

TP Coupole

Op

1



1- Téléchargez le poly de TP svp



2- Connectez-vous pour le choix des sujets

TP Coupole

Option Astro M1

Séance 1 — 2026-2027

Hervé Dole

Louise Mousset, Léa Dumilly, Alex Jacquesson
(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 :

- 50% = la note de soutenance orale le 8 janvier
 - ♦ pour l'oral de groupe
 - ♦ en individuel pour les réponses aux questions
- 50% = note individuelle reflétant votre implication
- + un bonus potentiel de +1 point sur le devoir maison (DM)
- Critères d'évaluation : dans le syllabus de 2 pages

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 25/09 à 18h
- 1 séance d'observation *la nuit* par groupe (du lundi au jeudi, ~19h-23h00)
convocation 48h avant par email
-> Contactez les responsables coupole si vous ne recevez pas de mail d'ici fin septembre au sujet des TP coupole
- 1 séance de tutorat par groupe: contact par mail avec votre encadrant dès que nécessaire
- 1 séance plénière de 2h au hbar le 18 décembre 13:45 pour finaliser
- Examen oral le 8 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 avant le TP; 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

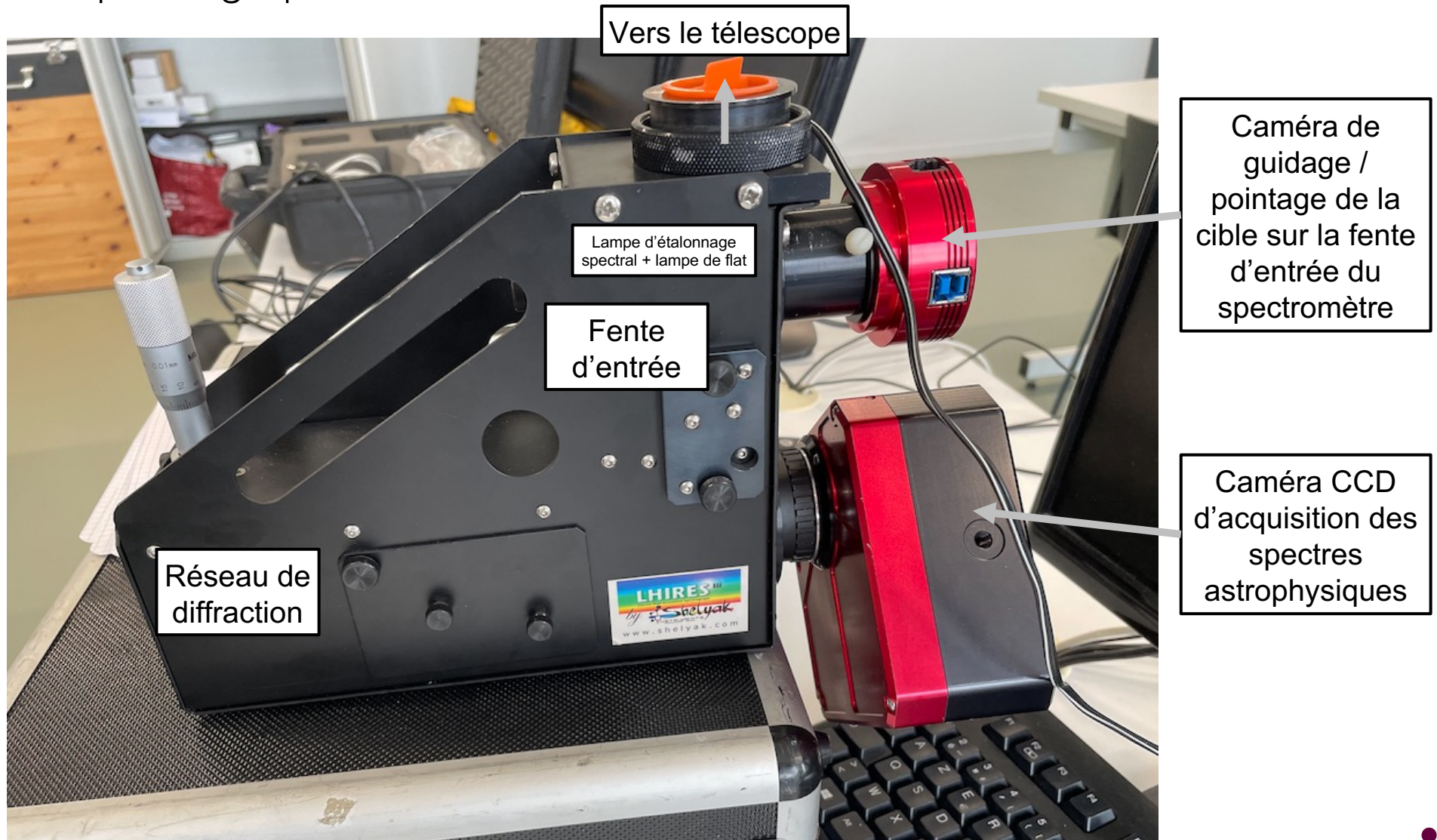
Ressources pour les TP : matériel



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

Vers le télescope

Caméra de
guidage /
pointage de la

Longueurs d'onde

Réseau de
diffraction

Caméra CCD
d'acquisition des
spectres
astrophysiques

Cf poly de TP section 2

Contenu du devoir maison (DM)

à rendre pour le 25/9 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

-> **Sauvegarder** ! (attention si vous vous deconnectez, c'est perdu...)

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)

1. Se connecter à MyDocker



2. Ouvrir l'interface (et attendre les 8 étapes)

AstroPhys [Python + Libraries]

2 days ago

Logs

AstroPhys START : Click below

Connect to the interface

If there is a problem or if the environment is unresponsive, you can turn it off and request a new one.

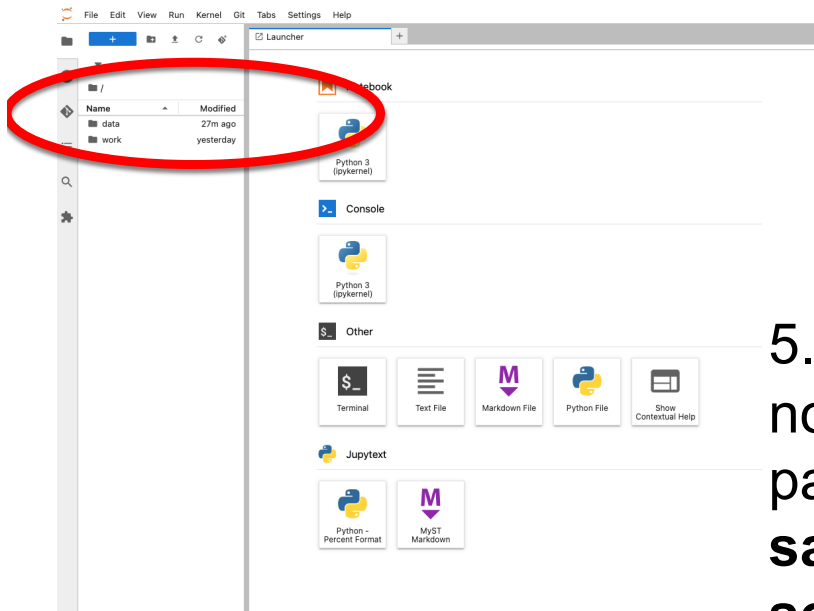
Shutdown the environment

Edit course

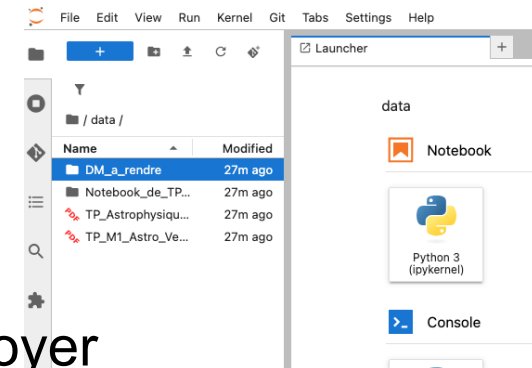
AstroPhys is a Jupyter work for M1 and L3. Astrophysics concepts, tools, data analysis, models. Also TP couple in the hbar observatory and radioastronomy, and related astrophysics projects. Python. Includes astrophysics and cosmology libraries.

TP astrophysique M1 et L3 : concepts, outils, analyse de données, modèles. Aussi TP couple et projets en radioastronomie ou autre. Python et librairies astrophysiques et cosmologie.

