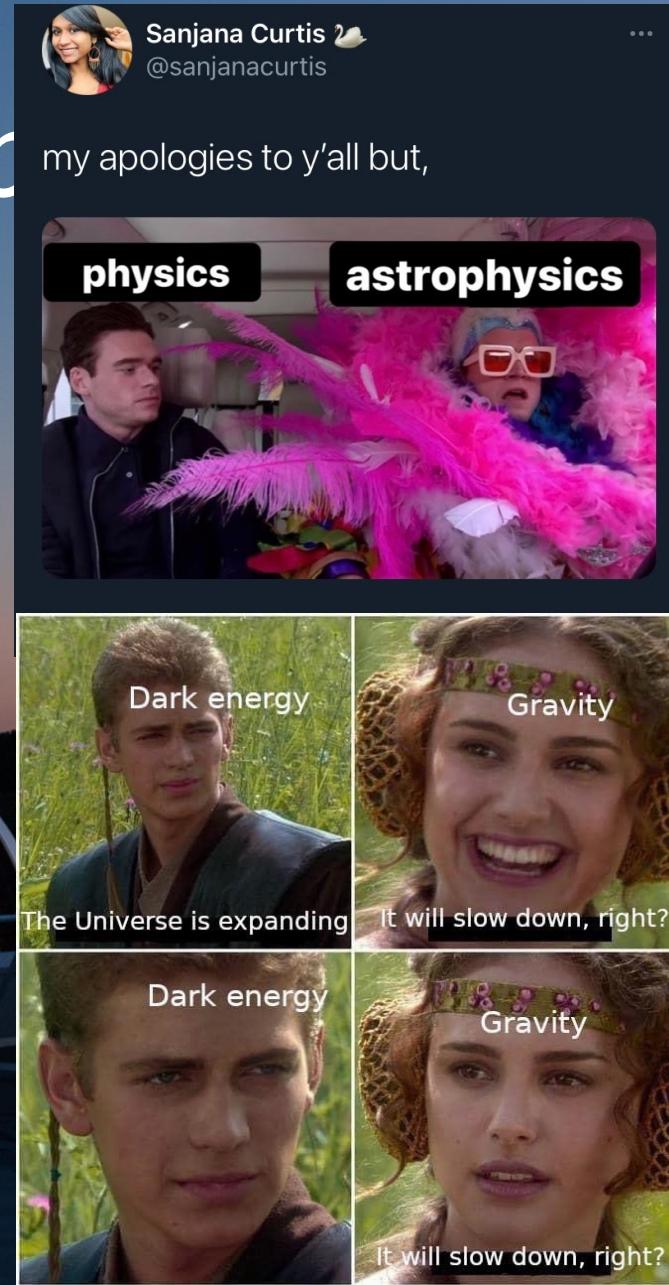


TP Coupole



1- Téléchargez le
poly de TP svp



1



2- Connectez-
vous pour le
choix des sujets

TP Coupole

Option Astro M1

Séance 1 — 2025-2026

Hervé Dole

Pacôme Estève, Louise Mousset, Laura Nardelli
(Institut d'Astrophysique Spatiale)

(inspiré de Cateline Lantz)

Séance du jour = séance 1

- Première partie :
 - ◆ A. Présentation des TP (organisation et sujets)
 - ◆ B. Cours d'introduction (traitement du signal)
 - ◆ C. Choix du sujet (vote en ligne Wooclap)

PAUSE

- Deuxième partie :
 - ◆ TD pour le traitement des données en salles info 305 et 306

A. Contexte des TP

- TP obligatoire dans le cadre de l'option Astro (AA et ACO), sous forme d'un projet à mener en groupe
- But => vous donner les principes de base de **la démarche observationnelle, de la question astrophysique jusqu'aux résultats**, en passant par: l'observation, le traitement et de l'analyse de données à but scientifique, en vous donnant la possibilité d'étudier par vous-même, sur le ciel, les phénomènes physiques vus en cours.
- TP : projet de spectroscopie astrophysique

Évaluation des TP

Note de TP :

- 70% = la note de soutenance orale le 9 janvier
 - ◆ 50% pour l'oral de groupe
 - ◆ 20% en individuel pour les réponses aux questions
- 30% = note individuelle reflétant votre implication
- + un bonus potentiel de +1 point sur le devoir maison (DM)

Poids de la note de TP Coupole : 17,5% en ACO et 20% en AA

Organisation des TP

4 séances
et travail personnel

- 1 séance plénière d'introduction au hbar (aujourd'hui)
- 1 devoir maison (DM) pour *point bonus* de note à rendre le **26/09 à 18h**
- 1 séance d'observation *la nuit* par groupe (du lundi au jeudi, ~19h-23h30)
convocation 48h avant par email
- 1 séance de tutorat par groupe: contact par mail avec votre encadrant dès que nécessaire
- 1 séance plénière de 2h au hbar avant Noël pour finaliser
- Examen oral le **9 janvier**

Ressources pour les TP : documentation

Le poly de TP est disponible sur le site web de l'archive de la Coupole :

<https://coupole.ias.u-psud.fr/>



Il regroupe toutes les informations dont vous aurez besoin.

-> Avoir le pdf avec vous à chaque séance.

Il sera à étudier en complément des notions vues en cours pour vous préparer aux questions lors de la soutenance, et pour préparer la séance d'observation.

L'archive regroupe d'anciennes données ainsi que d'autres documents utiles.

Vous avez accès aux salles info toute l'année !

