

# PheSat 2024-2026

Conclusion du projet PheSat 2024-2026

et

Les Phemus d'amalthée et de Thébé  
2026-2027

Ecole de photométrie  
26 juin 2026

Michael Irzyk,  
Vincent Robert, Thierry Midavaine



# Sommaire

- Rapide présentation du projet
- Le planning et les acteurs
- Une vraie réussite en quelques chiffres et exemple de résultats
- Amalthée Thébé 2026-2027



A black and white composite image of Saturn and its rings, with three moons in the foreground. The rings are prominent in the center, showing various bands of light and dark. The moons are positioned in the lower half of the frame, with one larger moon on the right and two smaller ones on the left. The text is overlaid on the right side of the image.

Présentation  
rapide du projet  
phesat 2024-2026

# Les phénomènes Mutuels

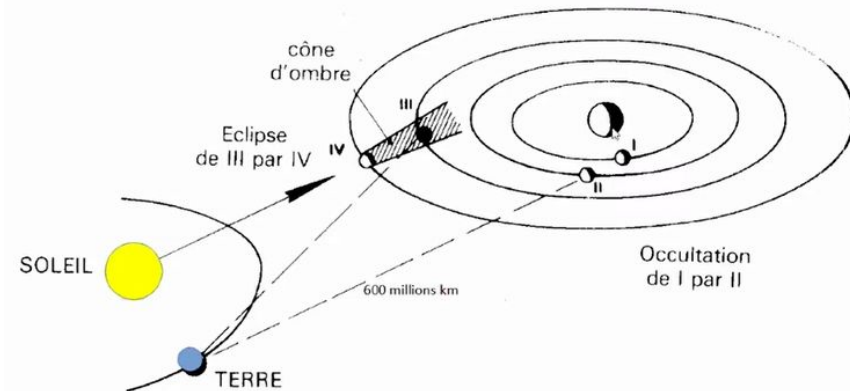
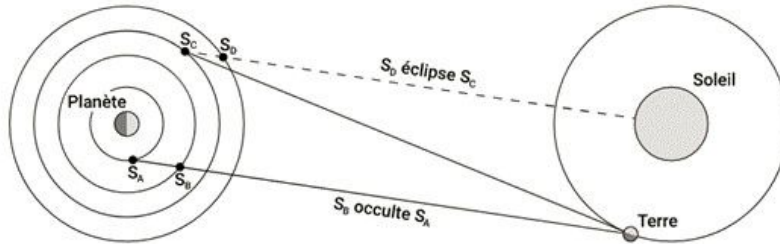
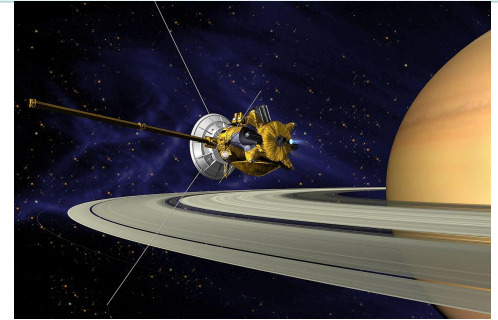
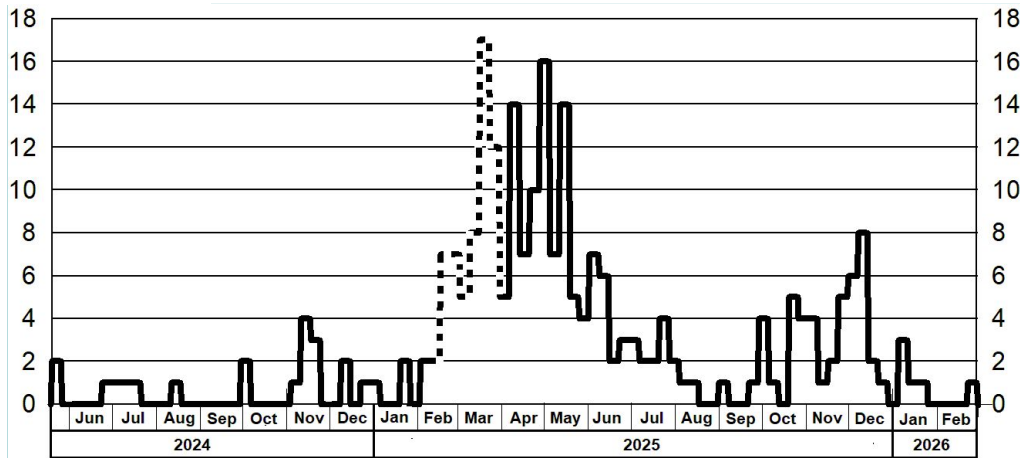