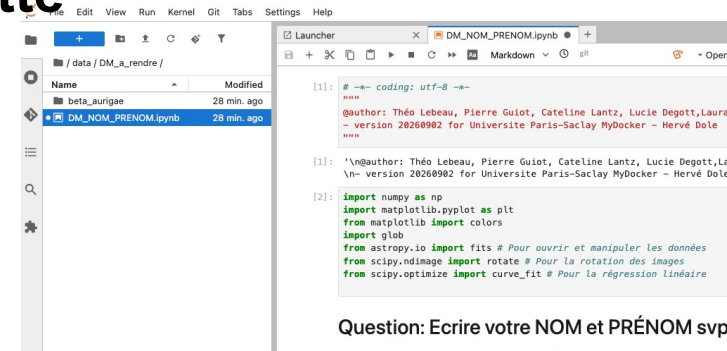
3. Regarder en haut à gauche: data et work



4. Copier DM_a_rendre dans work

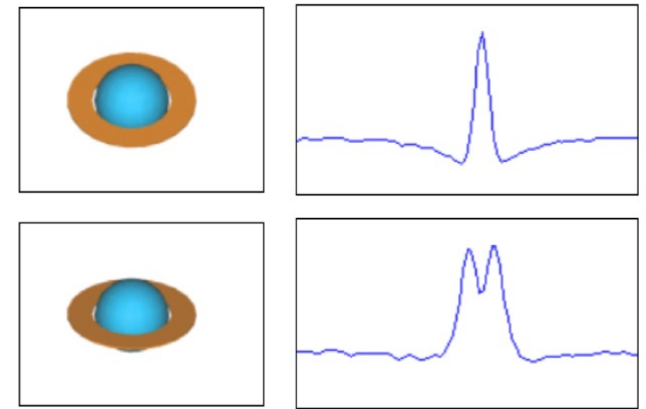


5. Dans work : éditer le notebook (et vous l'envoyer par email car pas de sauvegarde cette semaine)



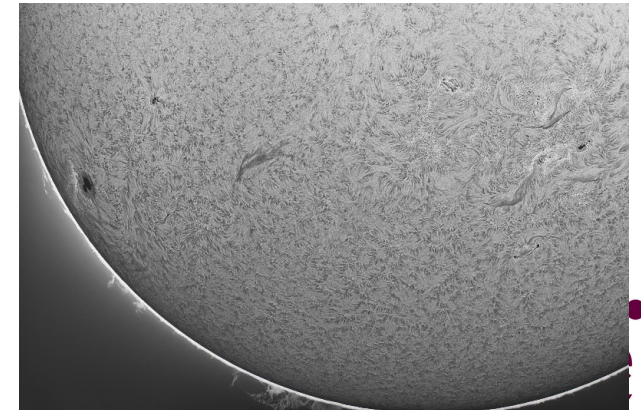
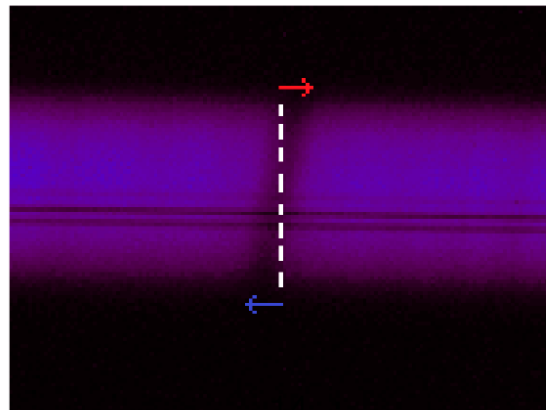
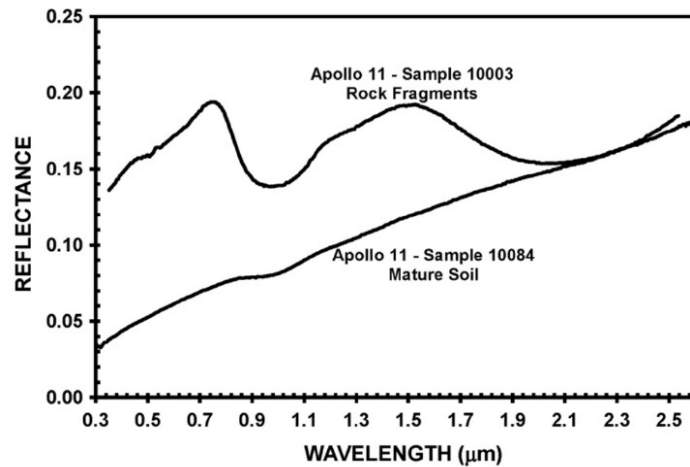
Exécuter, compléter et envoyer
DM_NOM_PRENOM.ipynb par email

Les 5 sujets en spectroscopie



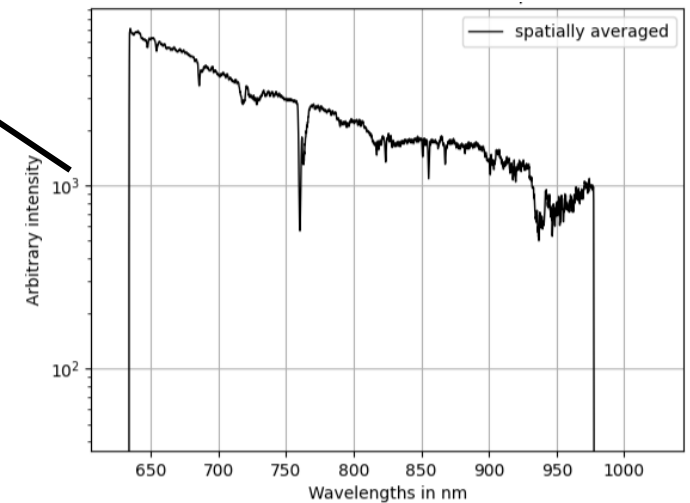
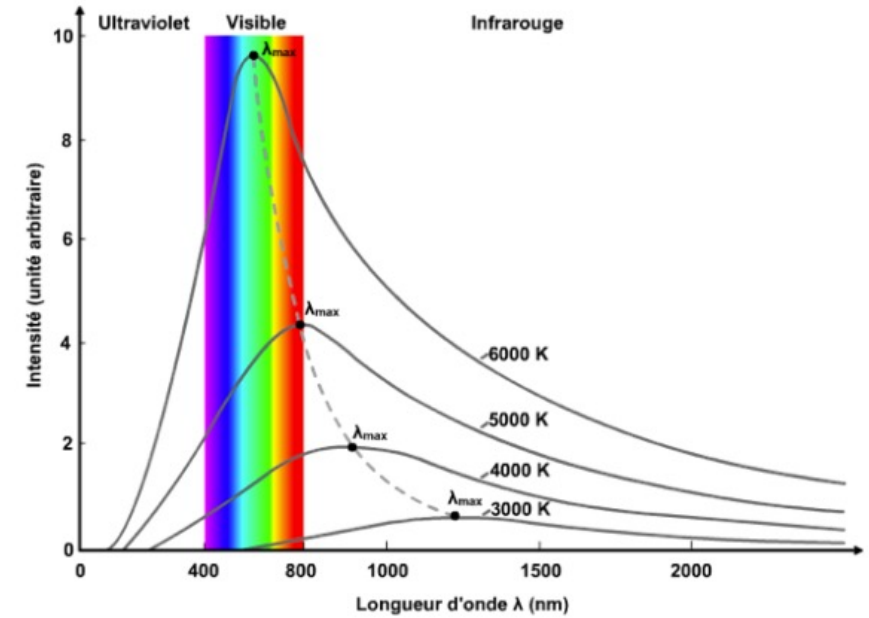
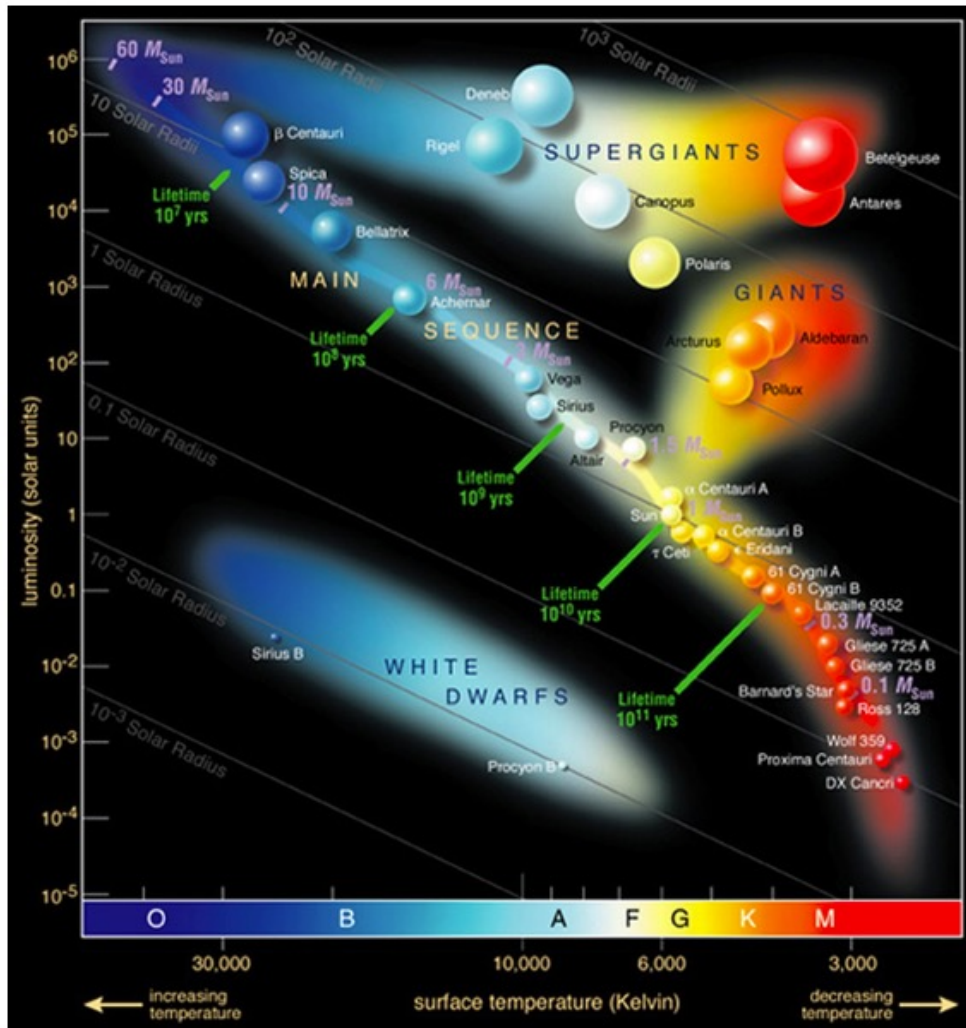
- 4.1 Évolution stellaire
- 4.2 Physique des étoiles Be
- 4.3 Comparaison des terrains lunaires
- 4.4 Vitesse de rotation des géantes gazeuses
- 4.5 Étude de l'atmosphère basse du Soleil *[de jour]*