Ressources pour les TP : matériel



Cf poly de TP section 2

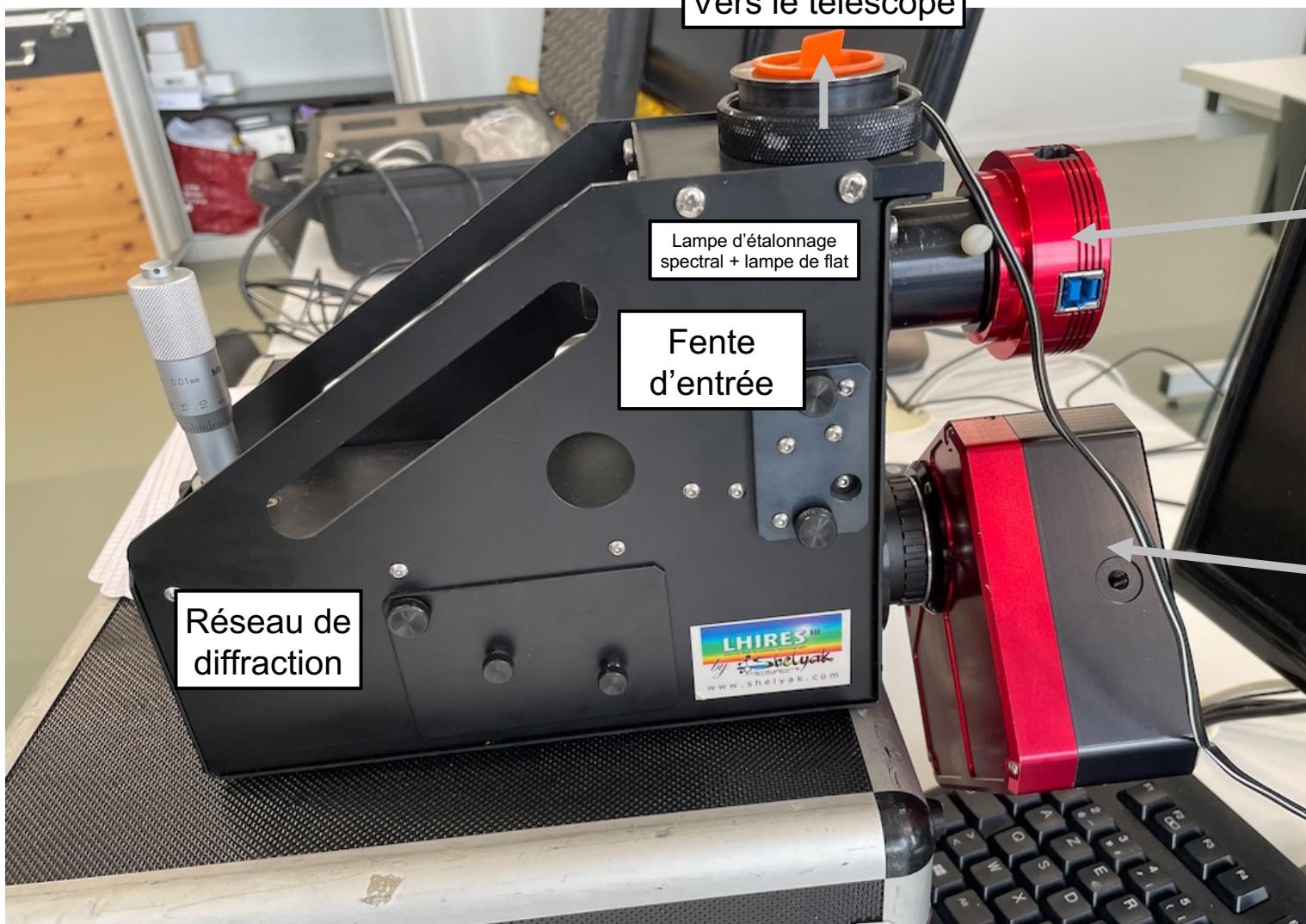
Ressources pour les TP : matériel



Cf poly de TP section 2

Ressources pour les TP : matériel

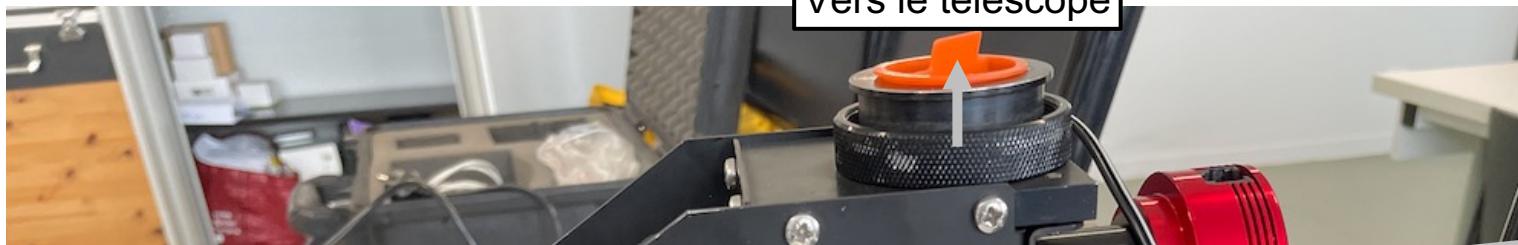
Le spectrographe LHIRES III



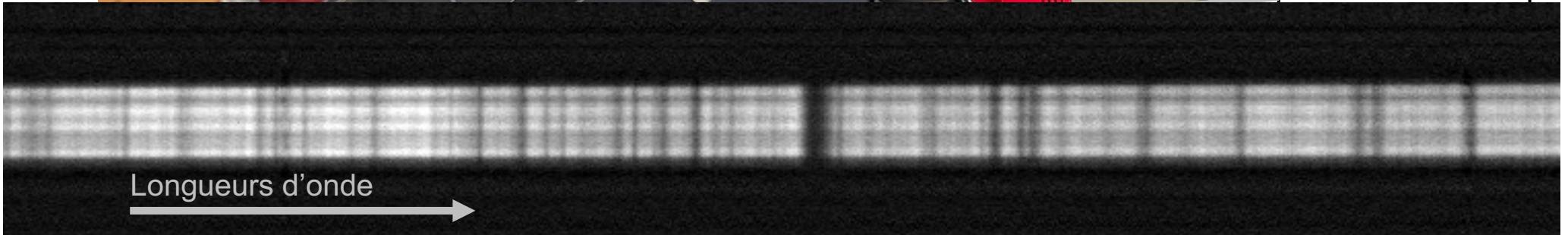
Cf poly de TP section 2

Ressources pour les TP : matériel

Le spectrographe LHIRES III



Caméra de
guidage /
pointage de la



Cf poly de TP section 2

Contenu du devoir maison (DM)

à rendre pour le 26/9 à 18h par email à votre encadrant

Dans un Jupyter Notebook (fichier ipynb, utilisation de Python) :

Ouverture des images .fits, opérations entre images, production de graphes, analyse

- > Executer le notebook et remplir les valeurs demandées
- > Répondre à des questions et commenter

Envoyer le fichier .ipynb final par mail (votre adresse universitaire) à votre encadrant avec [M1 TP coupole hbar] DM dans l'objet du mail

Pour le devoir maison (DM)



Archive de la coupole d'Astronomie d'Orsay



Index of /archive

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
Archives obs TP M1/	2025-08-26 18:38	-	
Archives projets L3/	2025-05-06 22:41	-	
Documents_TP/	2025-08-26 16:05	-	
autres observations/	2025-05-06 22:43	-	

Apache/2.4.62 (Debian) Server at coupole.ias.u-psud.fr Port 443

Index of /archive/Documents_TP

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
DM_a_rendre/	2025-08-26 22:06	-	
Notebook_de_TP_Astro_Coupole/	2025-08-26 22:06	-	
TP_M1_Astro_Version2025_2026.pdf	2025-08-25 12:59	9.7M	
Tutos/	2025-08-26 16:05	-	

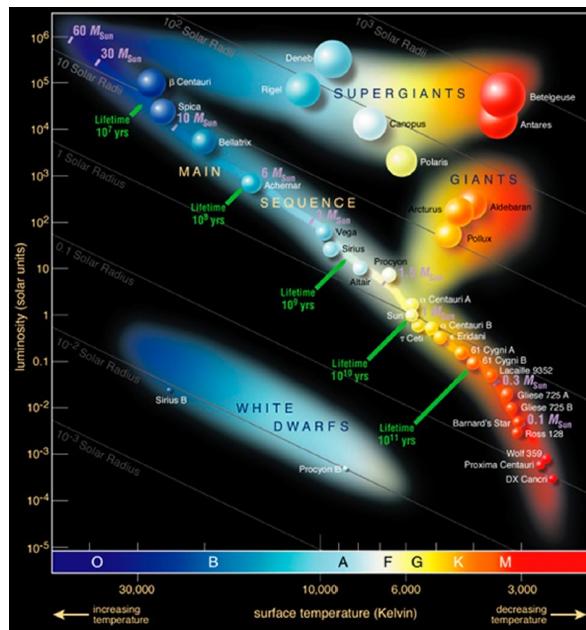
Apache/2.4.62 (Debian) Server at coupole.ias.u-psud.fr Port 443

Index of /archive/Documents_TP/DM

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
DM.ipynb	2024-09-10 17:32	3.0M	
DM_notebook_avec_donnees.zip	2024-09-10 17:32	28M	
beta_aurigae/	2024-07-26 10:55	-	

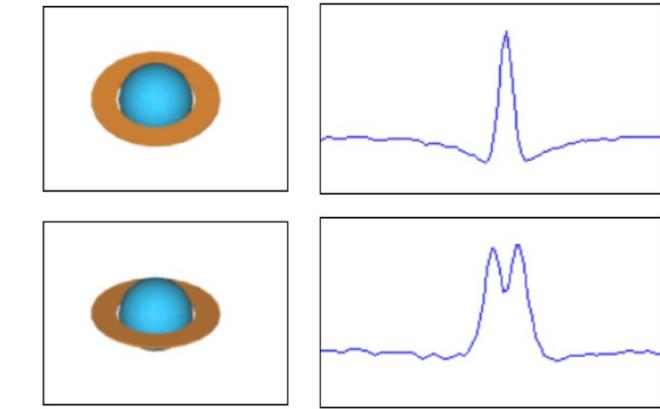
Apache/2.4.62 (Debian) Server at coupole.ias.u-psud.fr Port 443

Exécuter, compléter et envoyer
DM_NOM_Prenom.ipynb

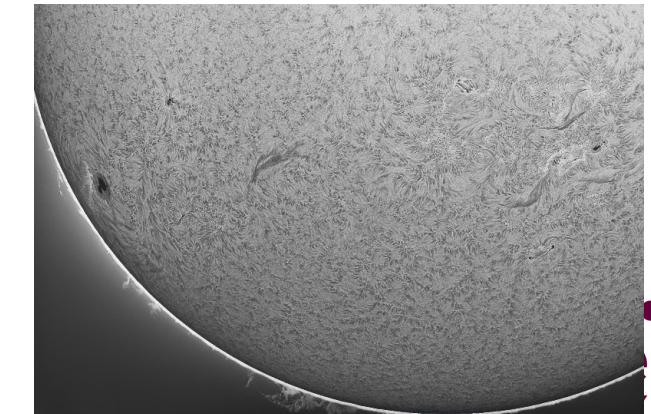
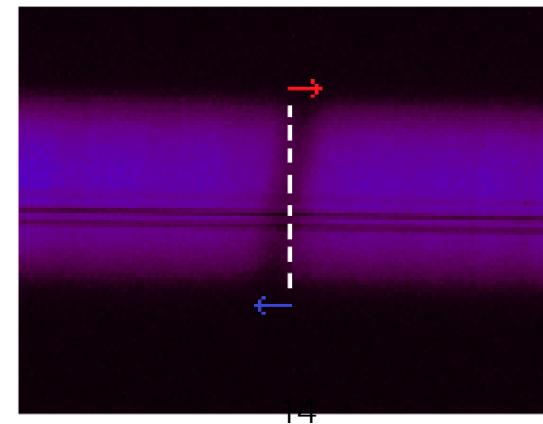
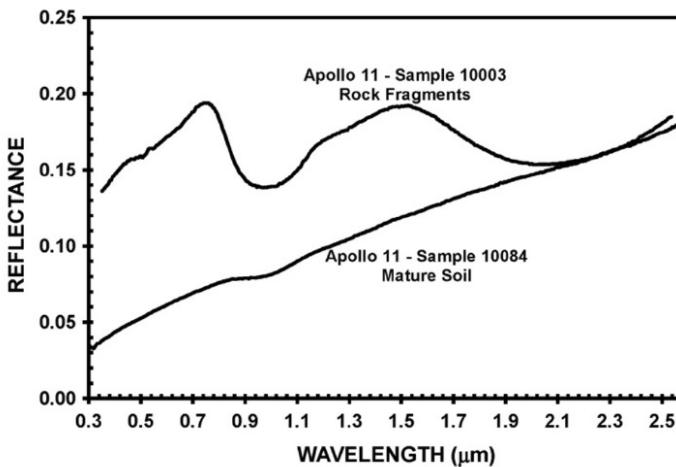