Illustration B. MORANDO  
Le Guide de l'observateur Tome1, 1987

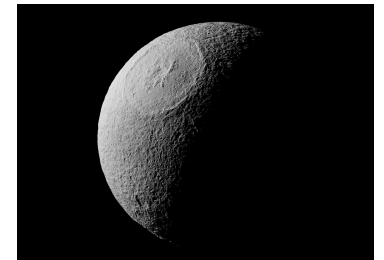
- Dans la continuité des observations des phénomènes mutuels bien connu de la communauté (1)
- Les courbes de lumière permettent une mesure très précise de la position relatives des satellites :typiquement qqes milli-arcseconds.
- Précision des éphémérides
- Tous les 6 ans pour Jupiter, Tous les 15 ans pour Saturne

\*1 ( Phemu2021 et précédent, Pascal André :  
<https://www.youtube.com/watch?v=pptlpBleV5E&t=2548s> )

# Les phénomènes mutuels de Saturne



- Pour la campagne 2024-2026 :
  - Peu d'événements visibles ( beaucoup moins que pour jupiter)
  - Difficile ( mag 10 - 11 )
  - Luminosité des anneaux , et de saturne ...
  - Satellites pas résolus ( pas de belles animations avec passage d'ombre ... )
  - Financement dans le cadre ProAm Gemini
- Ephéméride bien connu grâce à la mission Cassini (qqes (2) mas)
- => besoin d'être "précis" pour une contribution.
- 1 mas => ~6.5km au niveau de saturne



tethys : mag 10.2  
ang. diameter :150 mas

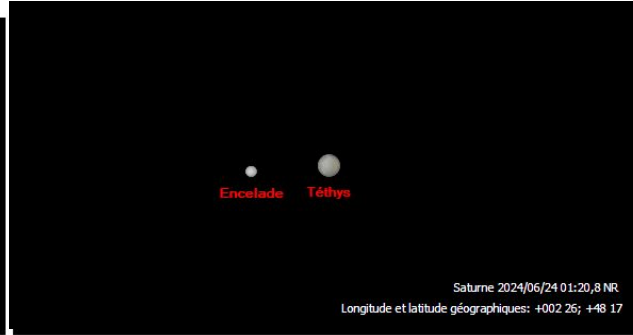
# Par exemple : Encelade Occulte Tethys

Image de simulation :



24 juin 2024

Encelade occulte Tethys ( 203 )