Cf poly de TP section 4



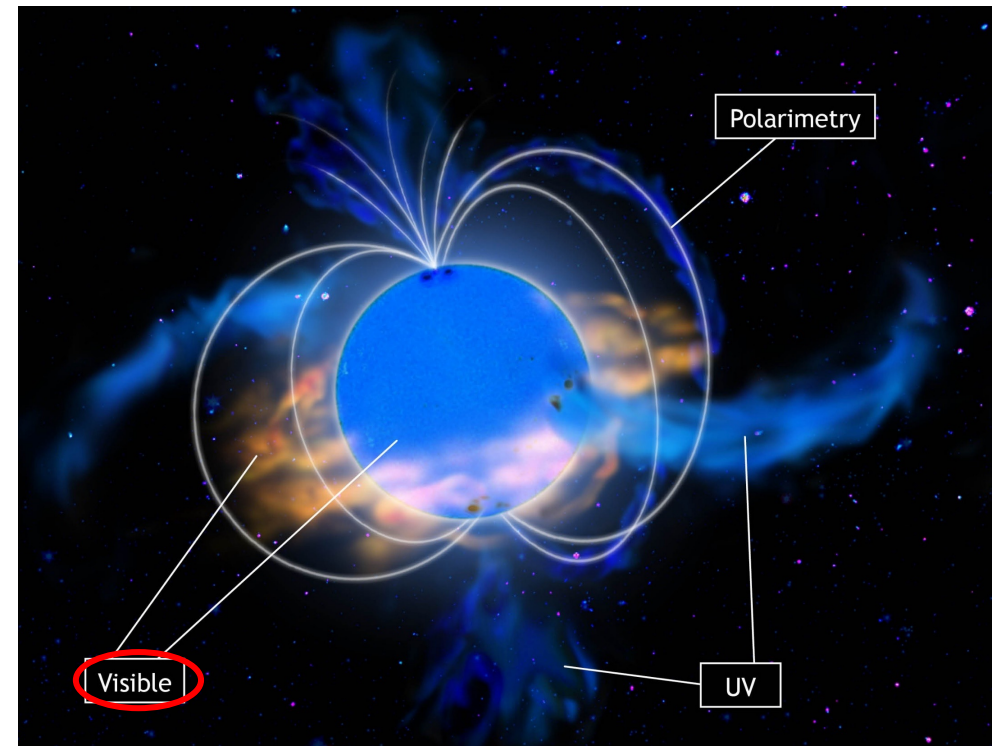
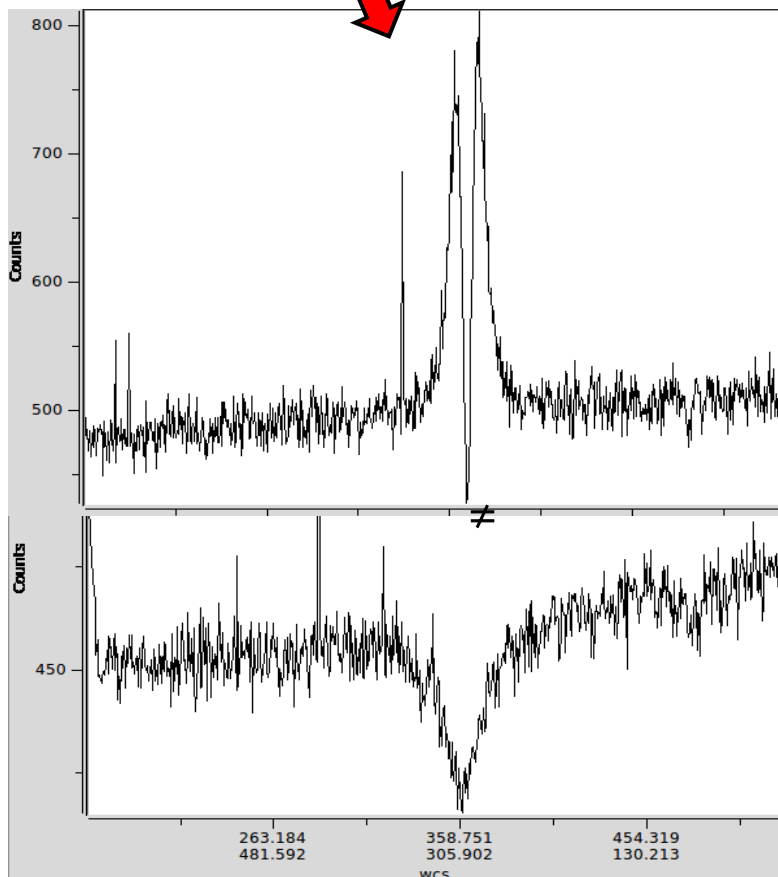
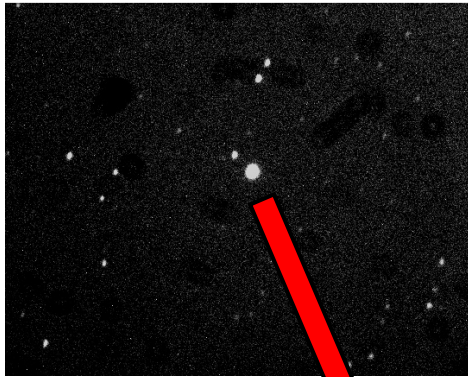
4.1 Évolution stellaire