Les 5 sujets

en spectroscopie

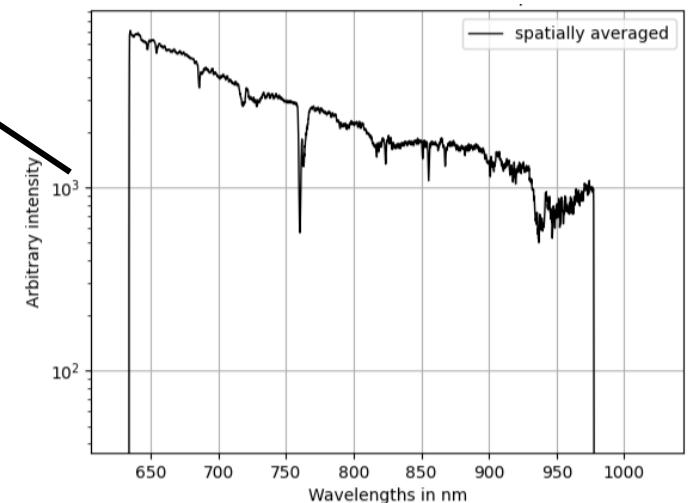
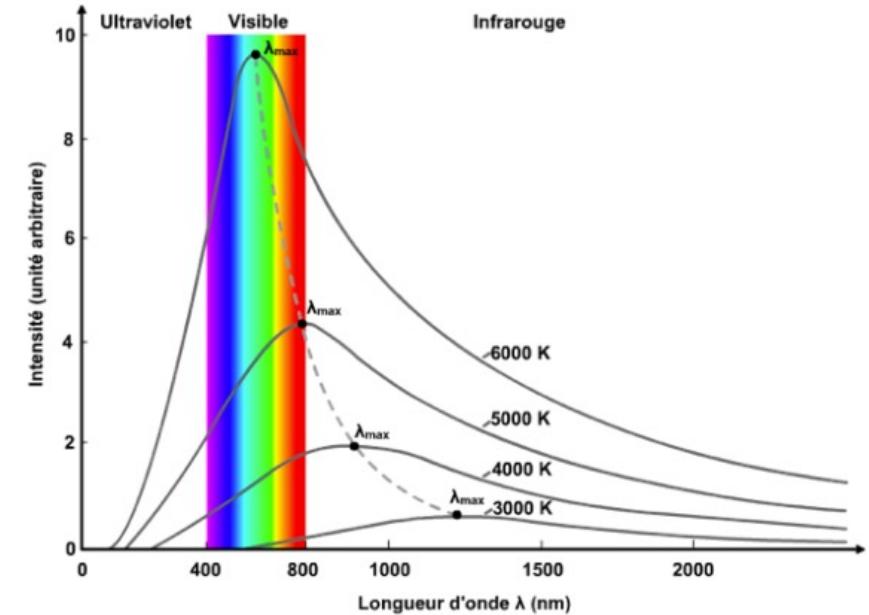
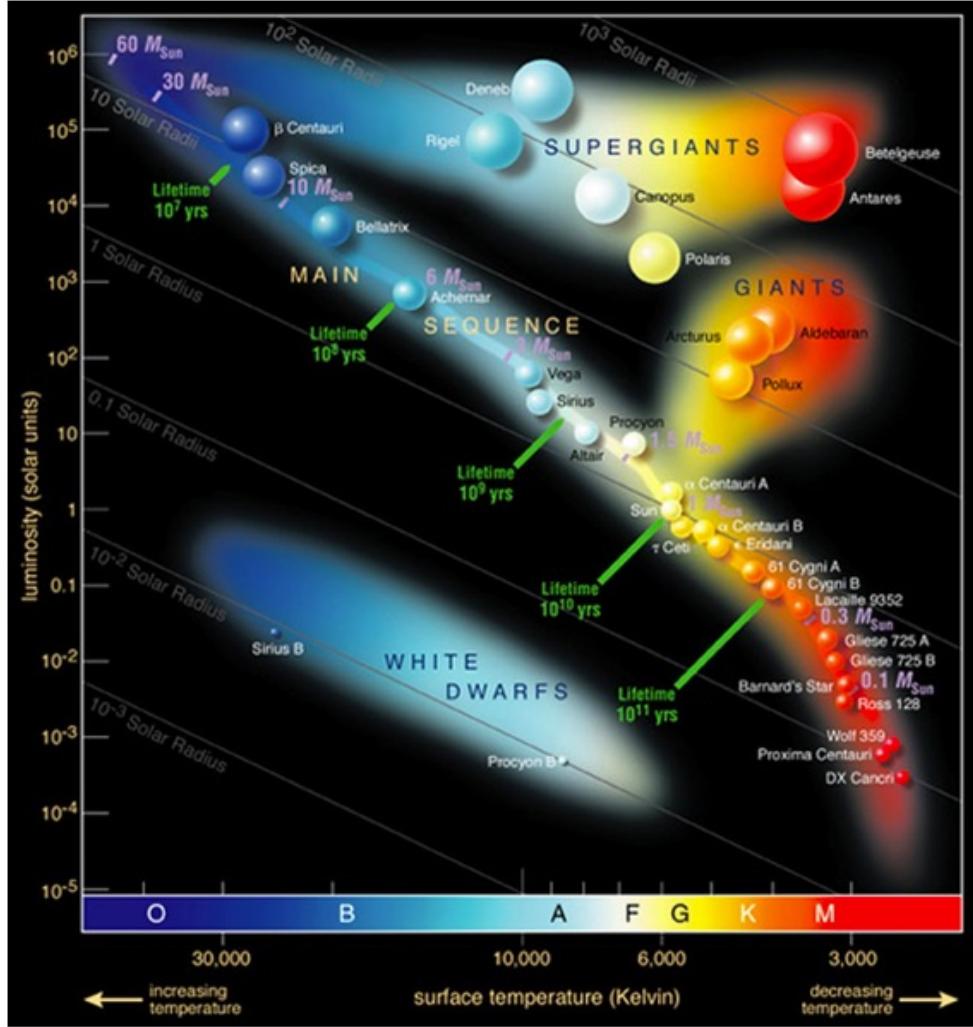


- 4.1 Évolution stellaire
- 4.2 Physique des étoiles Be
- 4.3 Comparaison des terrains lunaires
- 4.4 Vitesse de rotation des géantes gazeuses
- 4.5 Étude de l'atmosphère basse du Soleil [*de jour*]



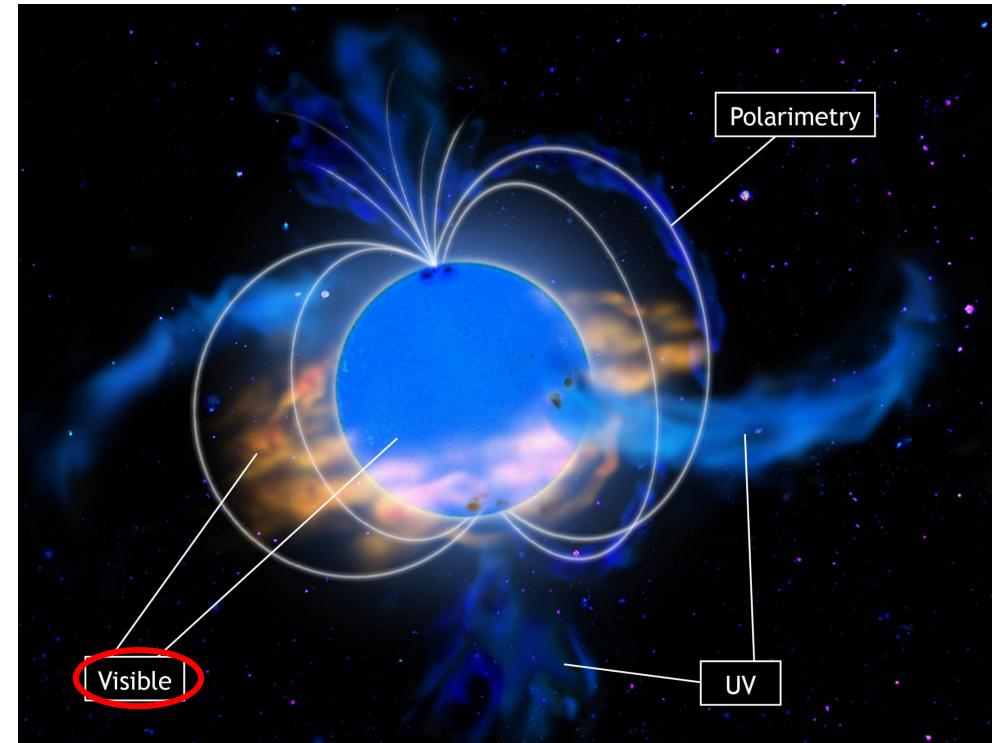
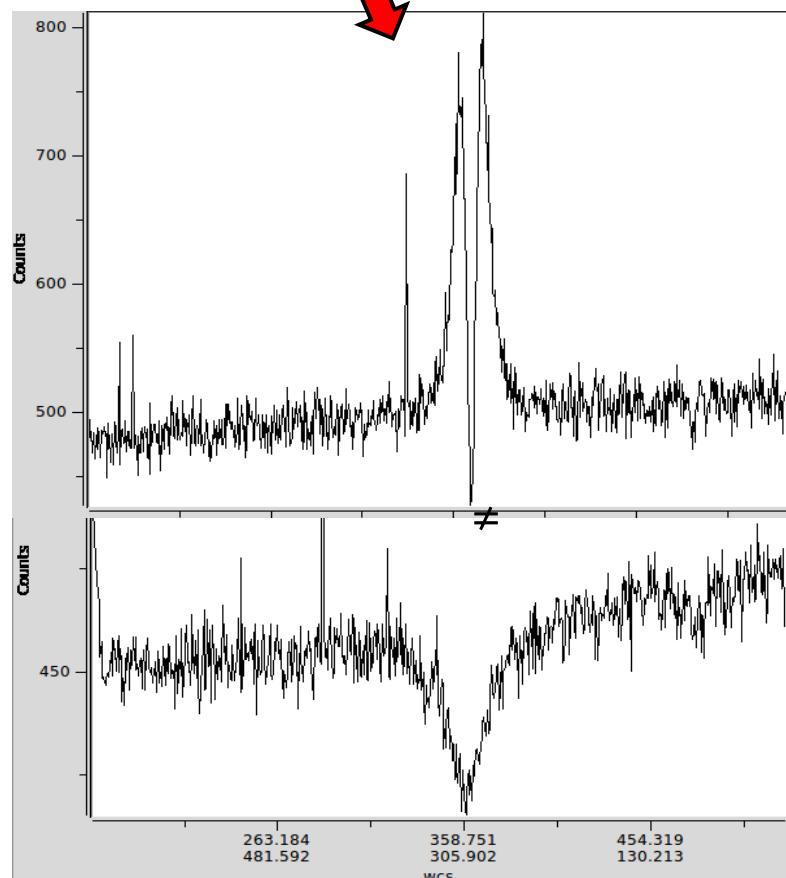
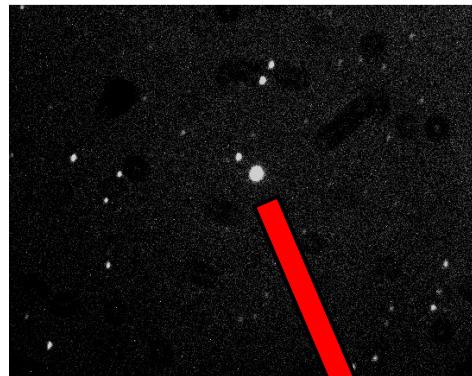
4.1 Évolution stellaire