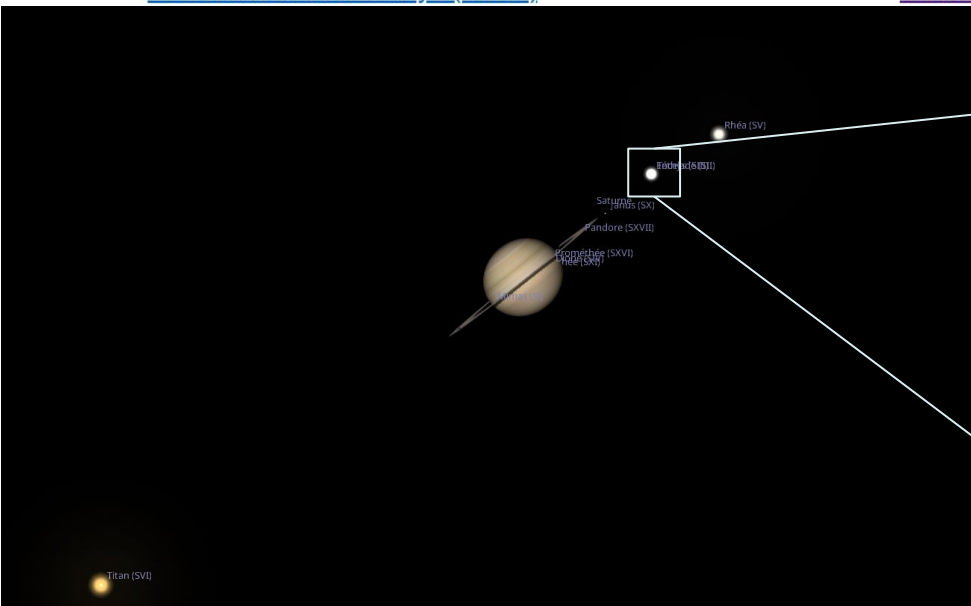


1h31min02s - 1h36min34s

Delta Mag 0,2



soleil : -15°



2024-06-24 01:33:47 UTC

1.00" x 1.00"

	X (")	Y (")	m
Mimas (601)	43.462	-4.378	13.13
Enceladus (602)	0.113	-0.016	11.93
Tethys (603)	0	0	10.53
Dione (604)	28.818	-4.549	10.63

2024-06-24 01:33:47 UTC

1.51" x 1.51"

	X (")	Y (")	m
Mimas (601)	42.966	-4.251	13.13
Enceladus (602)	0	0	11.93
Tethys (603)	0	0	10.53





# Les liens

<https://gemini.obspm.fr/20240215-photosat/>

<https://sf2a.eu/proceedings/2024/2024sf2a.conf.489R.pdf>

<https://gemini.obspm.fr/wp-content/uploads/2024/11/20240215-photosat-lainey.pdf>

<https://www.youtube.com/watch?v=pptlpBleV5E&t=2548s>



Le planning  
et Les acteurs

# Sélection des évènements

Liste des événements 2025



<i>Etape</i>	<i>Nombre</i>	<i>Notes</i>
Mai / Juin 2024	1	un événement "0" pour test
S2 2024	3	
Mai-juillet 2025	4	
octobre-décembre 2025	9	
2026	1	
Total	18	

Liste d'événement disponible sur :

[http://www.astrosurf.com/whitebridge/phesat/index\\_phesat.html](http://www.astrosurf.com/whitebridge/phesat/index_phesat.html)