Louise Mousset



4.2 Physique de l'émission / absorption des étoiles Be

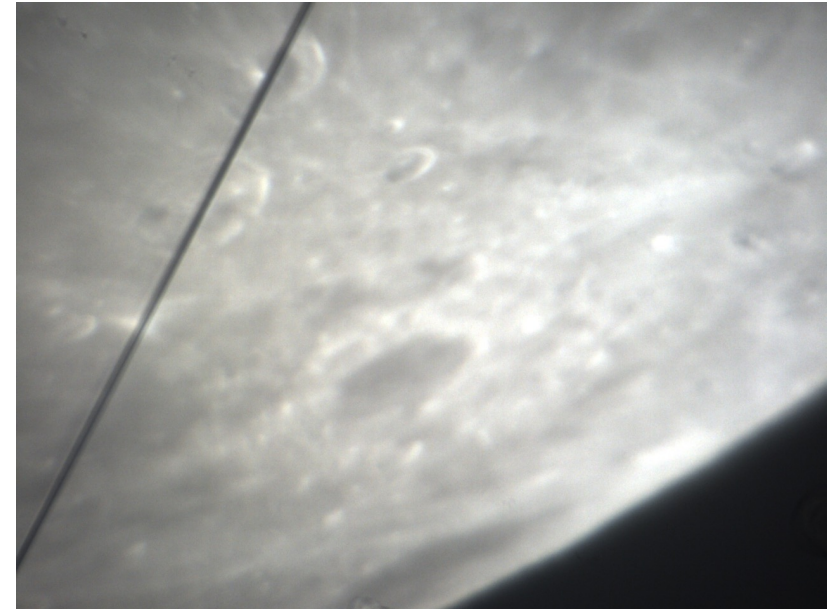
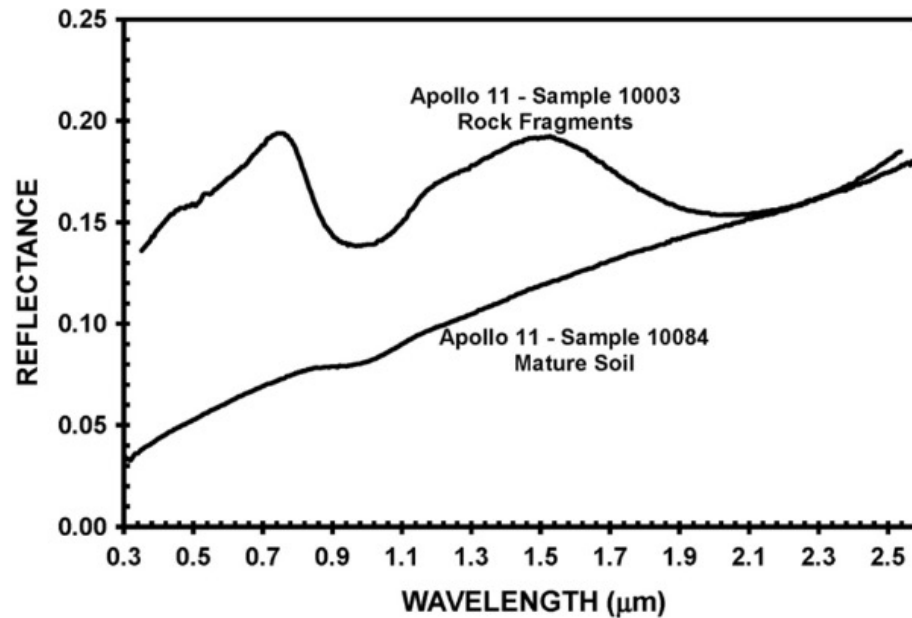
Léa Dumilly



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

Alex Jacquesson



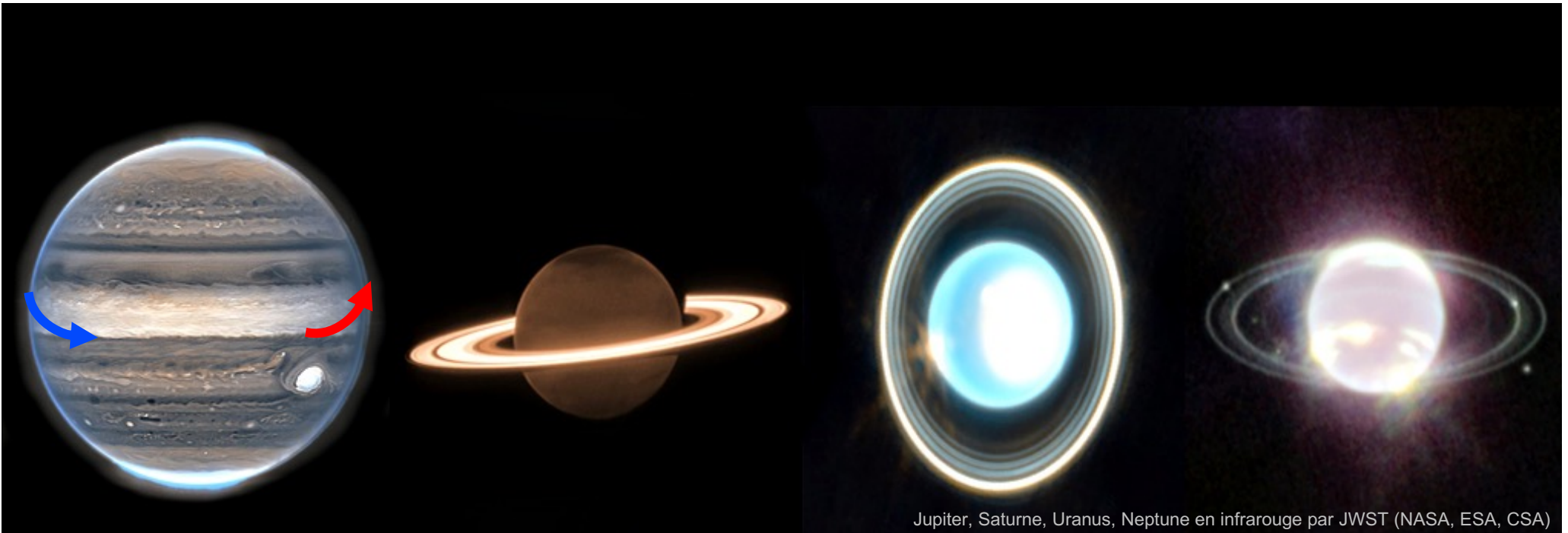
- Quelles sont les différences d'un point de vue spectral entre différents terrains lunaires?
- Qui est plus vieux de qui ?
- + contexte historique de la Lune !

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

Hervé Dole



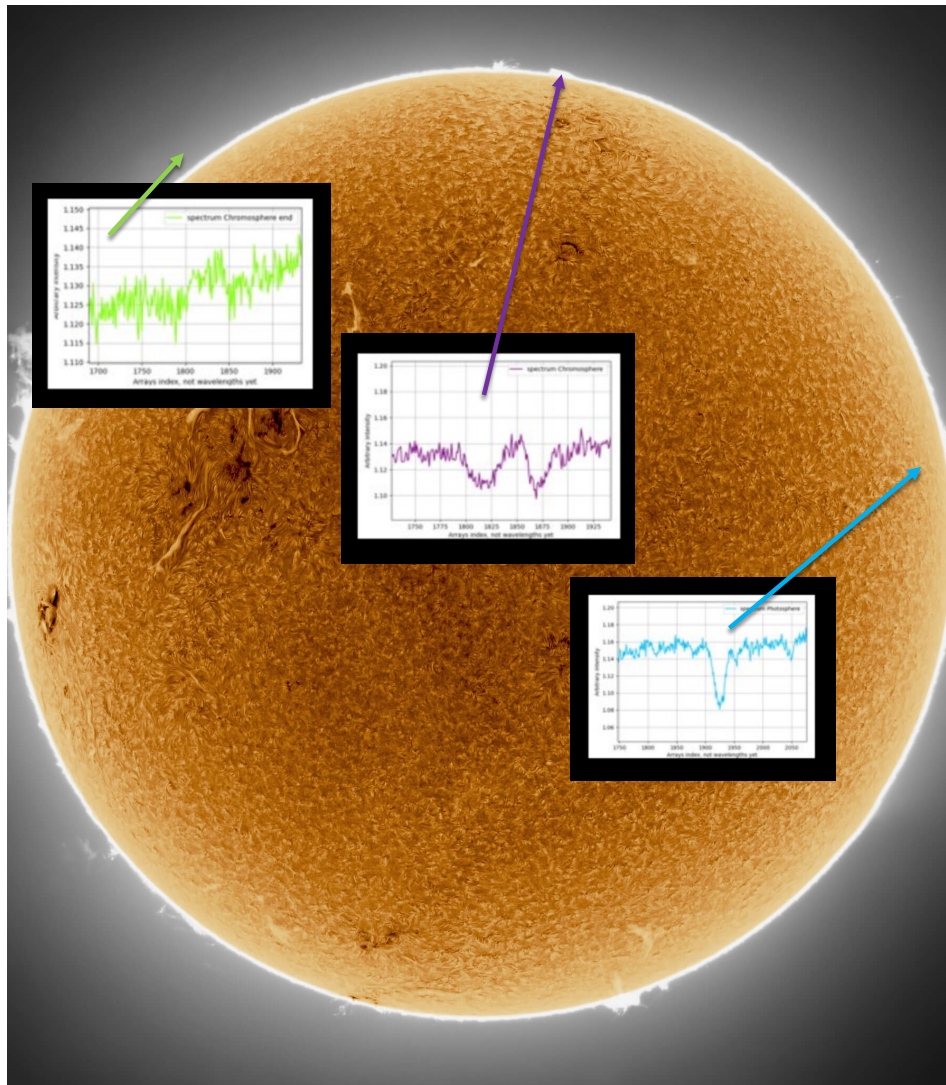
Jupiter spectrum (5min exposure) C. Buil



Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune en infrarouge par JWST (NASA, ESA, CSA)

4.5 Limbe solaire et raie Ha

TBD



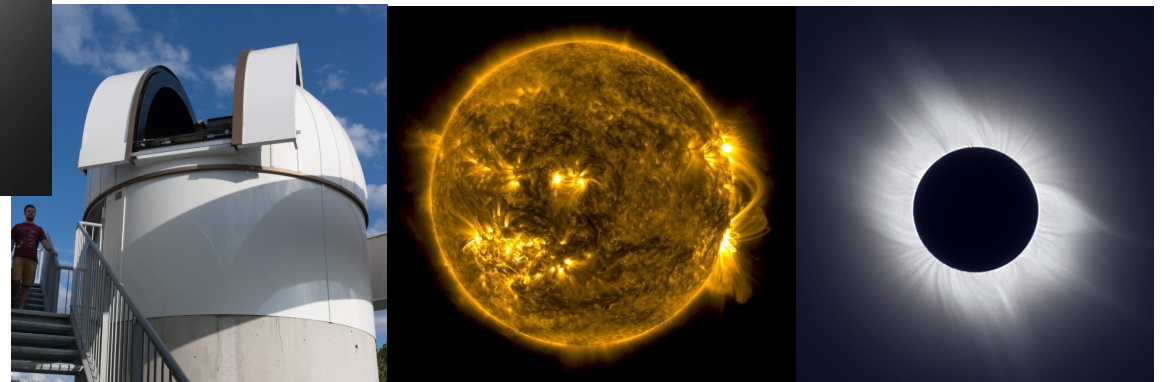
Objectifs : regarder l'évolution du profil d'une raie de l'hydrogène à la surface du soleil et l'interpréter.