Louise Mousset



4.2 Physique de l'émission / absorption des étoiles Be

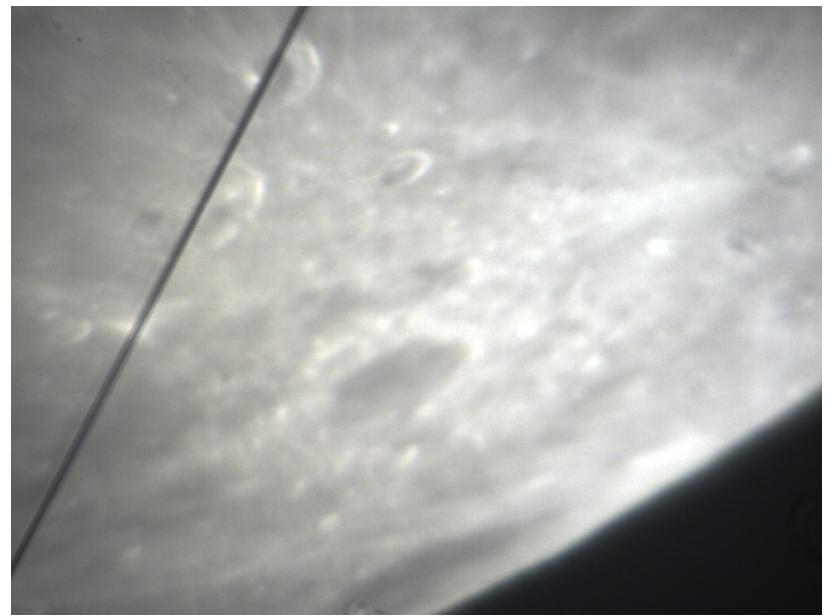
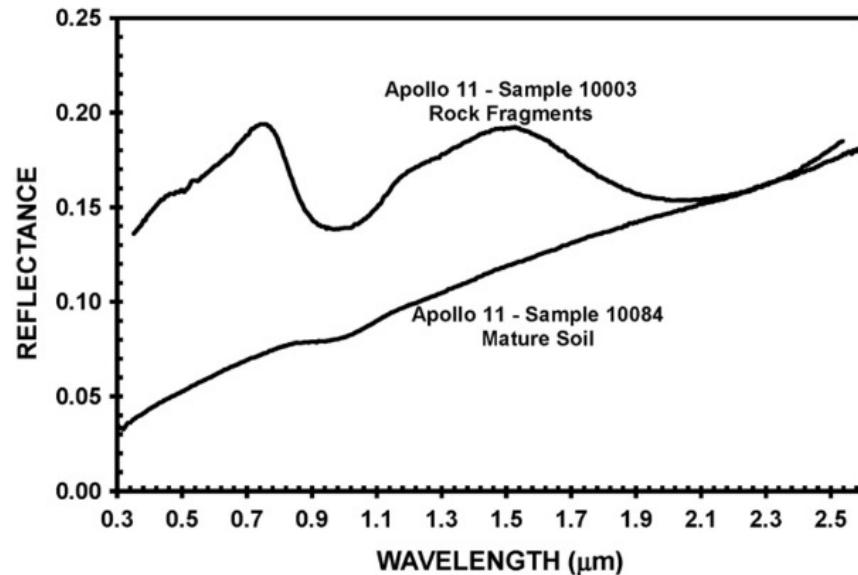
Pacôme Estève



Ou comment récupérer des informations géométriques et chimiques sur une étoile juste en analysant sa lumière ☺

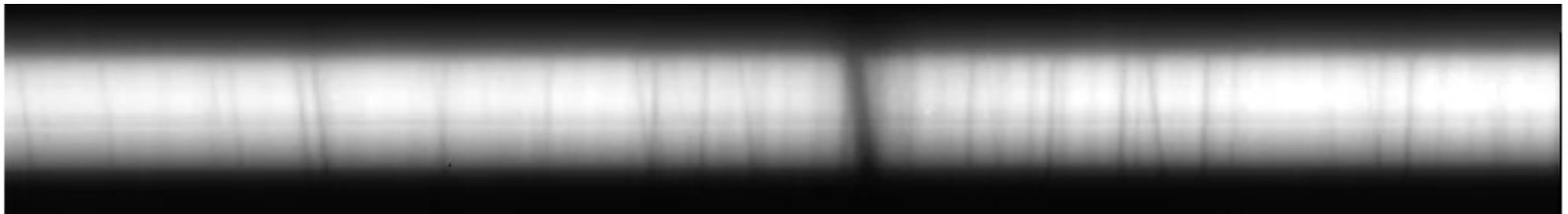
4.3 Comparaison des âges des terrains lunaires par spectroscopie