# Les acteurs

T82 Adagio

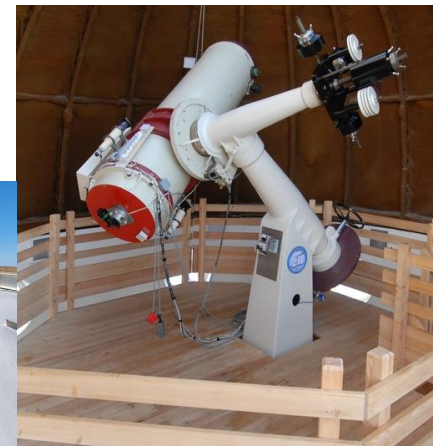


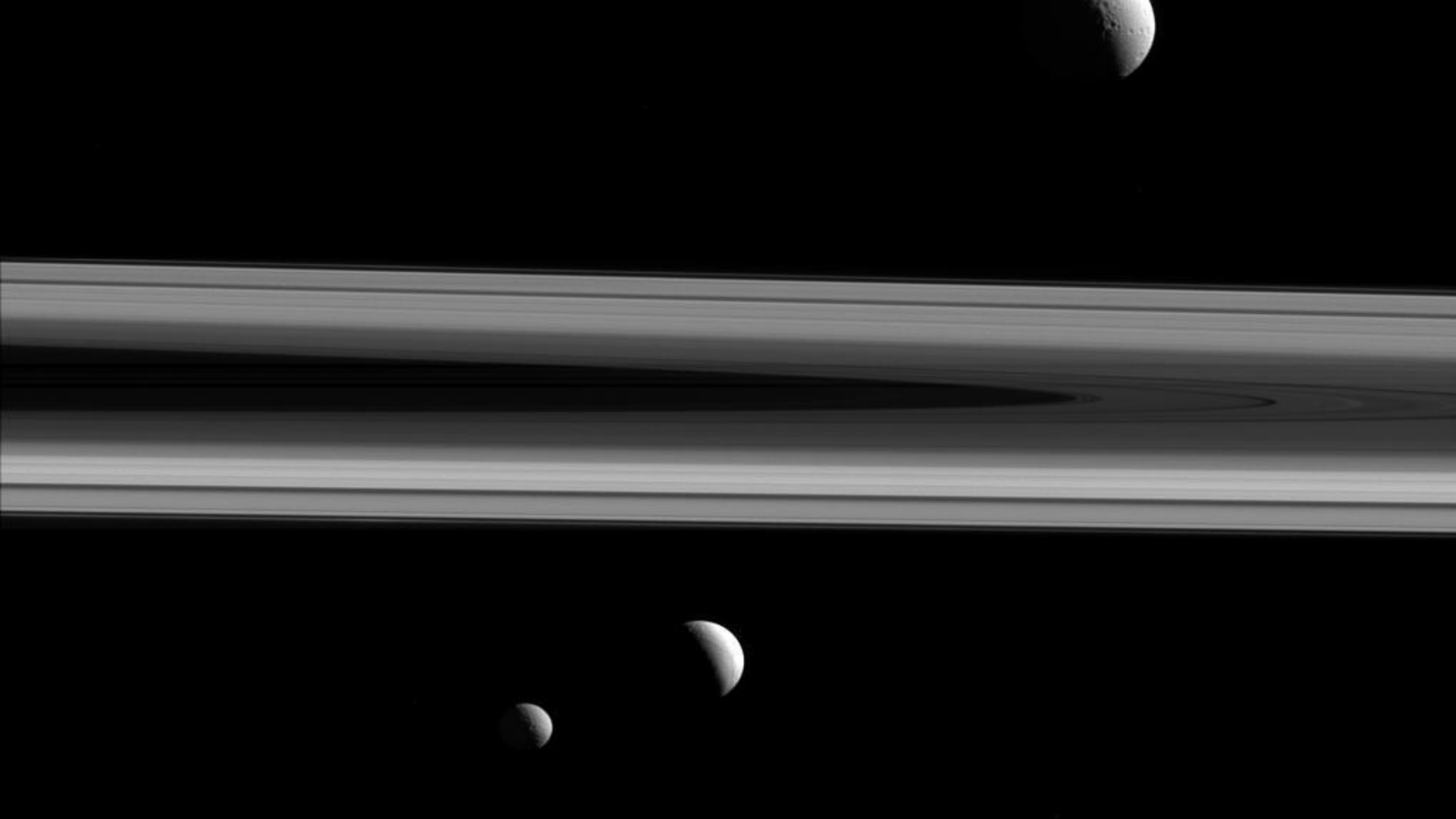
Le TJMS



Les contributeurs initiaux étaient le T82 adagio, le T50 du pic du midi et le TJMS .

Plusieurs contributeurs sont venues se joindre au projet et ont apporté plusieurs contributions, bienvenues étant donné les aléas météos.



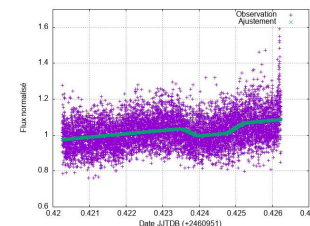
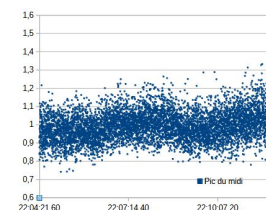


Les Phesats 2024-2026 :  
Une vrai réussite

# Conclusion (partielle) 1/2

Nombre d'événements planifiés	18	
Nombre d'observations	38	
Nombre d'événements observés	12	
Nombre de jeux de données utilisables	29	
Nombre d'événements avec des données utilisables	9	(satellites trop proches des anneaux)
Nombre de participant	25+	