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



Sujets décrits dans
la section 4 du poly

1. Votre adresse email académique (Paris-Saclay) svp
2. Votre nom
3. Votre prénom
4. Votre formation actuelle
5. Votre option d'astro actuelle
6. Votre filière l'année passée ? (et lieu si pas université Paris-Saclay)
7. Votre CHOIX numéro 1 du TP spectroscopie coupole (sujet préféré)
8. Votre CHOIX numéro 2 du TP spectroscopie coupole (sujet 2^e choix)
9. Votre CHOIX numéro 3 du TP spectroscopie coupole (sujet de secours)

PA, magistère, ENS

AA ou ACO

différent du 1^{er}

différent des 2 autres

B. Introduction théorique:

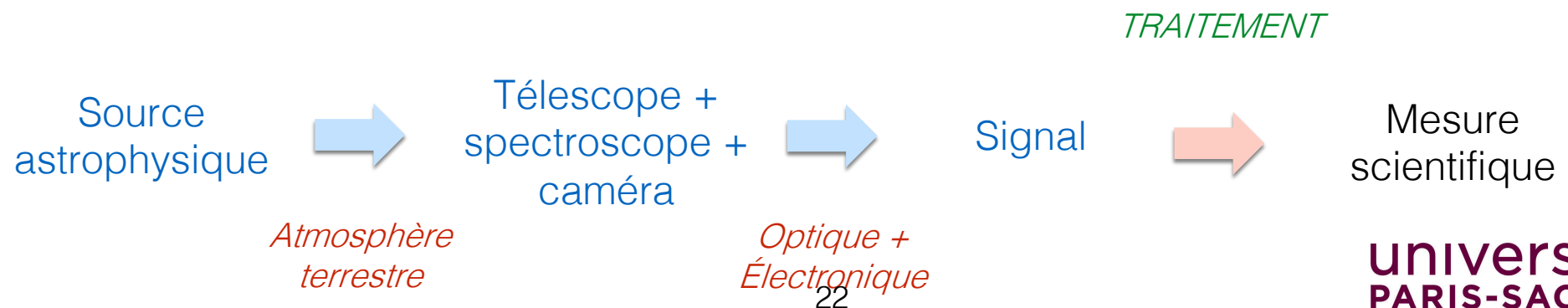
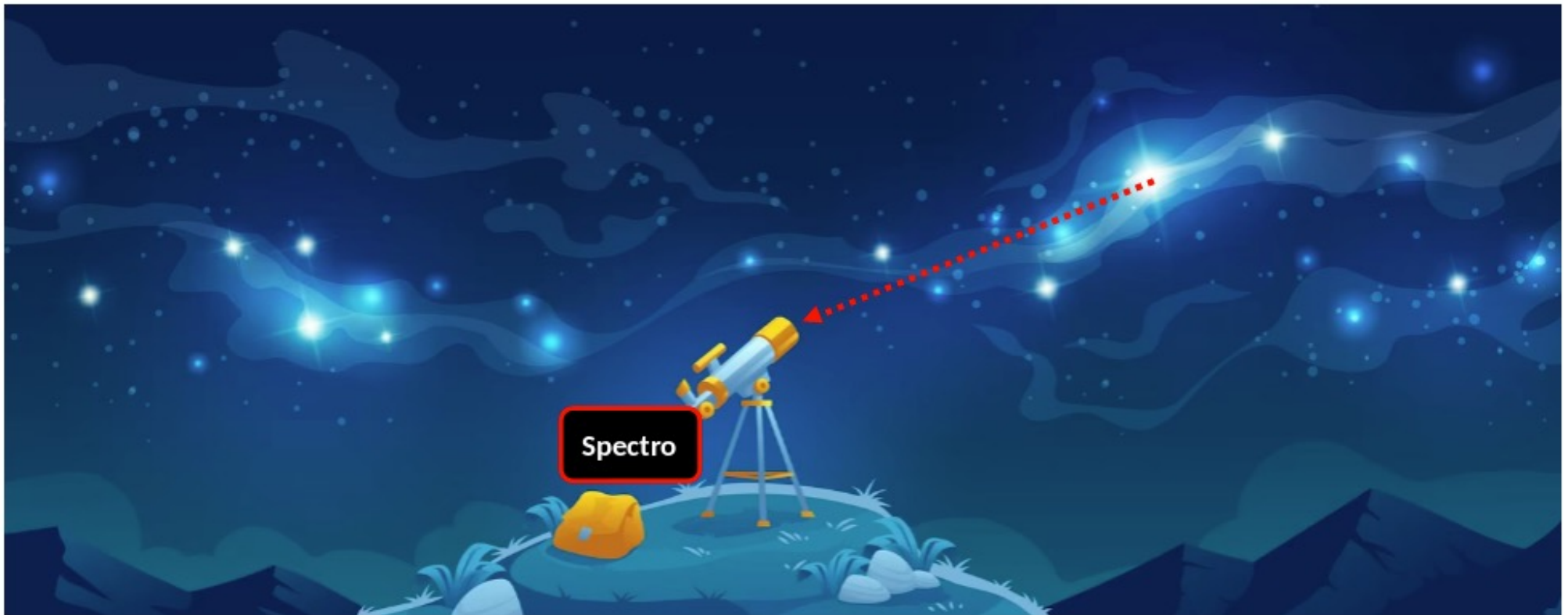
Comment traiter les données acquises au télescope ?

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
systematique et aléatoire

Data = Source + 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 =
ce qu'on veut
vraiment !

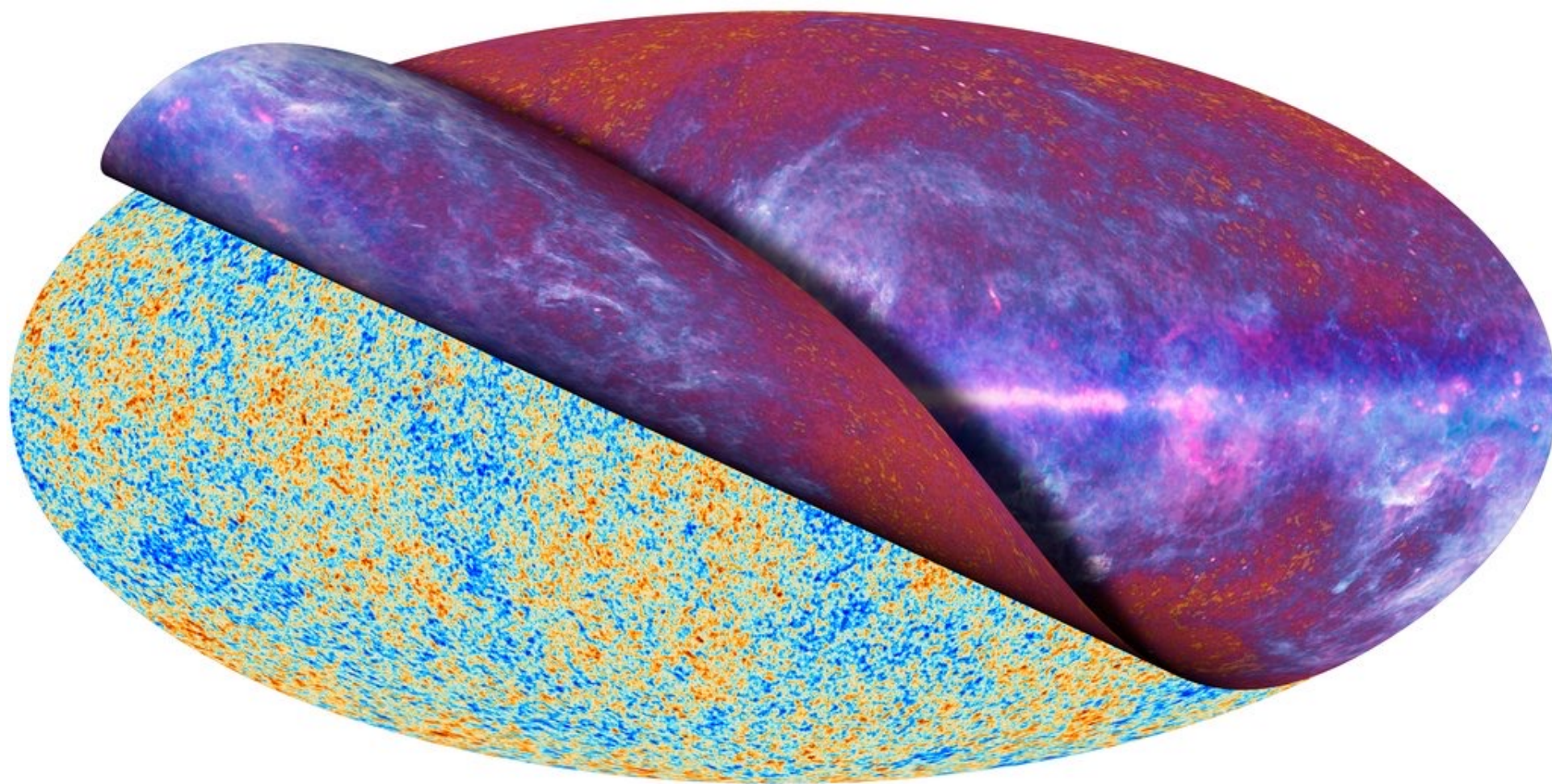
à minimiser !

