) à plus de 20pc, et peuvent contenir de quelques dizaines à plusieurs milliers de masses solaires ( $M_{\odot}$ ). Bien que ces nuages

soient bien plus compacts que la matière inter-galactique alentour, leur densité est tout de même extrêmement faible comparée à notre environnement quotidien, de l'ordre de seulement 100 à 10 000 atomes d'Hydrogène par  $\text{cm}^3$ . Ceci est à comparer aux quelques  $10^{15}$  molécules/ $\text{cm}^3$  de l'atmosphère terrestre ! (En fait, un nuage moléculaire « dense » est bien plus vide que le « vide » à l'intérieur d'une chambre à vide dans un laboratoire !).

Ces « nurseries » stellaires sont observées par milliers dans notre galaxie, soit comme des « poches sombres » bloquant la lumière des étoiles situées derrière elles, soit comme de magnifiques nuages éclairés de l'intérieur par les premières étoiles qui s'y sont formées (cf. Image).

Auteur: *Philippe Thébault*



La nébuleuse du « Cône », une pépinière de jeunes étoiles.

**Crédit :** Hubble Space Telescope (NASA)



# DU Explorer et comprendre l'Univers

Source : Euclid



Observatoire  
de Paris

PSL 



# En bref

**BUT Panorama de  
l'astronomie**

- **Cours du soir (mardi - 17h-20h) à l'Observatoire de Paris**
- **Présentiel / Distanciel**
- **Direct / Différé**
- **Niveau : Bac de type scientifique**

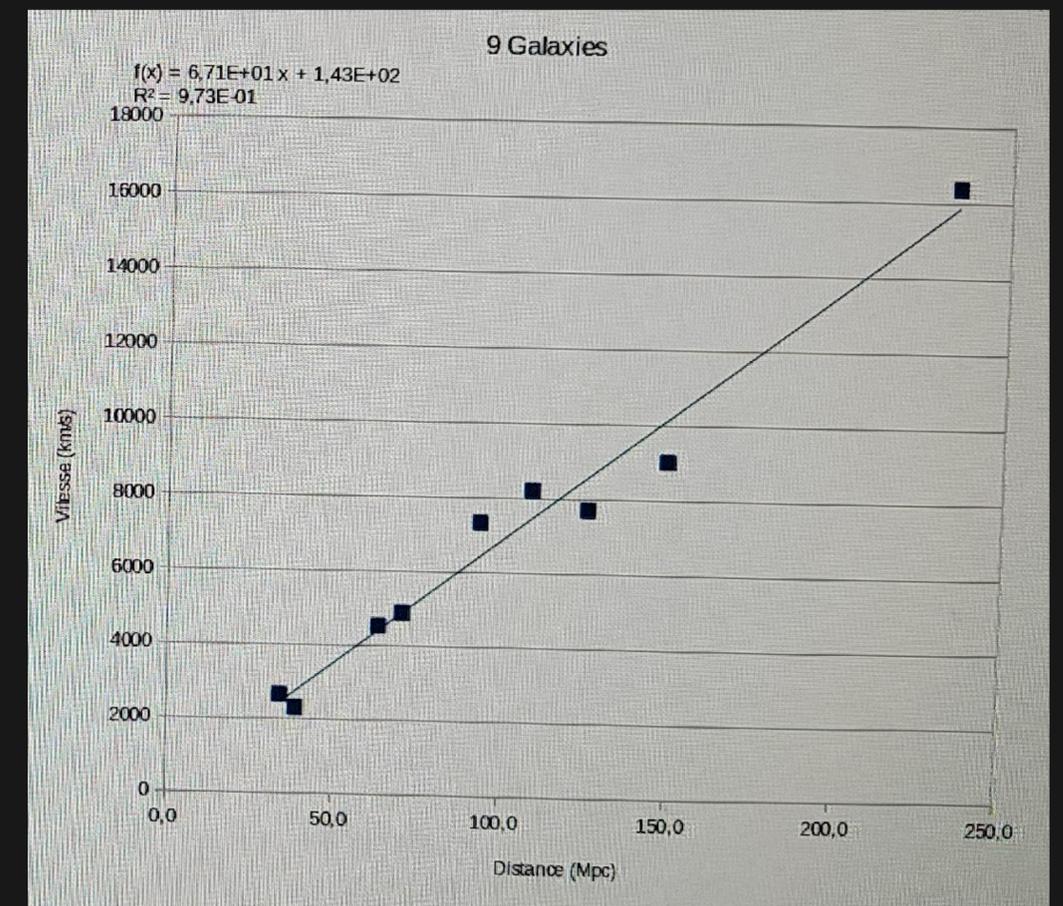
# Programme des cours

- AstroDynamique
- Ondes & instruments
- Planétologie
- Le Soleil
- Traitement de données

- Étoiles & milieu interstellaire
- Galaxies
- Cosmologie
- Histoire de l'Astronomie
- Philosophie des sciences
- Hautes énergies (option)