Laura Nardelli

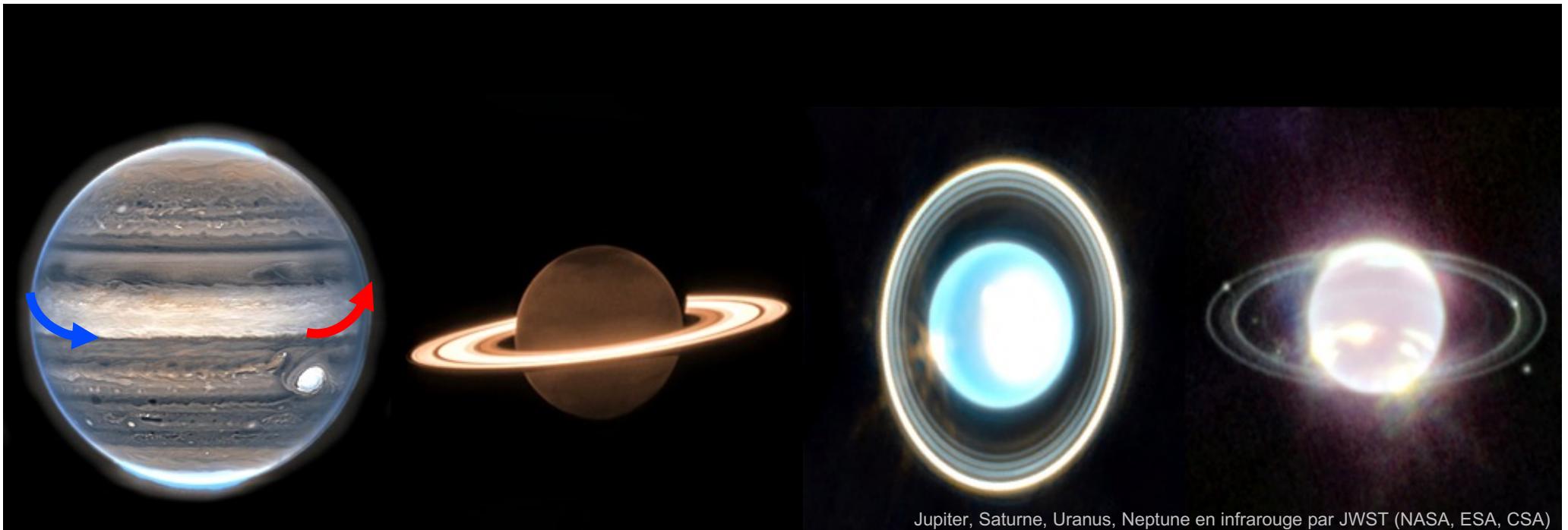


4.4 Vitesse de rotation, composition et autres caractéristiques physiques des planètes géantes

Hervé Dole

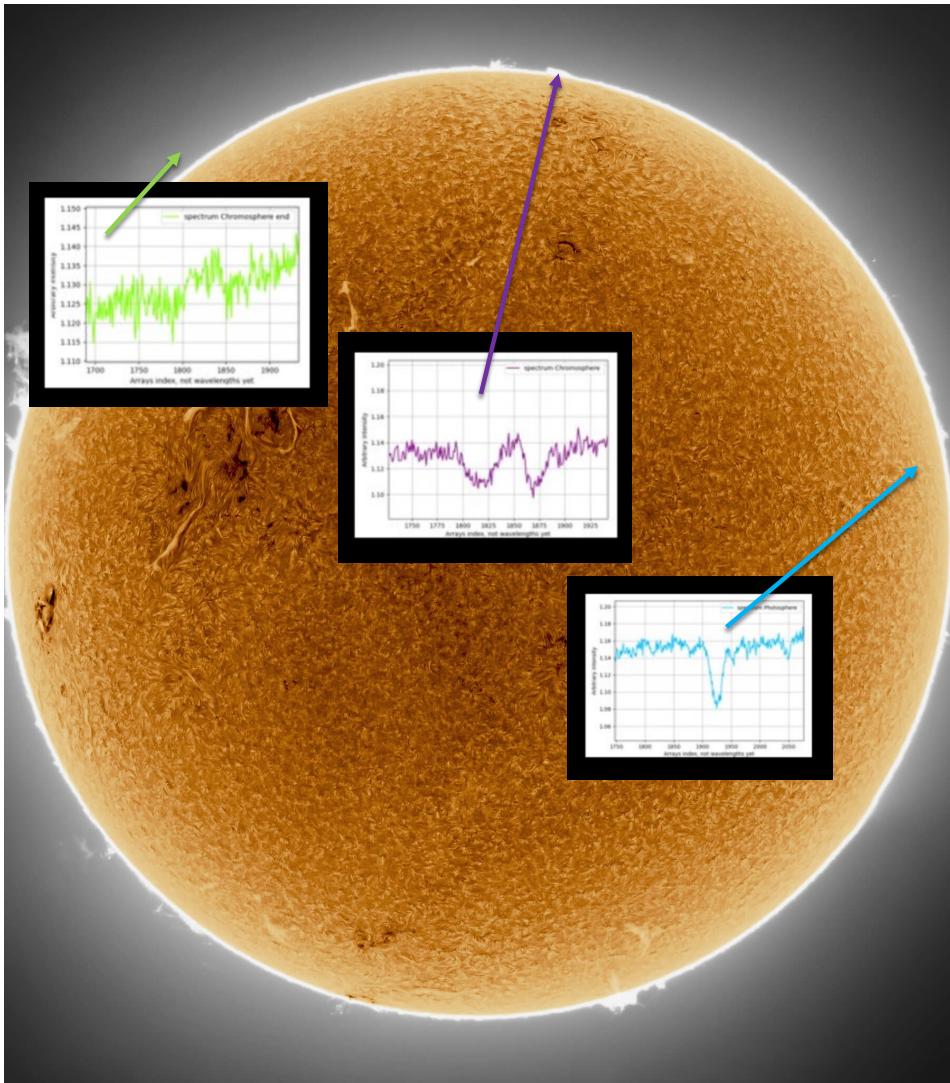


Jupiter spectrum (5min exposure) C. Buil



4.5 Limbe solaire et raie Ha

Pacôme Estève



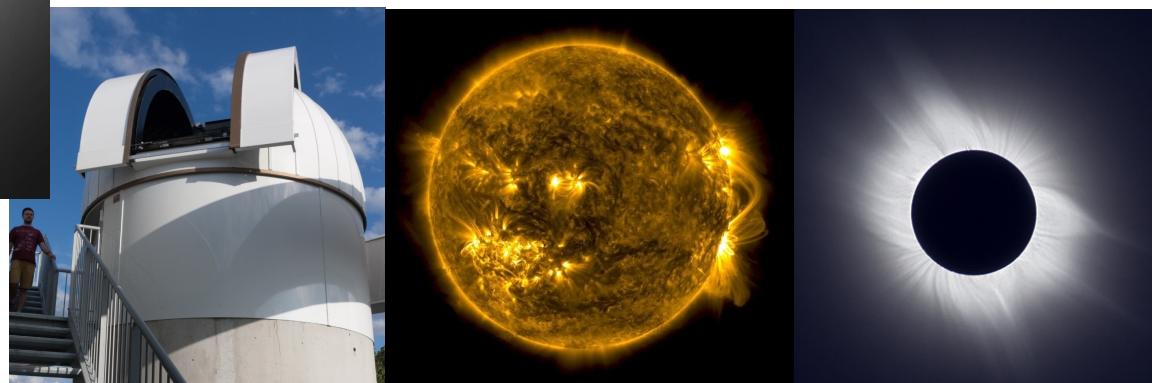
Objectifs : regarder l'évolution du profil d'une raie de l'hydrogène à la surface du soleil et l'interpréter.

Avantages :

- TP de jour (vous ne vous coucherez pas à 2h du matin)
- Moins impacté par la météo (et oui, le soleil brille fort !!)
- Beaucoup d'applications possibles, vous êtes libres !!

Inconvénient :

- Trouver un créneau en journée



Choix des sujets 1/2

1. Votre adresse email académique (Paris-Saclay) svp
2. Optionnel: une autre adresse email pour vous contacter
3. Votre nom
4. Votre prénom
5. Votre formation actuelle PA, magistère, ENS
6. Optionnel: seulement si Autre: votre formation actuelle ?
7. Optionnel: votre nom/numéro de groupe de M1 si vous en avez un
8. Votre option d'astro actuelle AA ou ACO
9. Votre filière l'année passée ?
10. Votre CHOIX numéro 1 du TP spectroscopie coupole (sujet préféré)
11. Votre CHOIX numéro 2 du TP spectroscopie coupole (sujet de secours) différent du 1er
12. Votre CHOIX numéro 3 du TP spectroscopie coupole (sujet de vraiment secours) différent des 2 autres

B. Introduction théorique:

**Comment traiter les données
acquises au télescope ?**

Signal et bruit.

Cf poly de TP section 3

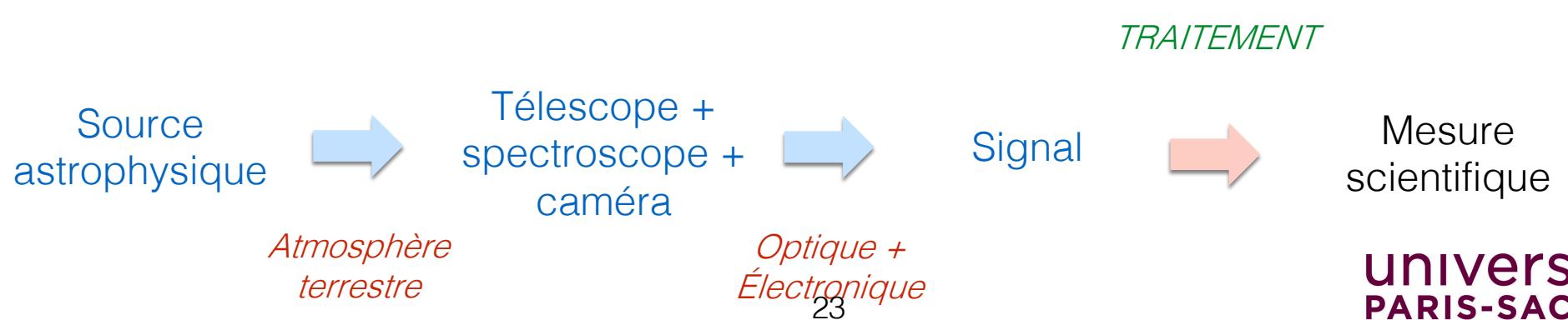
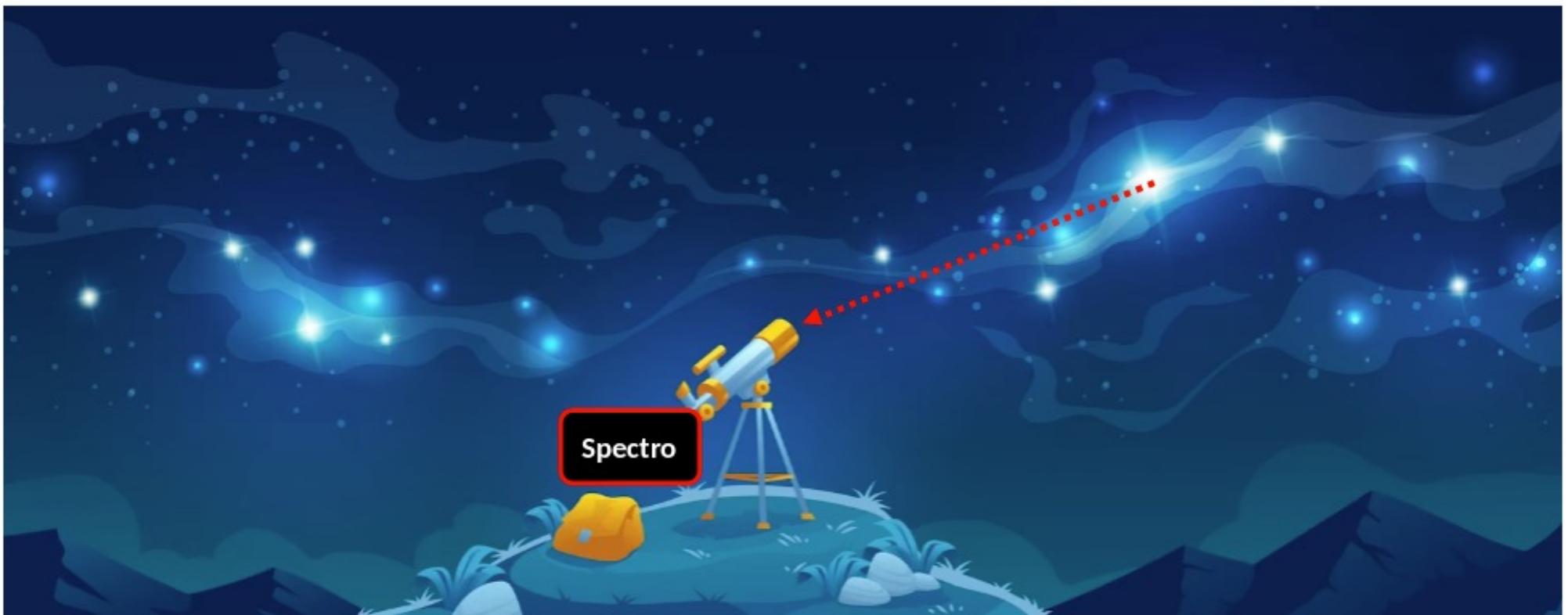
Comment traiter les données acquises au télescope ?

Signal et bruit.