Signal ? Bruit ?

Signal ? Bruit ?

Signal : information recherchée dans un contexte donné.

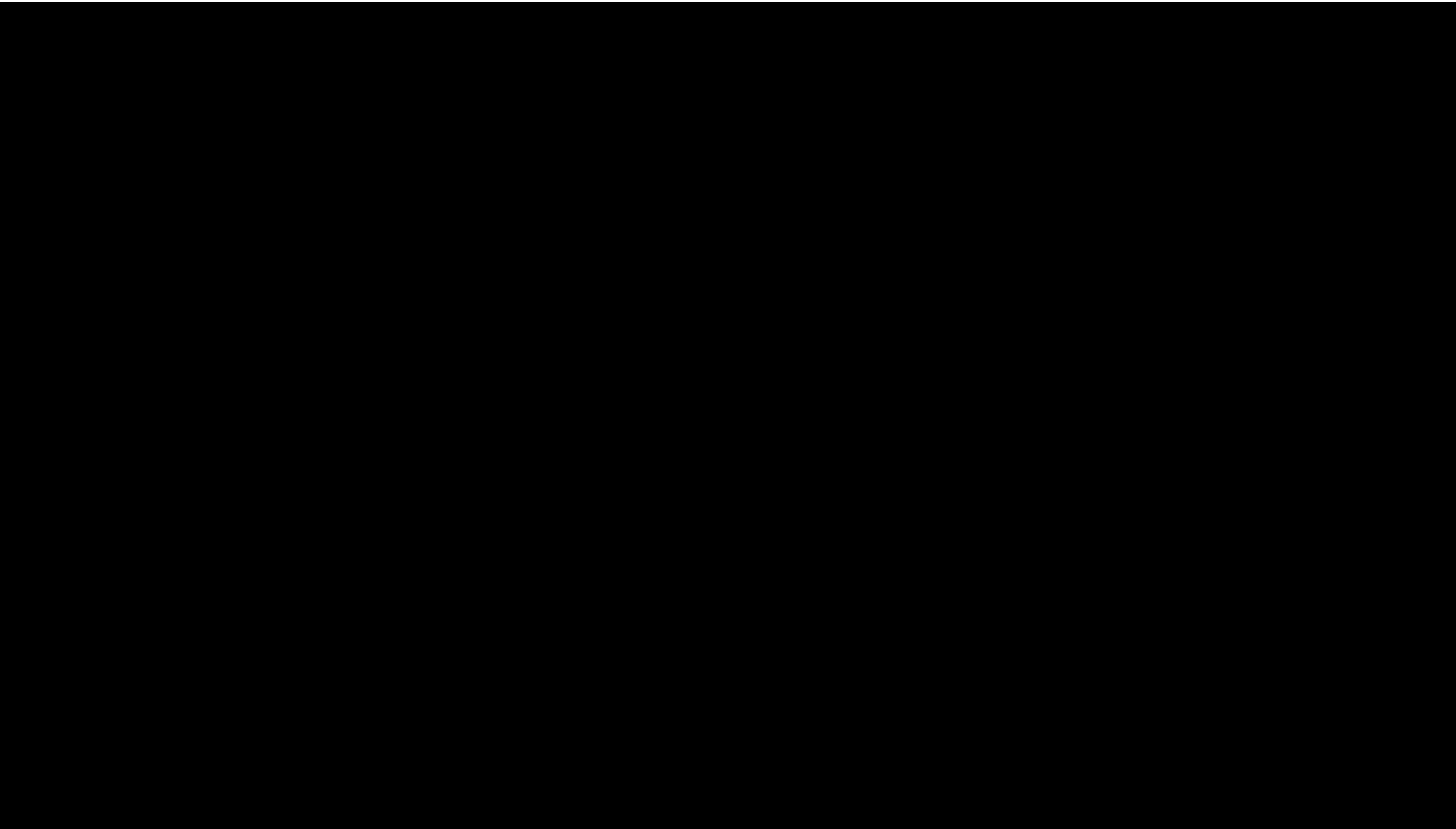
Bruit: toute information ou processus indésirable dans ce même contexte



Planck CMB & foregrounds

ESA, Planck Consortium incl. IAS

-> Made in Europe



Euclid image

ESA, Euclid Consortium incl. IAS
-> Made in Europe

2. Modèle linéaire des données

$$\text{Data} = A * \text{Source} + B1 + B2$$

Observation :
ce qu'on
mesure

un gain
multiplicatif

le signal
recherché !

bruits
aléatoires

bruits
systématiques

2. Modèle linéaire des données

$$\text{Data} = A * \text{Source} + B1 + B2$$

Observation :
ce qu'on
mesure

un gain
multiplicatif

le signal
recherché !

bruits
aléatoires

bruits
systématiques

$A \rightarrow$ flat field

$B1 \rightarrow$ N obs

$B2 \rightarrow$ 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 éclairage 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 !!!