# Activités (options)

- TD d'application des cours en auto-correction
- Visites des sites de Paris & Meudon
- TP de Meudon : 1 semaine en mars (40 places)
- Examen (samedi en juin)
- Observations (libre ou accompagnée)



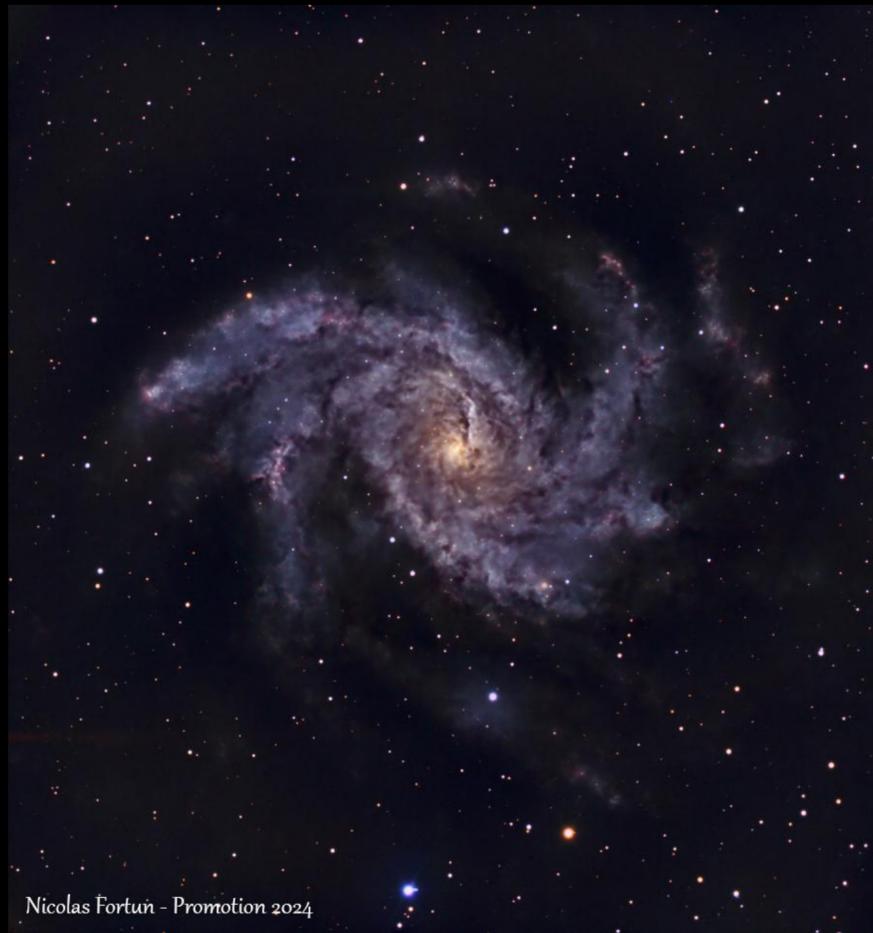
V. Despieres (2024)

# Observations (options)

## 1) OHP

- 1 semaine à l'Observatoire de Haute Provence en été (place limitée)
- T80 (oculaire), T120 (imagerie), T152 (spectroscopie haute résolution)
- Visite du T193 : découvreur de la 1ère exo-planète (Mayor & Queloz 1995)

SPECTRO  
MAN



Nicolas Fortun - Promotion 2024

# Promo 2024



Acquisition : DUPARC Audry-Élisa, FORRETT Mickaël, MONDOT Alice  
Traitement : FORRETT Mickaël