(Inspiré de Pierre Guiot)

Cf poly de TP section 3

1. Une observation au sol



Ce qu'il y a dans des données

Contribution du ciel \pm du bruit
systématique et aléatoire

$$\text{Data} = \text{Source} + \text{Contributions autres}$$

Les observations qu'il faut traiter

Objet astrophysique d'intérêt

Agitation thermique

Non uniformité du détecteur

Électronique

Optique,
Atmosphère,
Rayons cosmiques

Signal à garder

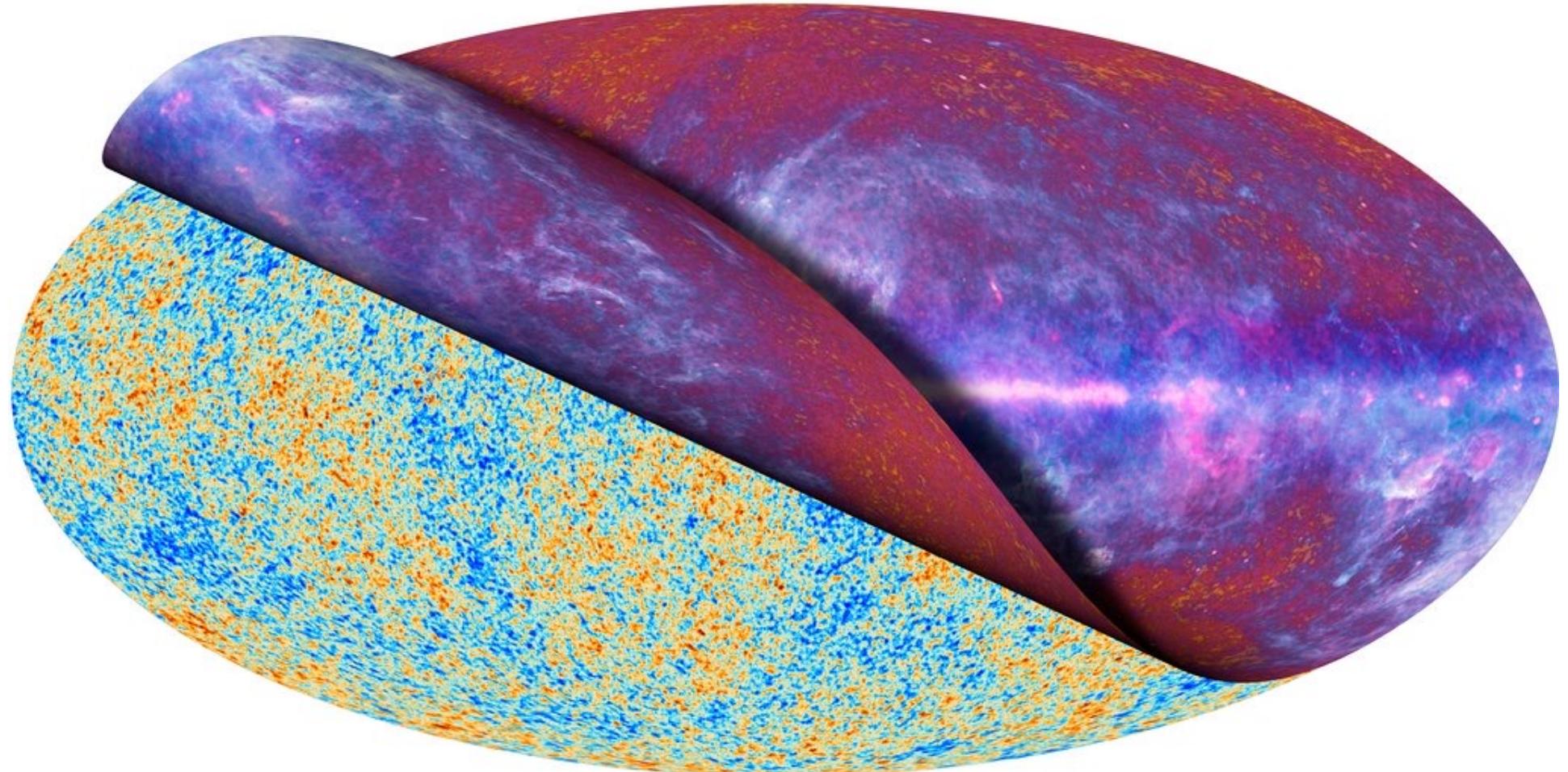
à minimiser !

Signal ? Bruit ?

Signal ? Bruit ?

Signal : information recherchée dans un contexte donné.

Bruit: toute information ou processus indésirable dans ce même contexte



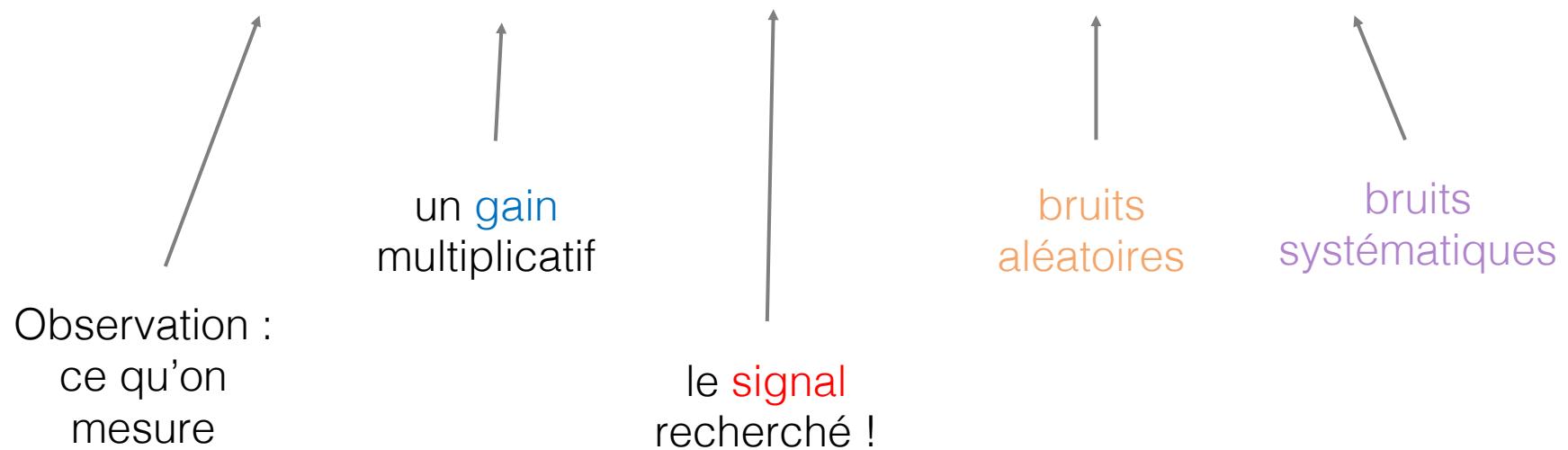
Planck CMB & foregrounds

ESA, Planck Consortium incl. IAS

Euclid image
ESA, Euclid Consortium incl. IAS

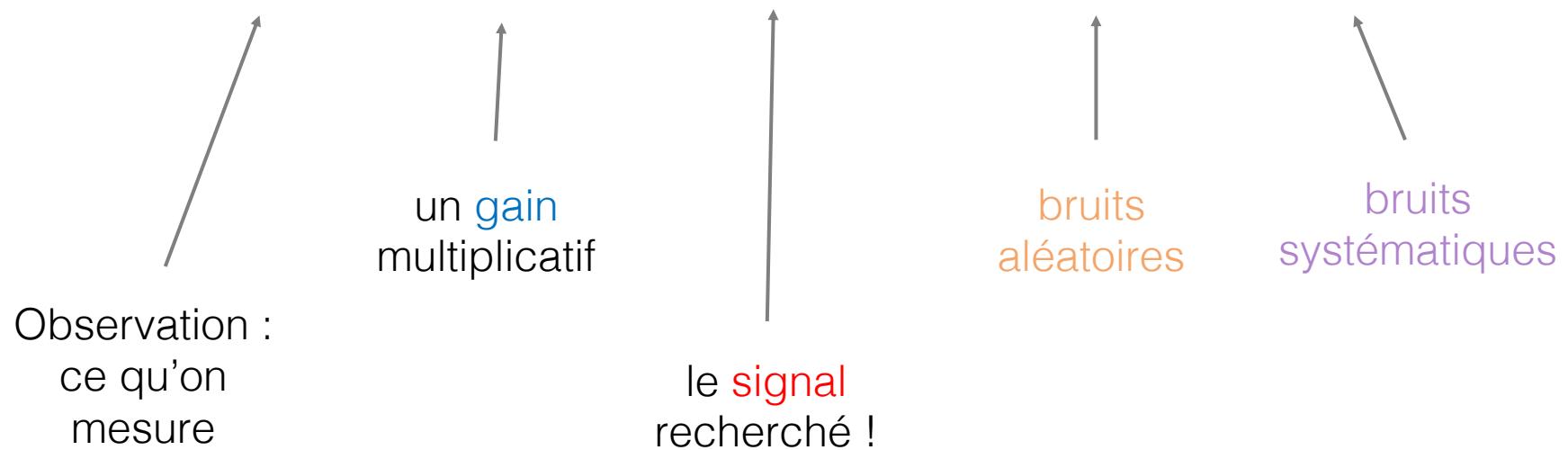
2. Modèle linéaire des données

$$\text{Data} = A * \text{Source} + B_1 + B_2$$



2. Modèle linéaire des données

$$\text{Data} = A * \text{Source} + B_1 + B_2$$



$A \rightarrow$ flat field

$B_1 \rightarrow N_{\text{obs}}$

$B_2 \rightarrow$ dark

Réduction des données

Pour une image contenant les intensités I_{brute} , on détermine des étapes de correction de notre chaîne d'acquisition en vue d'obtenir le signal corrigé I_{corr} avec la formule de réduction des données:

Flat : image acquise sous un éclairement uniforme (on impose source =1)

→ Biais multiplicatif d'inhomogénéité spatiale corrigé

Dark : image acquise dans l'obscurité (on impose source=0)

→ Biais additif systématique (et un peu thermique) corrigé

$$I_{corr} = \frac{I_{brute} - \text{MasterDARK}}{\text{MasterFLAT}}$$

On ne soustrait pas un bruit !!!