- Modification par Vincent Robert d'un code (fortan) écrit par Eléonore Saquet en 2015 pour l'obtention des O-C



[https://theses.hal.science/tel-01887821v1/file/saquet\\_archivage\\_2017.pdf](https://theses.hal.science/tel-01887821v1/file/saquet_archivage_2017.pdf)



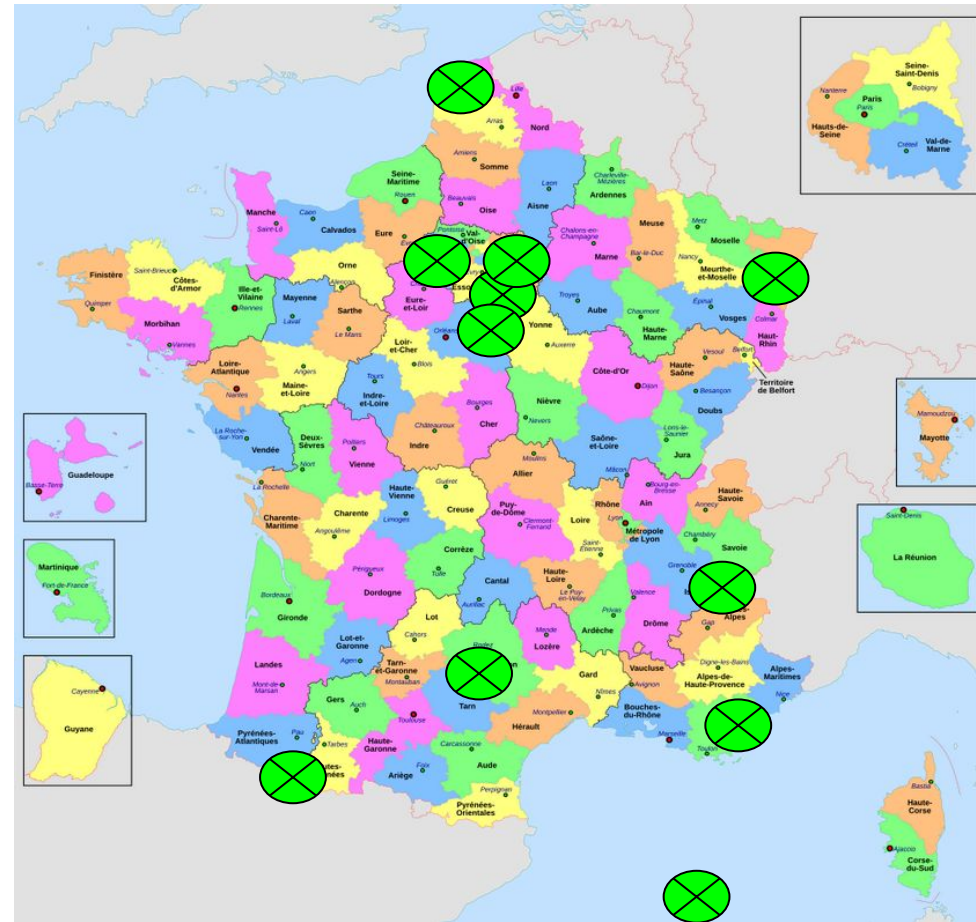
# Événements Observés

numéro	Date	début	fin	type	durée	magnitude	delta mag	nombre de data dispo
1	2024 6 24	1 31 02	1 36 34	203	5.5	10.3	0.206	6
2	2024 11 14	21 10 34	21 21 2	1E3	10.5	10.4	0.255	1
3	2024 11 16	18 9 36	18 16 46	1E3	7.2	10.4	0.119	1
4	2024 12 13	19 43 8	19 45 23	1E2	2.2	11.7	0.445	0
5	2025 5 30	2 26 08	2 33 20	4E5	7.2	9.5	0.386	1
6	2025 7 10	0 45 23	0 47 8	3E2	1.8	10.2	0,03	4
7	2025 7 10	2 13 10	2 17 08	1E5	4	9.8	0,07	4
8	2025 7 27	22 49 24	22 50 45	1E2	1.3	11.5	1.511	0
9	2025 10 1	0 51 19	0 53 41	301	2.4	10.2	0.099	7