Nicolas Fortun - Promotion 2024



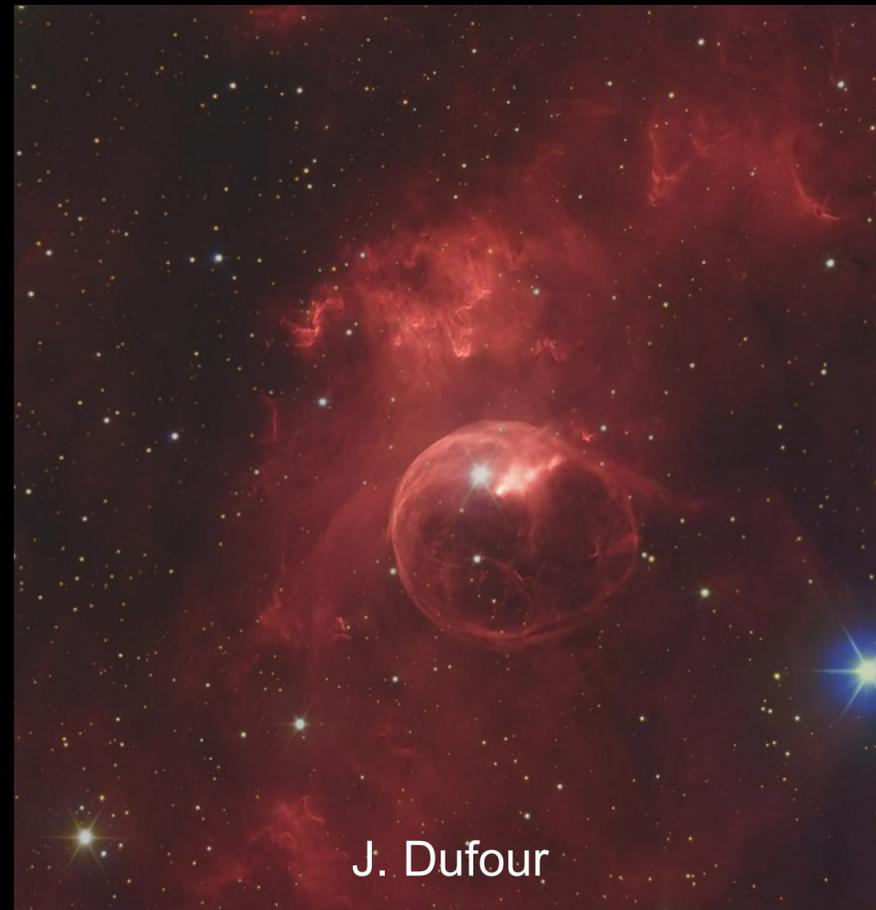
Faverdin 2024



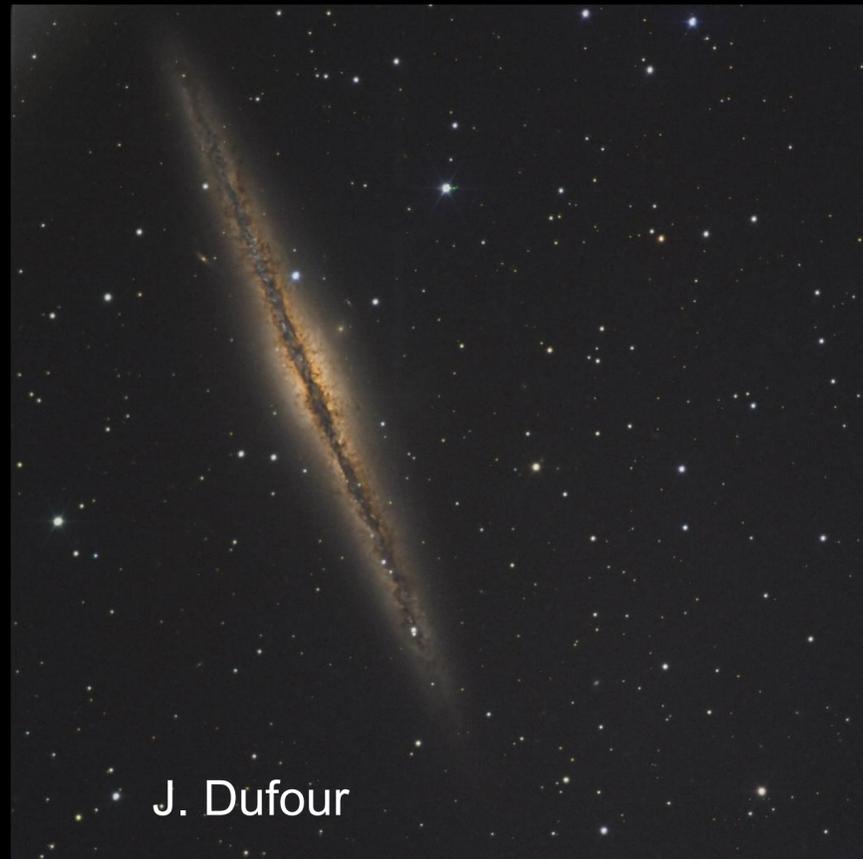
Nicolas Fortun - Promotion 2024



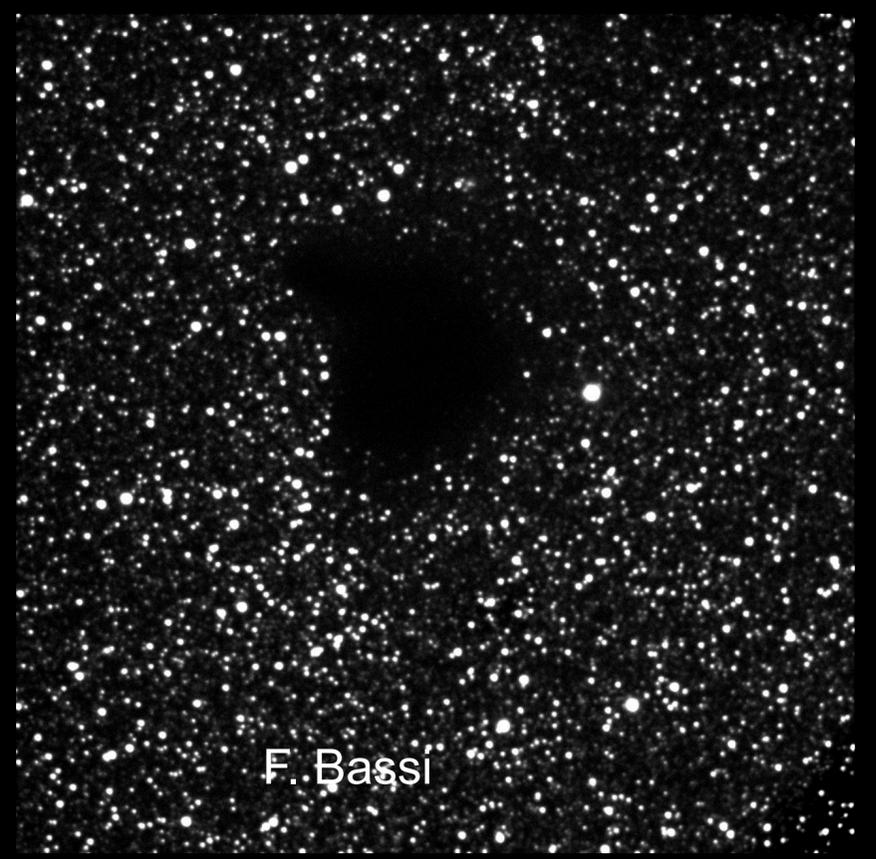
Promo 2023



J. Dufour



J. Dufour



F. Bassi

promo DU ECU 2021/2022  
stage Juillet/Août à l'OHP  
photos prises au T120

P. Gilberton, promo 2021



comète C/2017 K2



M27



M57



M76