Cf poly de TP section 3.4

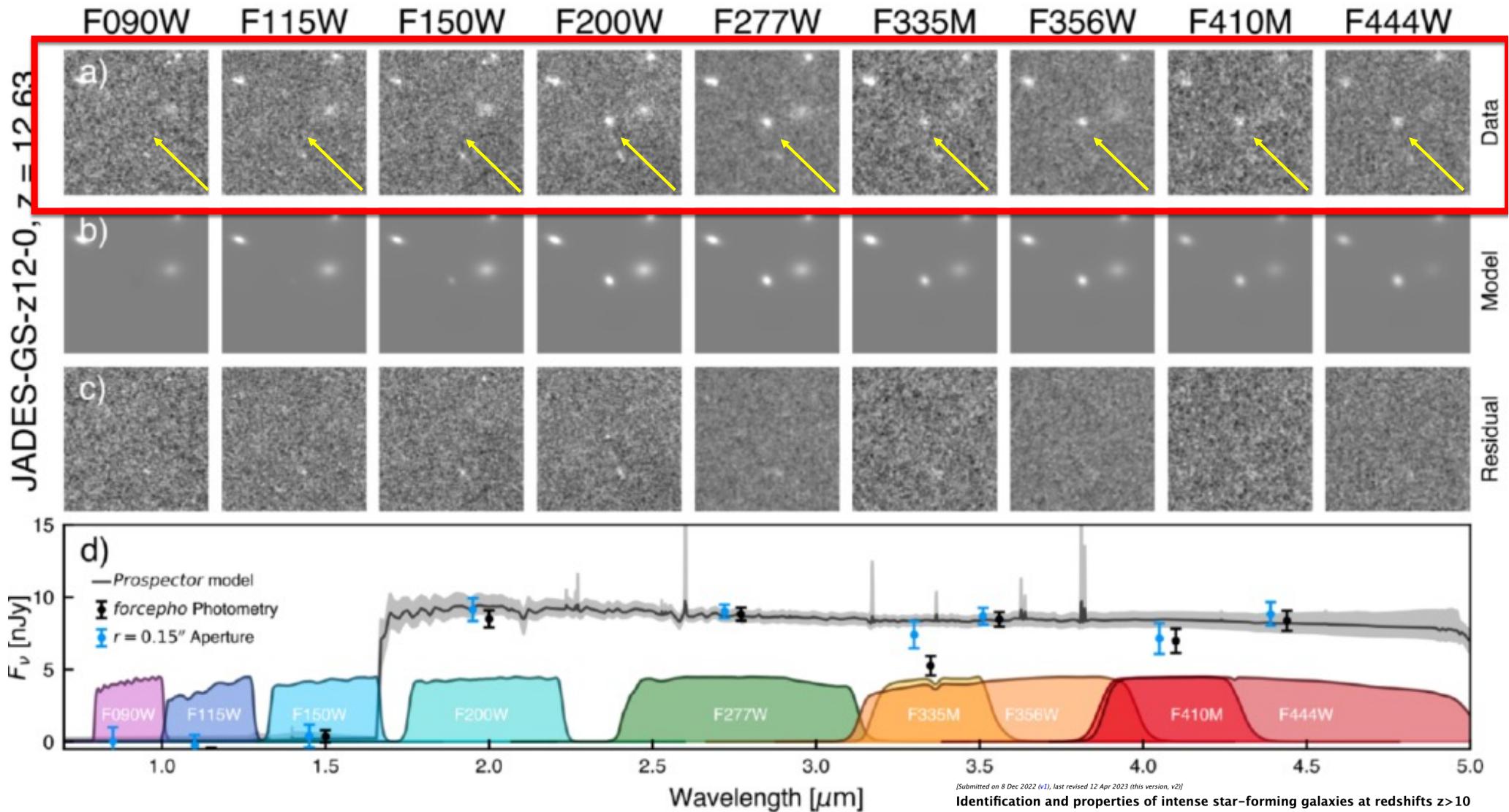
$$\text{MasterDARK} = \langle I_{Dark} \rangle$$

$$\text{MasterFLAT} = \frac{\langle I_{Flat} - \text{MasterDARK} \rangle}{\langle I_{Flat} - \text{MasterDARK} \rangle}$$

3. Signal, biais et bruits

Critère de qualité, indice de « confiance » :

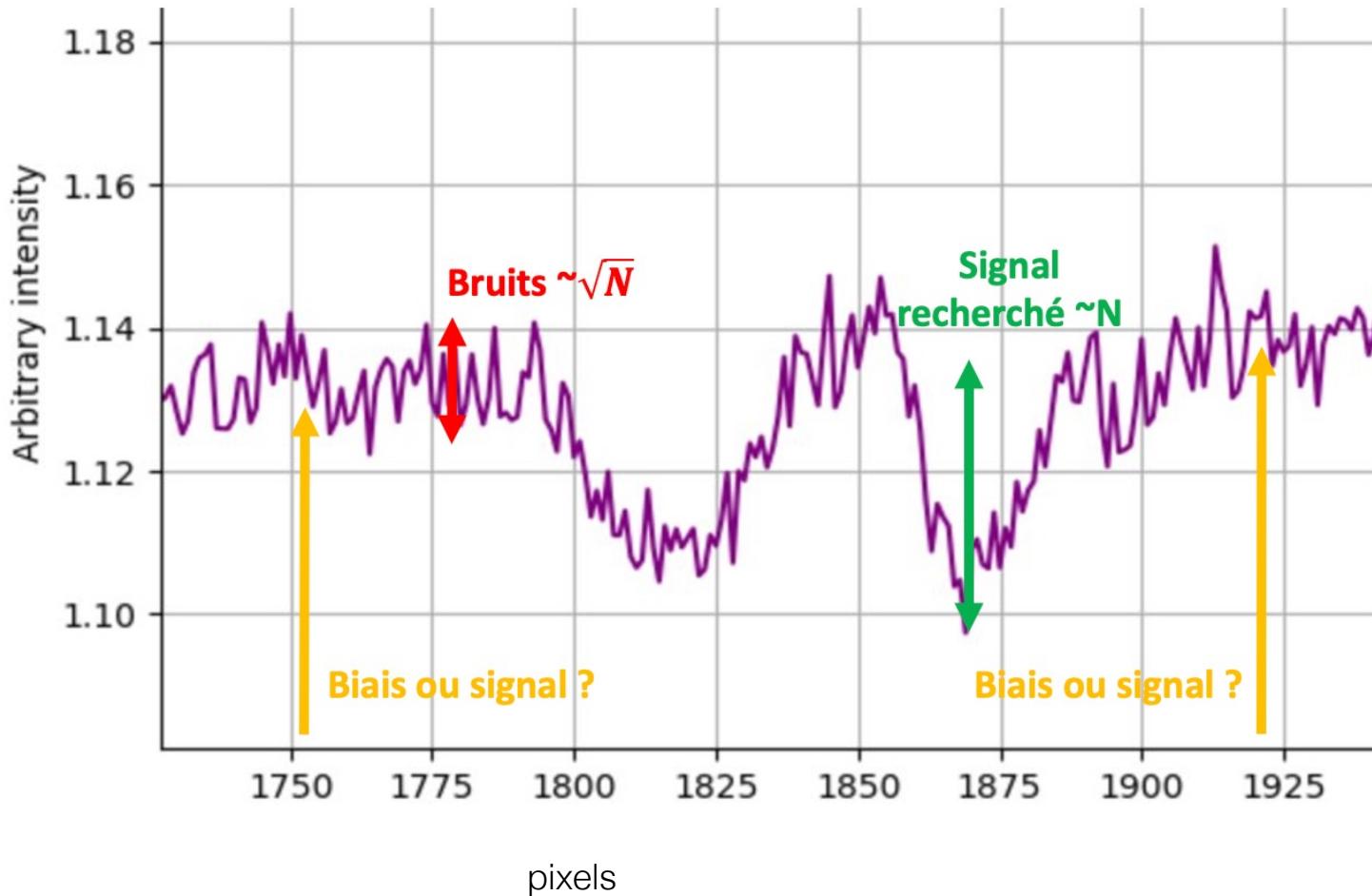
le rapport signal sur bruit ou SNR (Signal to Noise Ratio)



3. Signal, biais et bruits

Critère de qualité, indice de « confiance » :

le rapport signal sur bruit ou **SNR** (Signal to Noise Ratio)



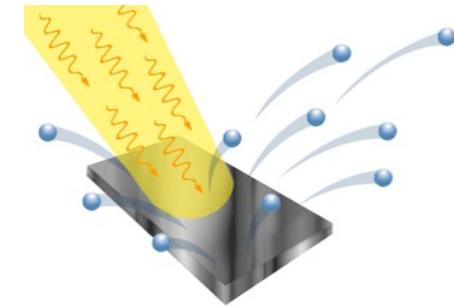
$$SNR = \frac{S}{B} = \frac{N}{\sqrt{N}}$$