10	2025 10 2	22 8 45	22 11 17	301	2.5	10.2	0.099	2
11	2025 10 2	23 40 49	23 42 15	302	1.4	10	0.054	2
12	2025 10 21	21 30 19	21 33 11	305	2.9	9.2	0.251	0
13	2025 11 2	23 38 14	23 39 27	203	1.2	10.1	0.206	2
14	2025 11 6	18 24 48	18 26 14	403	1.4	9.7	0.166	0
15	2025 11 9	0 6 39	0 18 17	205	11.6	9.6	0.105	3
16	2025 11 26	19 24 19	19 31 9	405	6.8	9.3	0.112	2
17	2025 12 9	21 37 29	21 38 32	401	1	10.4	0.097	0
18	2026 1 15	18 43 59	18 46 59	203	3	10.4	0.206	3

Total	38
-------	----

# Distribués sur toute la France

- Une couverture nationale
- Plus d'une trentaine de mesures
- Plus de vingt participants
- Des sessions collectives avec des néophytes en photométrie (CPS du TJMS)
- Un peu de datas : + de 300Go de données

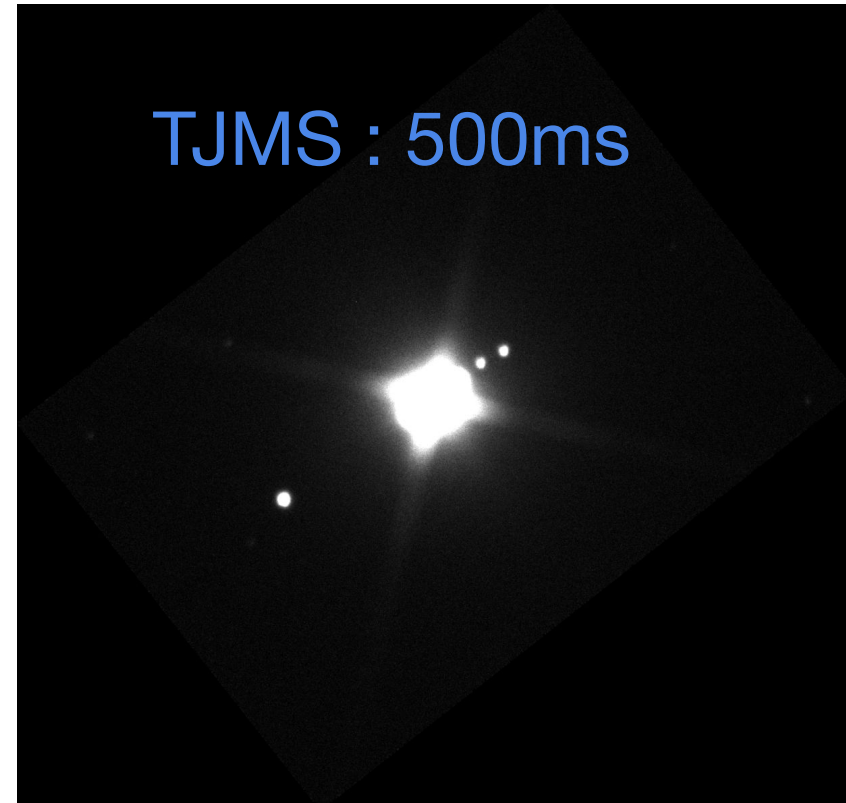
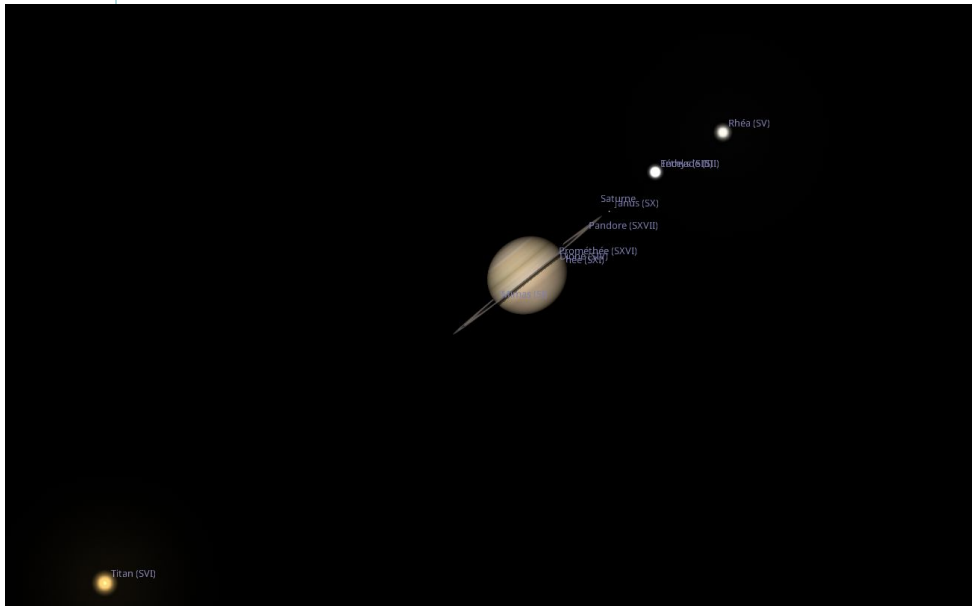