nébuleuse de l'iris



une petite partie de la  
nébuleuse de la dentelle



nébuleuse de la bulle



nébuleuse du cocon



ngc6946



le noyau de M31



ngc7331



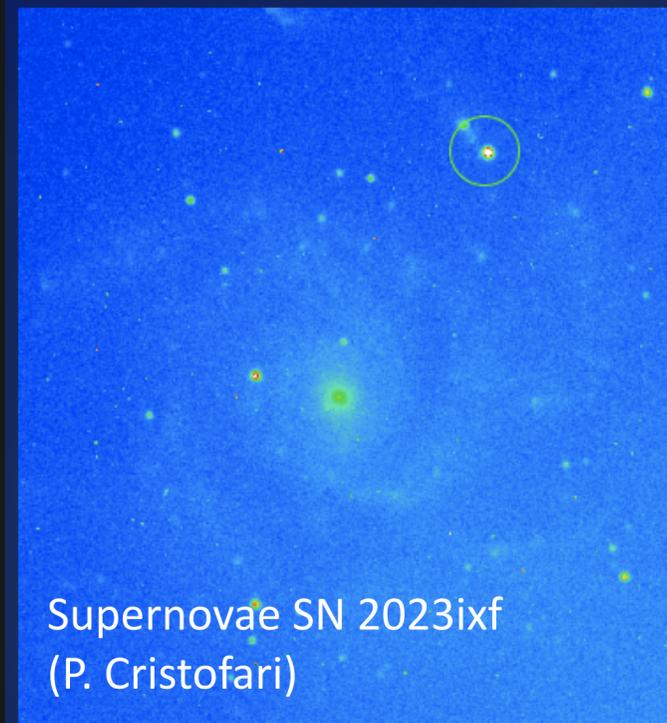
M92



# Observations (options)

## 2) IRIS

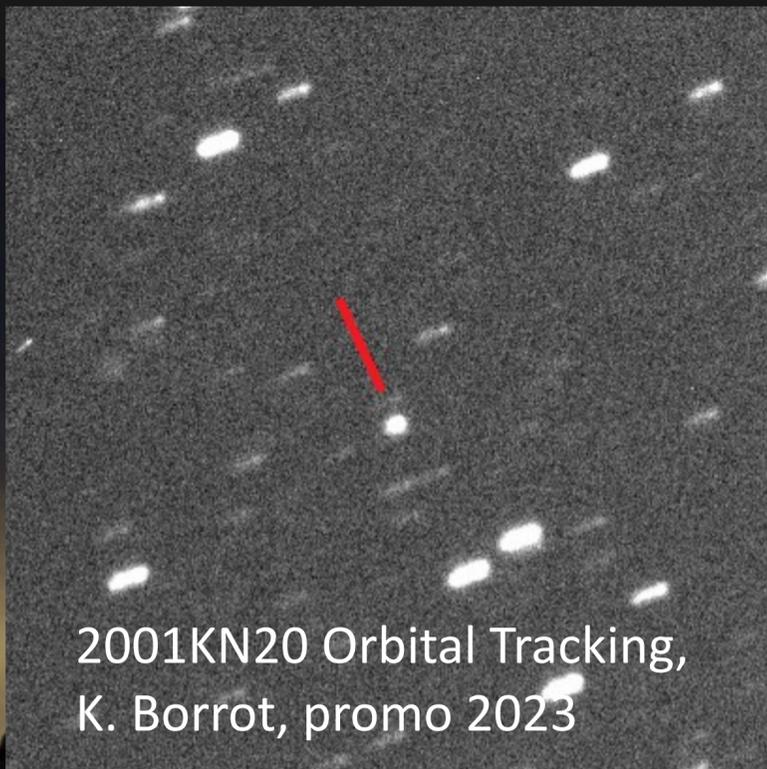
- En distanciel ; pointage rapide
- Choix des cibles par les étudiants (suivant un programme donné)
- Simulateur pour s'entraîner h24