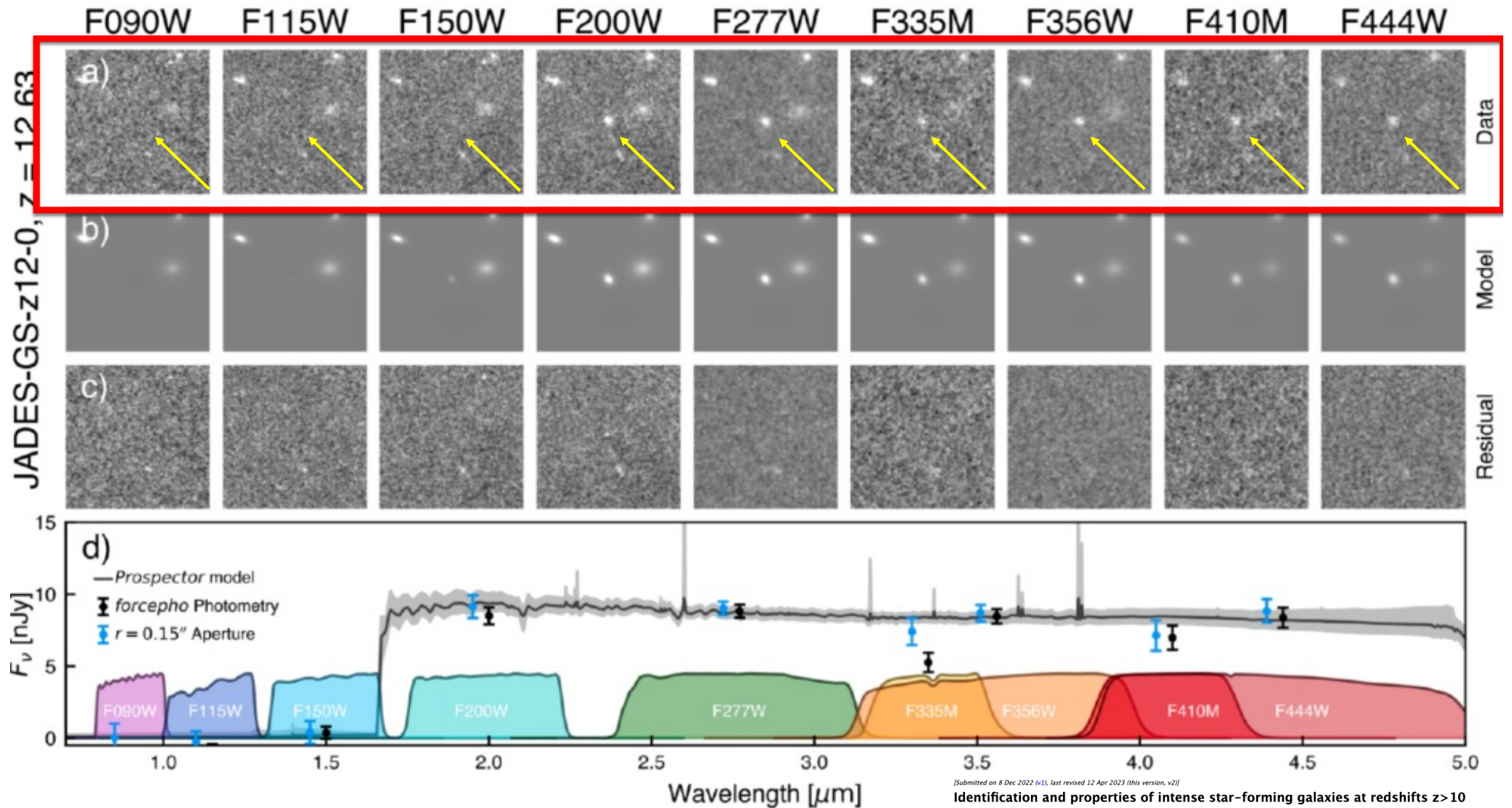
Cf poly de TP section 3.4

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

3. Signal, biais et bruits

Critère de qualité, indice de « confiance » :

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



[Submitted on 8 Dec 2022 (v1), last revised 12 Apr 2023 (this version, v2)]

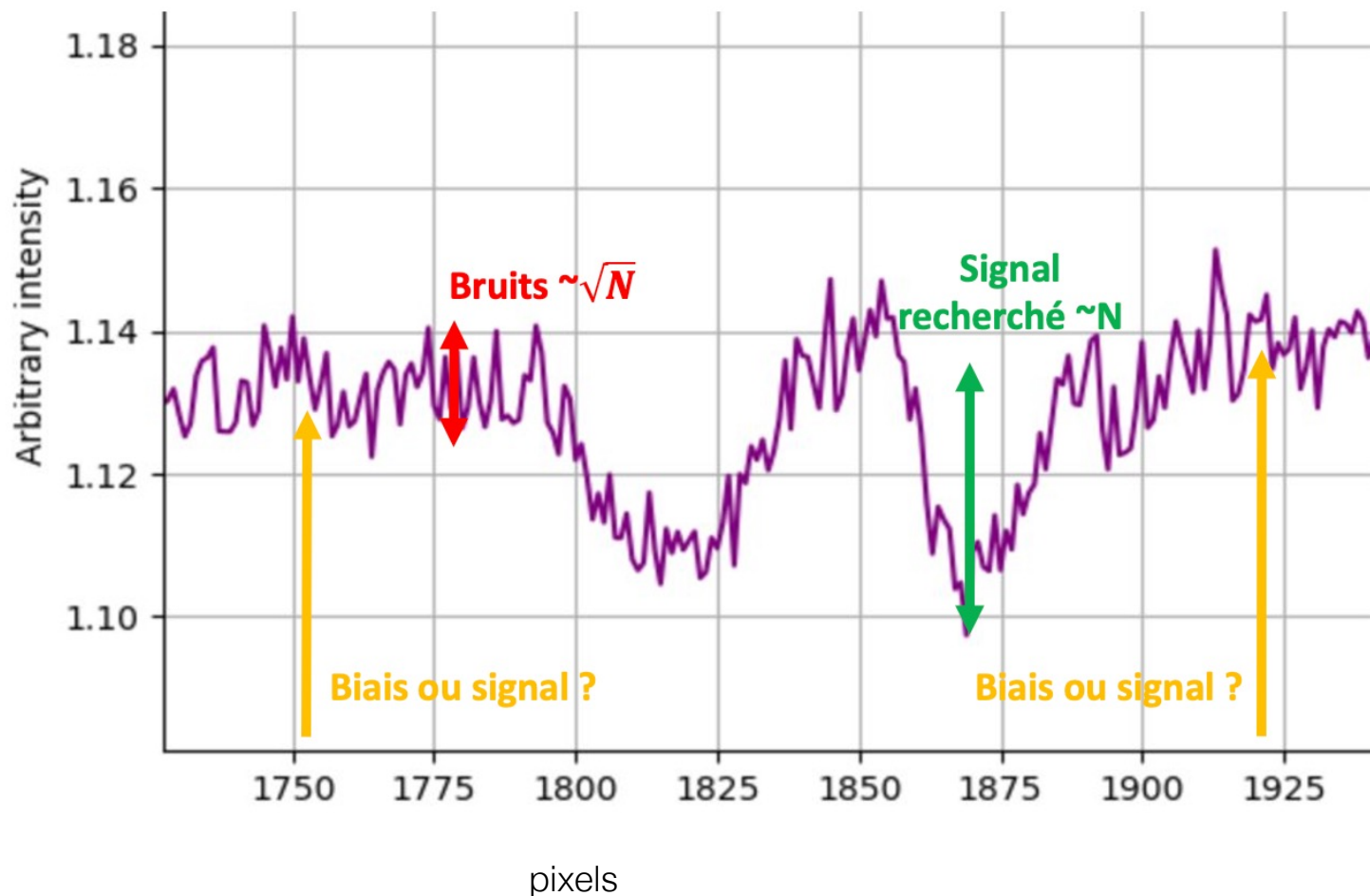
Identification and properties of intense star-forming galaxies at redshifts $z > 10$

B. E. Robertson (1), S. Tacchella (2, 3), B. D. Johnson (4), K. Hainline (5), L. Whitler (5), D. J. Eisenstein (4), R. Endsley (6), M. Rieke (5)

3. Signal, biais et bruits

Critère de qualité, indice de « confiance » :

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



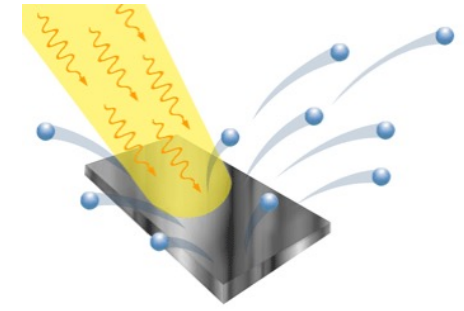
$$SNR = \frac{S}{B} = \frac{N}{\sqrt{N}}$$

4. Le détecteur CCD

Charge-Coupled Device

Conversion de photons en électrons

Pixels (picture element) = cellules réceptrices

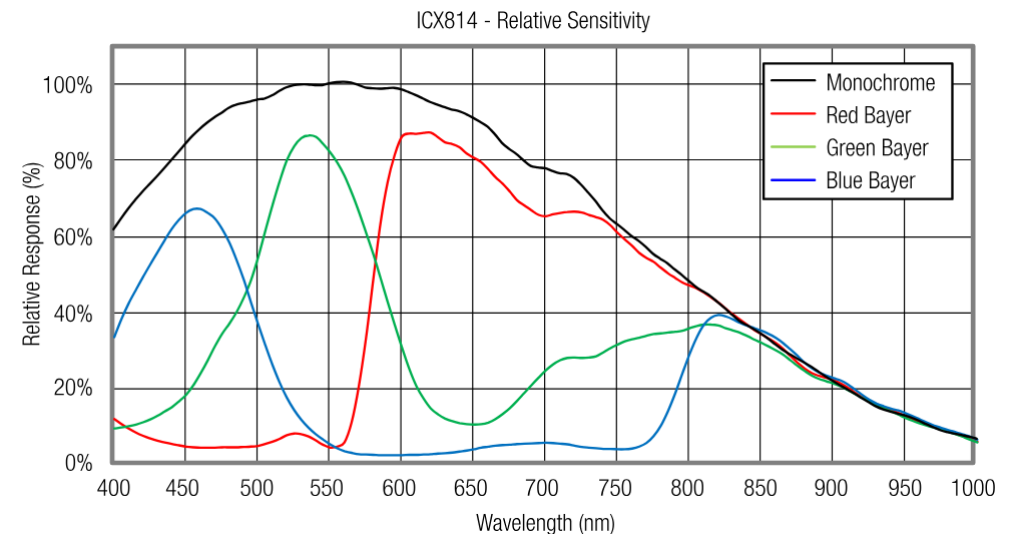


Le CCD compte les électrons :