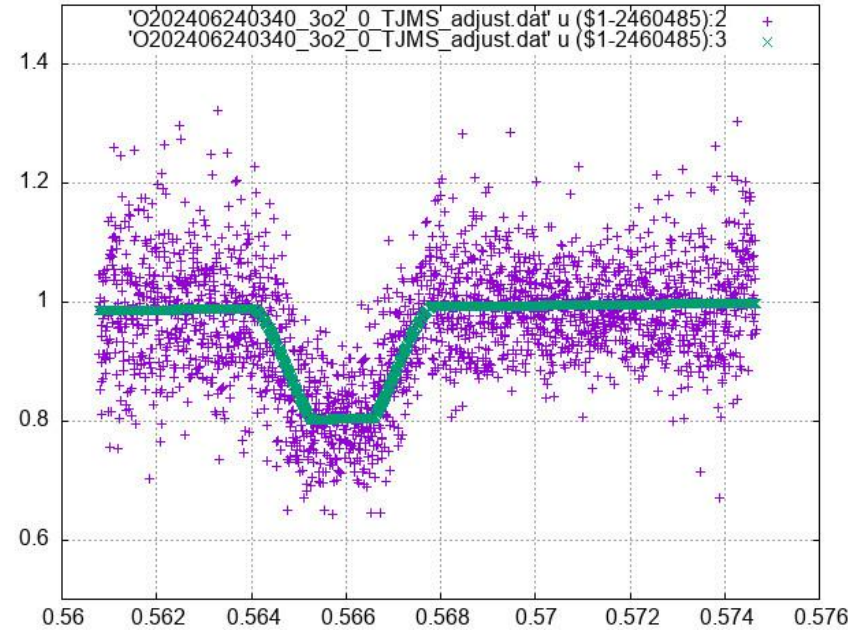
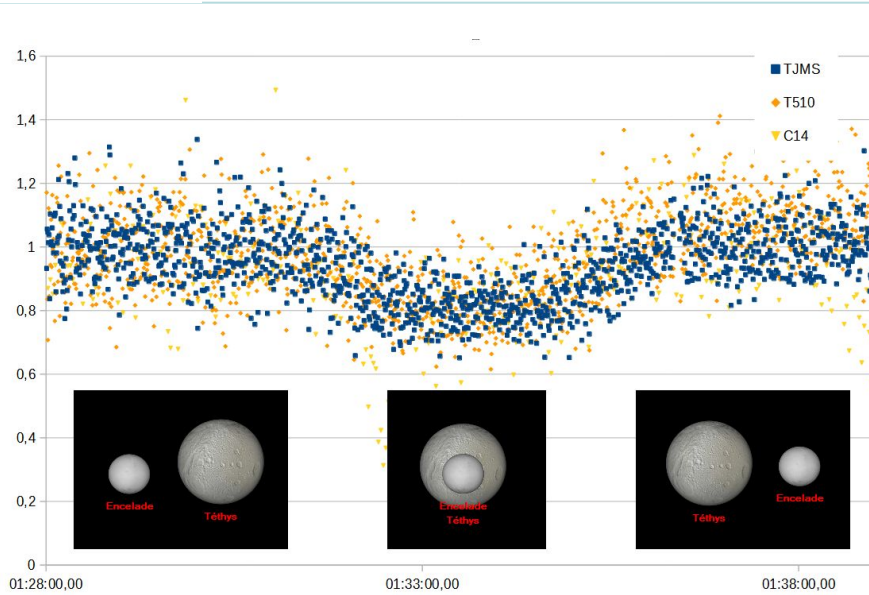
exemple de résultats