Supernovae SN 2023ixf  
(P. Cristofari)



M27 & M16 by IRIS, reduced by L. Jeantot  
(promo 2022)



2001KN20 Orbital Tracking,  
K. Borrot, promo 2023



Images prises par la Promo 2023-2024, IRIS, OHP  
traitement par Z. Snoussi



NGC 5866



M16 - nébuleuse de l'aigle

# Observations (options)

## 3) Observations Solaires

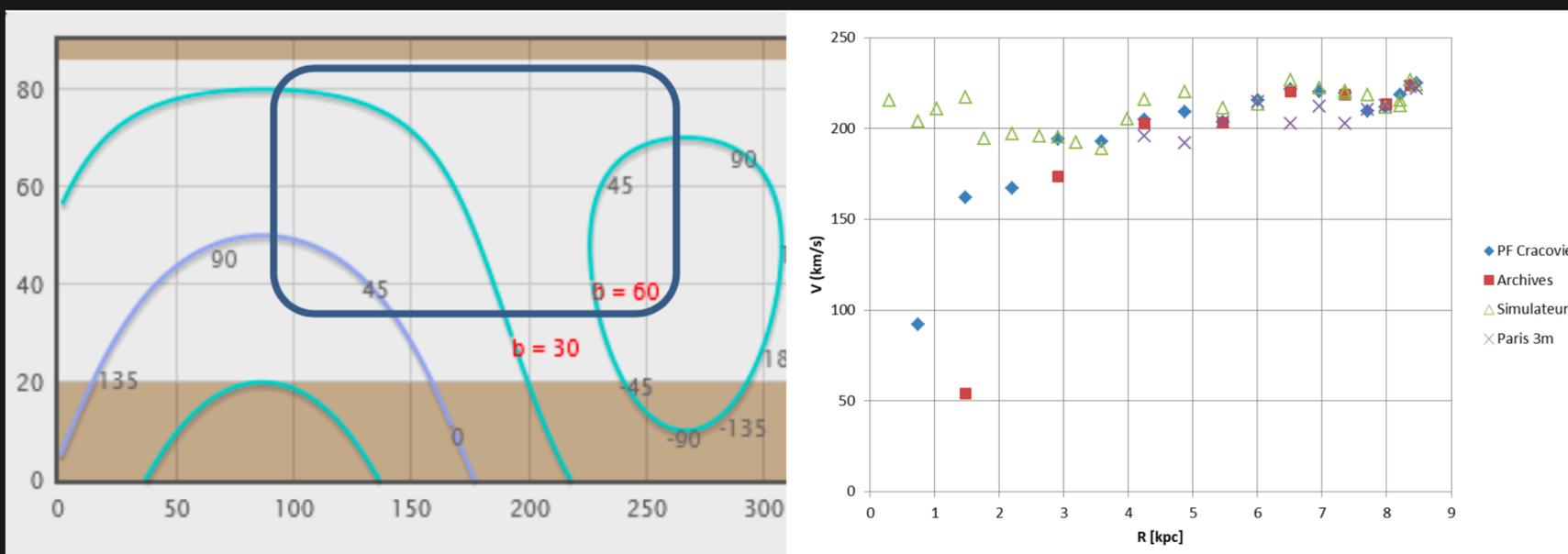
- Observations à la lunette (filtrée)
- Site de Meudon
- 3 jours en mai