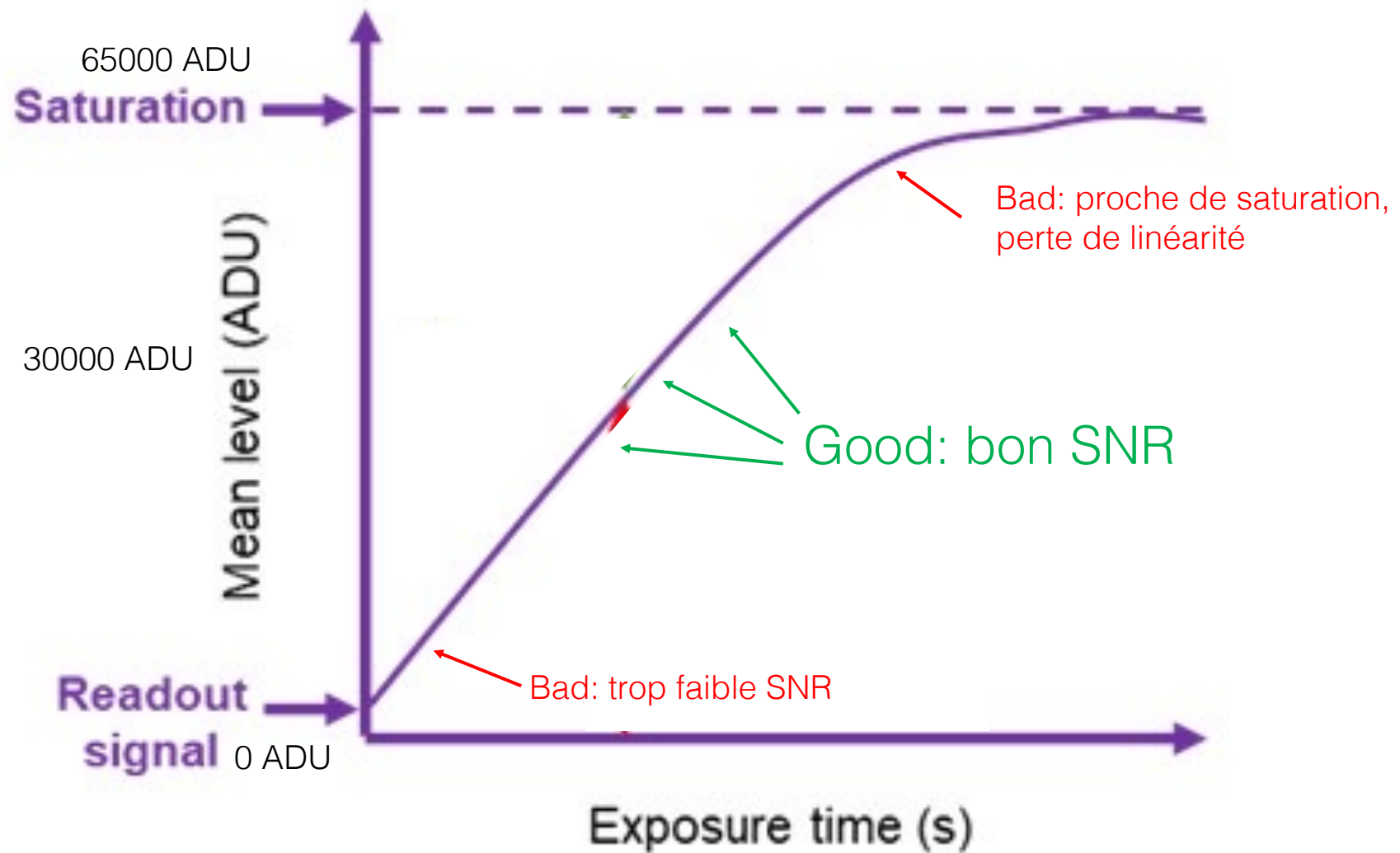
- issus des photons reçus de la cible
 - créés par agitation thermique ou rayons cosmiques
- > On le refroidit à -15C pour minimiser les effets thermiques

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 idéal 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 d'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

Choix des sujets 1/2



1. Votre adresse email académique (Paris-Saclay) svp



2. Votre nom



3. Votre prénom



4. Votre formation actuelle

PA, magistère, ENS



5. Votre option d'astro actuelle



6. Votre filière l'année passée ? (et lieu si pas université Paris-Saclay)

AA ou ACO



7. Votre CHOIX numéro 1 du TP spectroscopie coupole (sujet préféré)



8. Votre CHOIX numéro 2 du TP spectroscopie coupole (sujet 2è choix)

différent du 1er



9. Votre CHOIX numéro 3 du TP spectroscopie coupole (sujet de 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



Accédez à
MyDock

Pour le devoir maison (DM)

1. Se connecter à MyDocker



2. Ouvrir l'interface (et attendre les 8 étapes)

AstroPhys [Python + Libraries]

2 days ago

Logs

AstroPhys START : Click below

Connect to the interface

If there is a problem or if the environment is unresponsive, you can turn it off and request a new one.

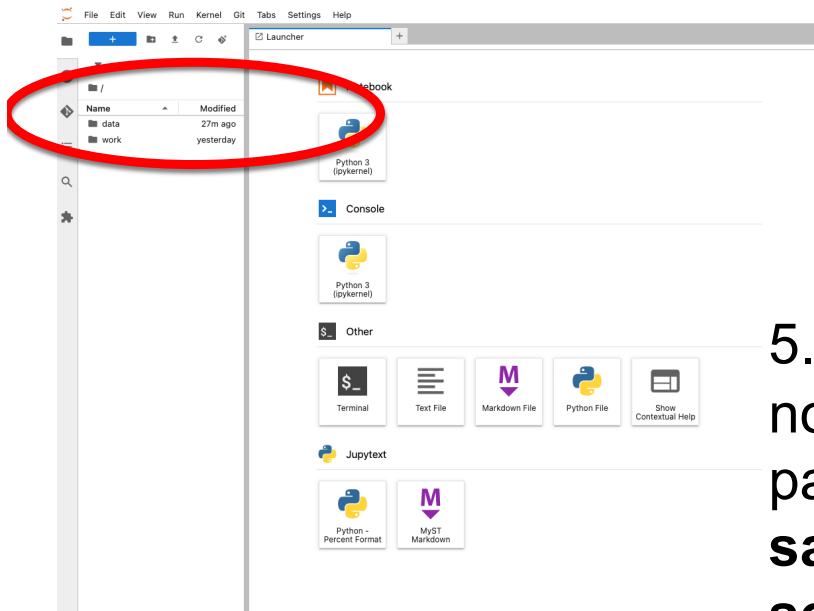
Shutdown the environment

Edit course

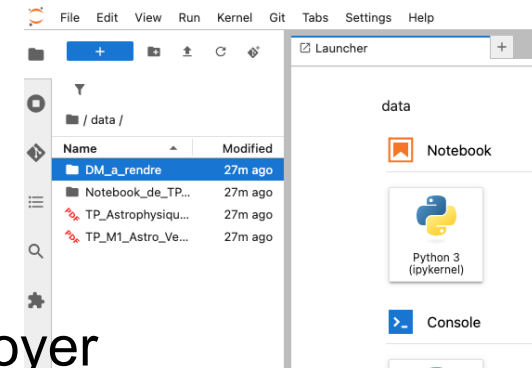
AstroPhys is a Jupyter work for M1 and L3. Astrophysics concepts, tools, data analysis, models. Also TP couple in the hbar observatory and radioastronomy, and related astrophysics projects. Python. Includes astrophysics and cosmology libraries.

TP astrophysique M1 et L3 : concepts, outils, analyse de données, modèles. Aussi TP couple et projets en radioastronomie ou autre. Python et librairies astrophysiques et cosmologie.

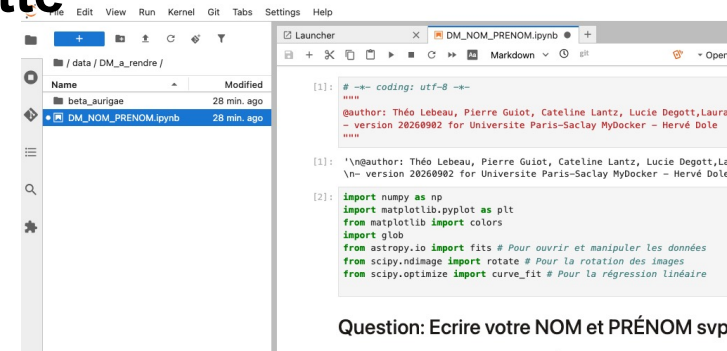
3. Regarder en haut à gauche: data et work



4. Copier DM_a_rendre dans work



5. Dans work : éditer le notebook (et vous l'envoyer par email car pas de sauvegarde cette semaine)



Exécuter, compléter et envoyer
DM_NOM_PRENOM.ipynb par email