4. Le détecteur CCD

Charge-Coupled Device

Conversion de photons en électrons

Pixels (picture element) = cellules réceptrices

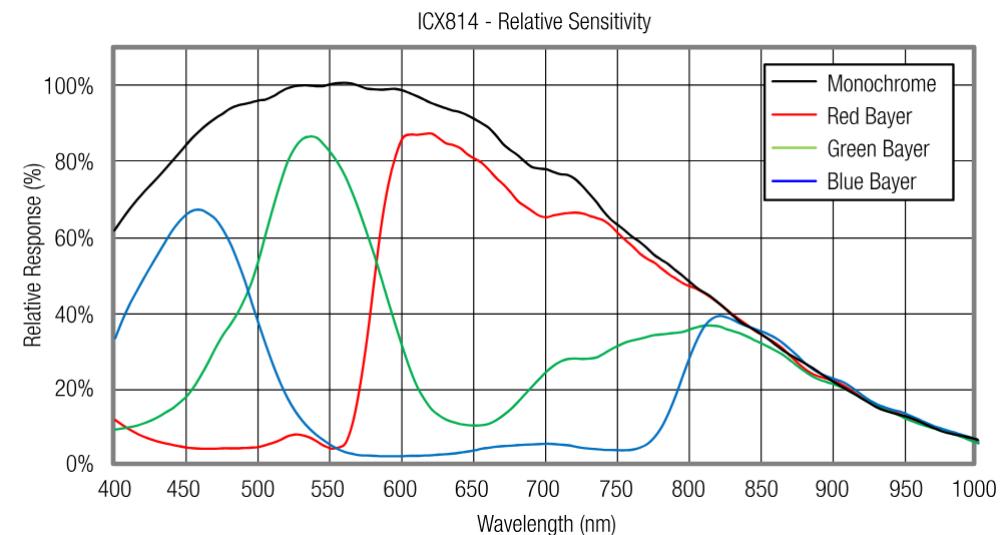


Le CCD compte les électrons :

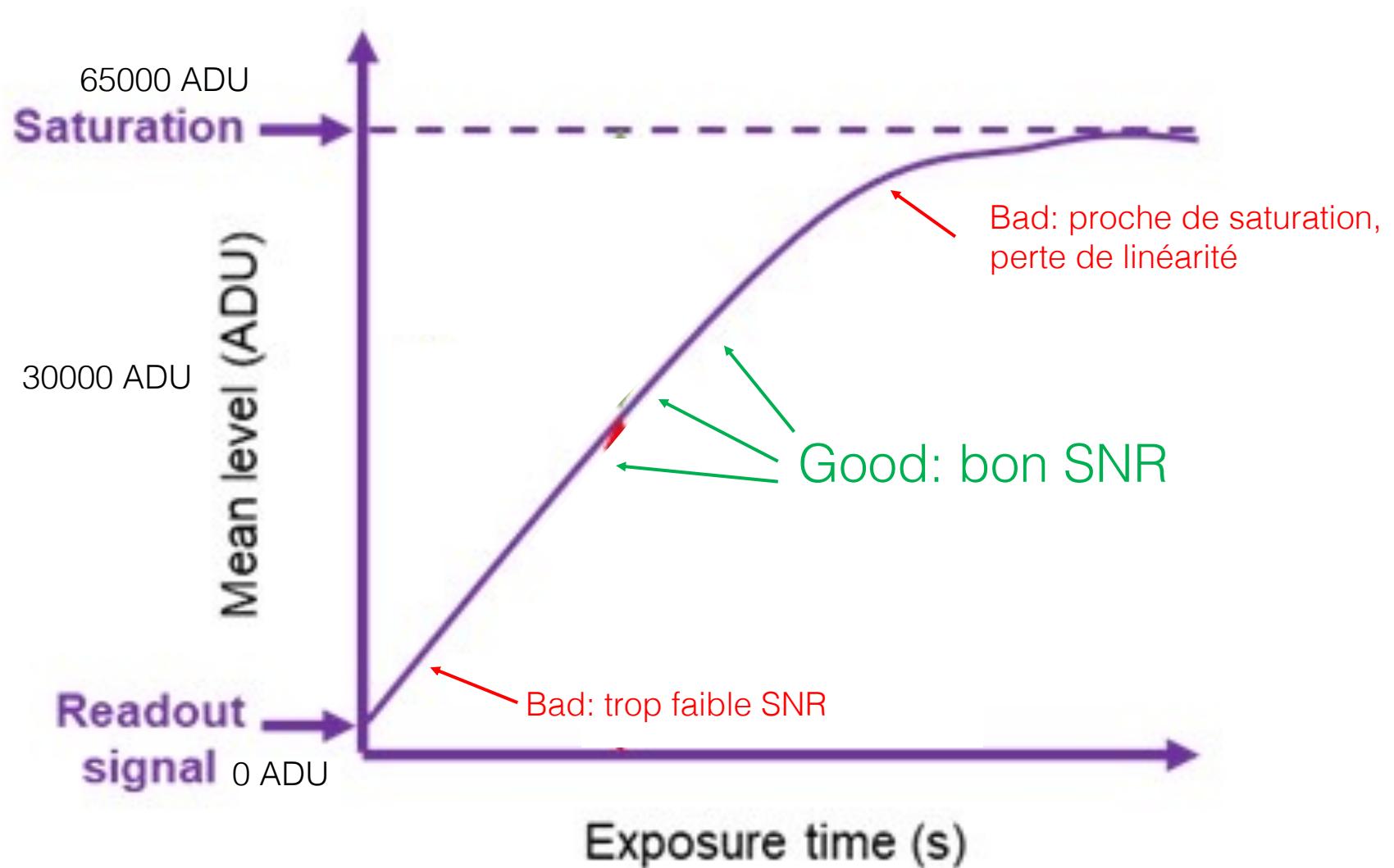
- issus des photons reçus de la cible
 - créés par agitation thermique ou rayons cosmiques
- > On le refroidit à -15C pour minimiser les effets thermiques

Conversion photon -> e- non constante
car dépend :

- du pixel (pas tous identiques)
- de la sensibilité à la longueur d'onde (efficacité quantique)



5. Temps d'exposition



6. Acquérir des données: 4 étapes

0. Toujours avoir suffisamment de signal

=> augmenter le temps de pose pour augmenter N et donc le SNR.

Le signal ideal se situe vers 30000 ADU (~ la moitié de la saturation à 65000 ADU)

Mais attention à ne pas saturer => ne pas exposer trop longtemps

1. Observer vos cibles astrophysiques

2. Observer la lampe l'étalonnage spectral

(afin d'obtenir la correspondance pixel -> longueur d'onde)

3. Prendre des *flats* (inhomogénéité spatiale)

=> image de « champ plat »

4. Prendre des *darks*

=> prendre des images à temps équivalent dans l'obscurité

+ refroidir le détecteur CCD constamment

C. Choix des sujets 1/2

1. Votre adresse email académique (Paris-Saclay) svp
2. Optionnel: une autre adresse email pour vous contacter
3. Votre nom
4. Votre prénom
5. Votre formation actuelle PA, magistère, ENS
6. Optionnel: seulement si Autre: votre formation actuelle ?
7. Optionnel: votre nom/numéro de groupe de M1 si vous en avez un
8. Votre option d'astro actuelle AA ou ACO
9. Votre filière l'année passée ?
10. Votre CHOIX numéro 1 du TP spectroscopie coupole (sujet préféré)
11. Votre CHOIX numéro 2 du TP spectroscopie coupole (sujet de secours) différent du 1er
12. Votre CHOIX numéro 3 du TP spectroscopie coupole (sujet de vraiment secours) différent des 2 autres

Choix des sujets 2/2

à remplir d'ici 10 minutes svp

(si pas de réponse : on vous affecte à un groupe et projet par défaut)



<https://app.wooclap.com/TPCOUPOLEM1/questionnaires/66d8bea4c3a1d81a8180c841>

PAUSE et rdv en salles 305 et 306 dans 15 minutes

DEUXIÈME PARTIE

TD traitement de données

Apprentissage de l'utilisation du JUPYTER NOTEBOOK
pour traiter vos données

en salles info 305-306

Cf poly de TP section 3.6



Téléchargez le
poly de TP



Finalisez votre
choix de sujet
maintenant





Index of /archive/Documents_TP/DM

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
DM.ipynb	2024-09-10 17:32	3.0M	
DM_notebook_avec_donnees.zip	2024-09-10 17:32	28M	
beta_aurogae/	2024-07-26 10:55	-	

Apache/2.4.62 (Debian) Server at coupole.ias.u-psud.fr Port 443

Télécharger le fichier zip, puis
Upload sur Google Colab ou MyDocker UPSaclay

Pour aujourd'hui en TD

Index of /archive

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
Archives obs TP M1/	2025-08-26 18:38	-	
Archives projets L3/	2025-05-06 22:41	-	
Documents_TP/	2025-08-26 16:05	-	
autres observations/	2025-05-06 22:43	-	

Apache/2.4.62 (Debian) Server at coupole.ias.u-psud.fr Port 443

Index of /archive/Documents_TP

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
DM_a_rendre/	2025-08-26 22:06	-	
Notebook de TP Astro Coupole/	2025-08-26 22:06	-	
TP M1 Astro Version2025_2026.pdf	2025-08-25 12:59	9.7M	
Tutos/	2025-08-26 16:05	-	

Apache/2.4.62 (Debian) Server at coupole.ias.u-psud.fr Port 443



Lire le poly section 3.6



Pour les observations : un

Index of /archive

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
Archives obs TP M1/	2025-08-26 18:38	-	
Archives projets L3/	2025-05-06 22:41	-	
Documents_TP/	2025-08-26 16:05	-	
autres observations/	2025-05-06 22:43	-	

Apache/2.4.62 (Debian) Server at coupole.ias.u-psud.fr Port 443

Index of /archive/Documents_TP

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
DM a rendre/	2025-08-26 22:06	-	
Notebook de TP Astro Coupole/	2025-08-26 22:06	-	
TP M1 Astro Version2025_2026.pdf	2025-08-25 12:59	9.7M	
Tutos/	2025-08-26 16:05	-	

Apache/2.4.62 (Debian) Server at coupole.ias.u-psud.fr Port 443



Lire le poly section 3.6

Index of /archive/Documents_TP/

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
reduction_de_donnees.ipynb	2024-09-13 10:26	2.1M	

Apache/2.4.62 (Debian) Server at coupole.ias.u-psud.fr Port 443

Télécharger le fichier ipynb, puis
Upload sur Google Colab ou MyDocker
UPSAclay avec vos données du télescope