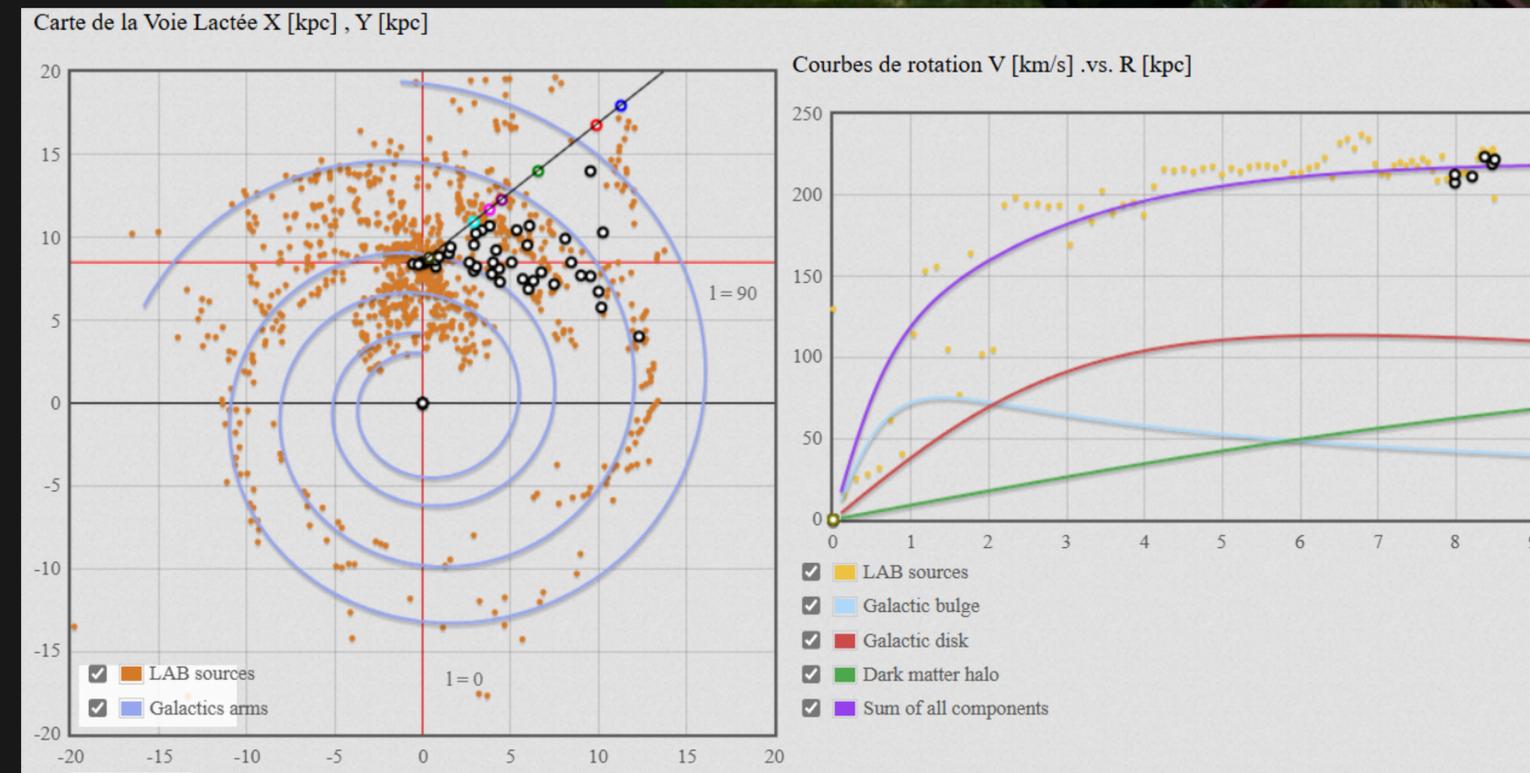
# Observations (options)

## 4) Radio-Observations

- But : courbe de rotation de la Voie Lactée
- Contrôle d'antennes à distance



Faverdin 2024



Despieres 2024

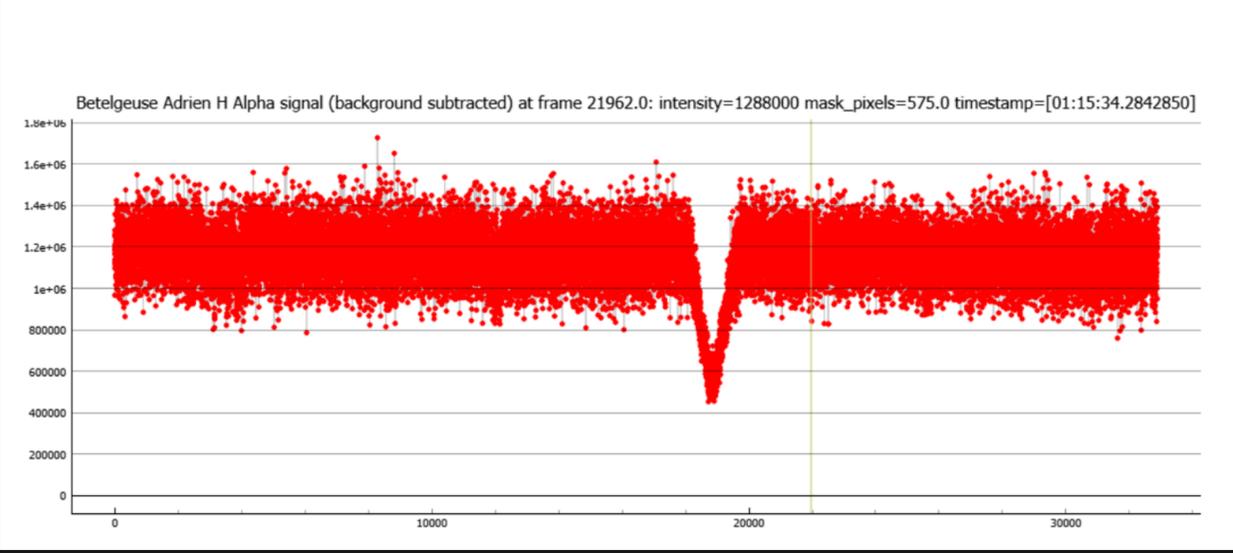
# Observations (options)

## 5) Observations des météores

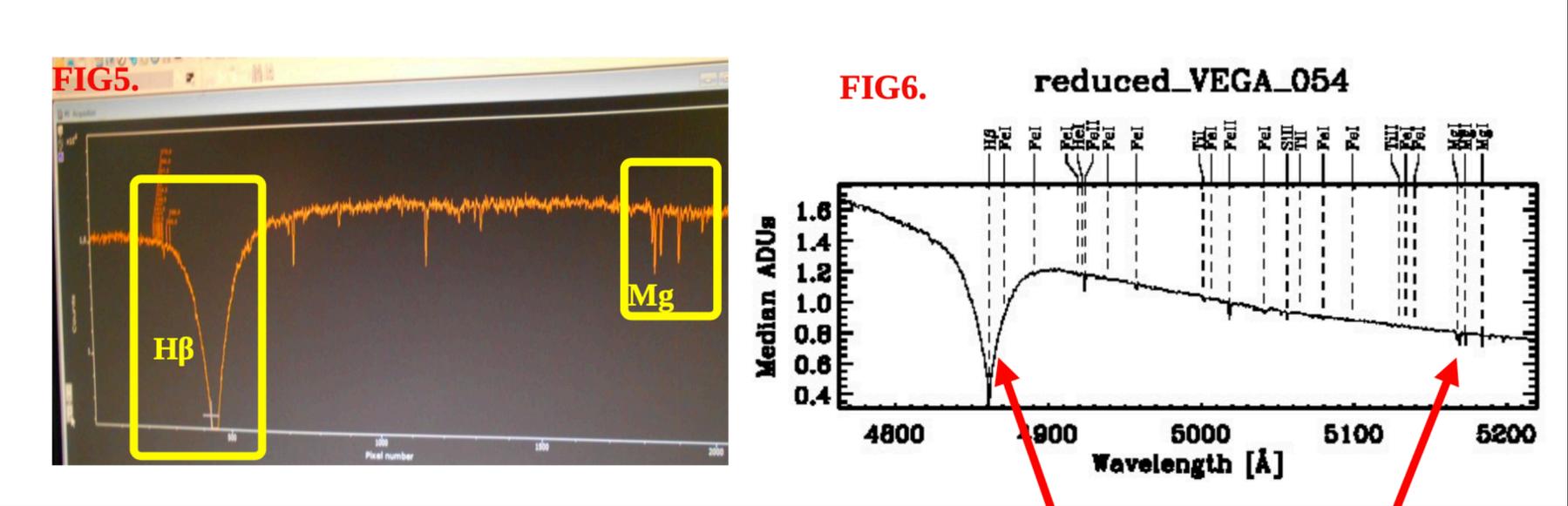
- But : participer à l'effort mondial d'observation à l'oeil nu
- Aucun instrument ; protocole à suivre

# Et après ?

Courbe de lumière validée sur le 200mm / Halpha après traitement par Arnaud Leroy (SODIS)

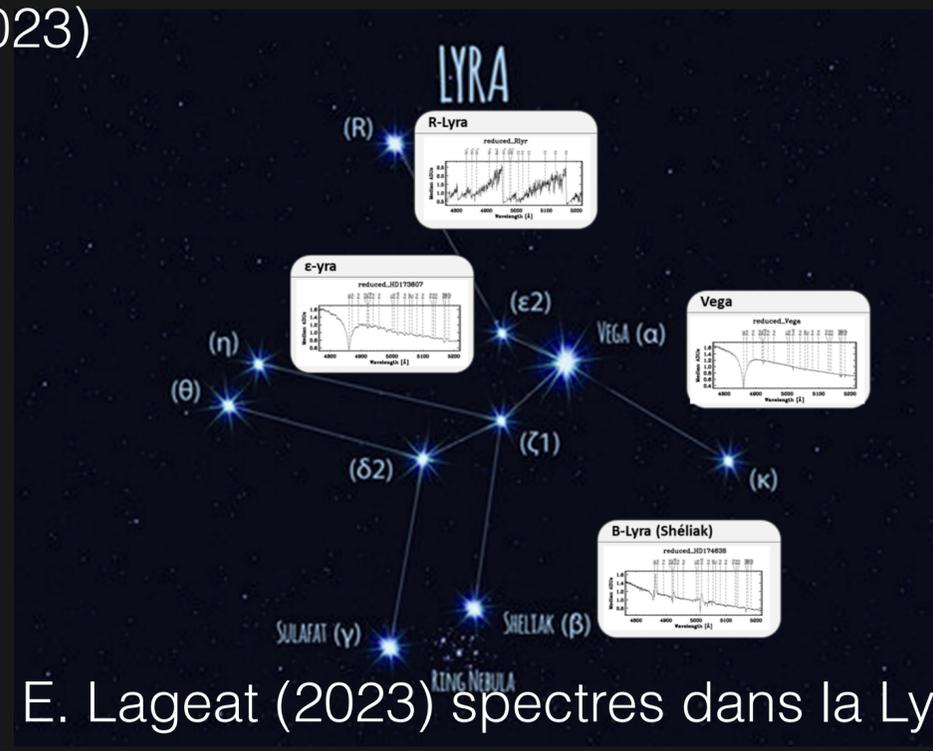


1. **Véga possède une atmosphère**, ainsi le spectre de sa lumière présente des **raies d'absorption** !

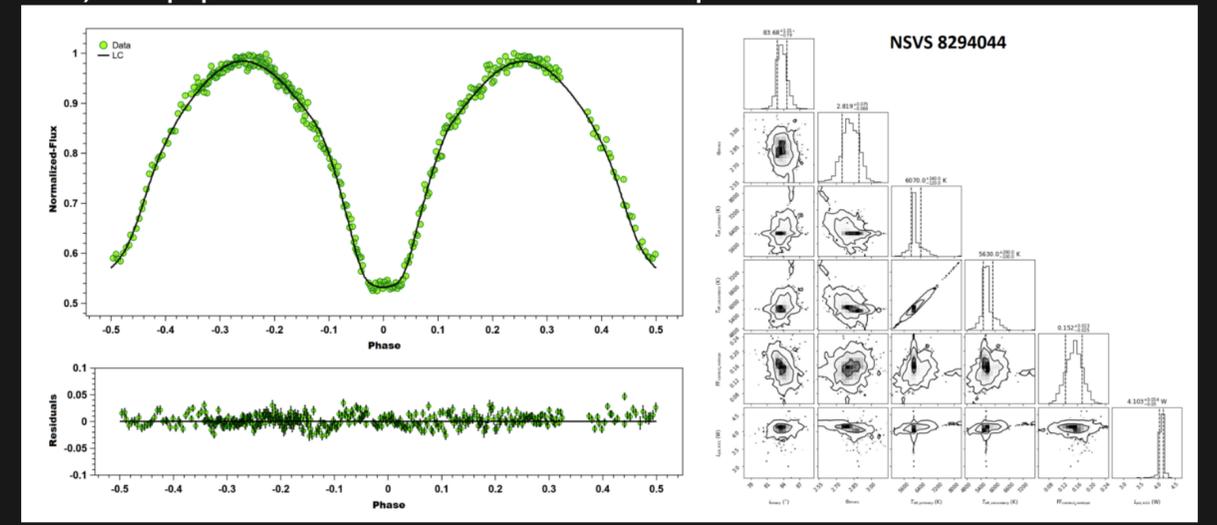


Adrien Stachowicz (promo 2024)  
Occultation de Betelgeuse (2023)

V. Donius (2023) rapport d'observation spectre au T152



E. Lageat (2023) spectres dans la Lyre



Baudart (2023) : contribution significative à plusieurs articles scientifiques. Ex: Atila et al. 2024, Research in Astronomy and Astrophysics, 24, 5, 055001

# DU Structurer l'Univers

Source : Euclid



Observatoire  
de Paris

PSL 



# En bref

**BUT Approfondir  
un sujet**

- **Sujet au choix, affiné avec le responsable**
- **Tutorat avec un chercheur de l'Observatoire**
- **Meetings réguliers avec la promo**
- **Mémoire**
- **Niveau : DU-ECU / DU-LU**

# Exemples de mémoires soutenus / proposés

- La météorologie de l'espace
- L'observation du passage de Vénus à Saint-Paul en 1874
- Exploration spatiale : La mission MMX de la JAXA
- La recherche de formes de vie sur les lunes de Jupiter
- Le rayonnement cosmique
- Risques géocroiseurs
- Pourquoi la terre ne tourne pas tout à fait rond

# Contacts

- DU-ECU : [contact.duecu@obspm.fr](mailto:contact.duecu@obspm.fr) ; Twitter, Instagram: [@du\\_ecu](https://www.instagram.com/du_ecu)
- DU-LU : [contact.dulu@obspm.fr](mailto:contact.dulu@obspm.fr)
- DU-SU : [contact.dusu@obspm.fr](mailto:contact.dusu@obspm.fr)
- Groupe FB “Elèves, Anciens et Amis des DU de l'Observatoire de Paris”

[ufe.obspm.fr](http://ufe.obspm.fr)