# Quelques exemples : 24 juin 2024

- Observation coordonnées de 3 télescopes au Centre d'Astronomie Jean-Marc Salomon
  - le 600mm
  - le 500mm
  - le C14
- Tous débutants en Phesat :)

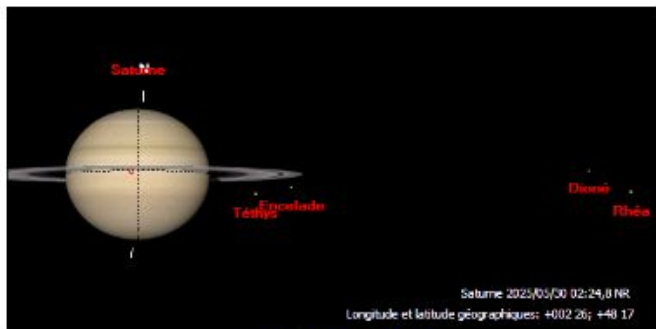


# Quelques exemples : 24 juin 2024 , TJMS



- O-C entre 0 et 4mas ( delta mag : 0,2 )





**30 Mai 2025**  
Dione Eclipse Rhea( 4E5 )

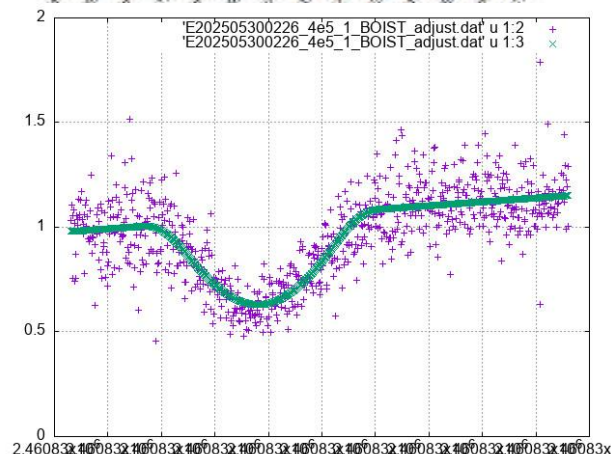
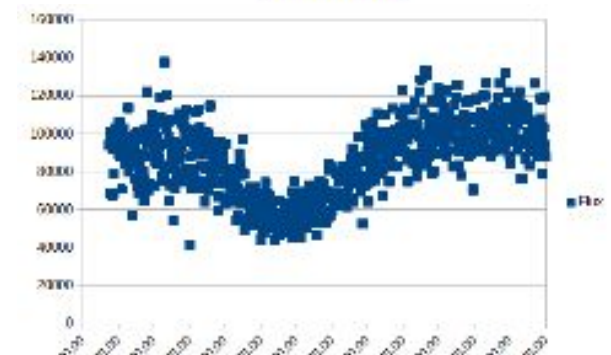


**2h26min08s 2h33min20s**  
Delta Mag 0,386

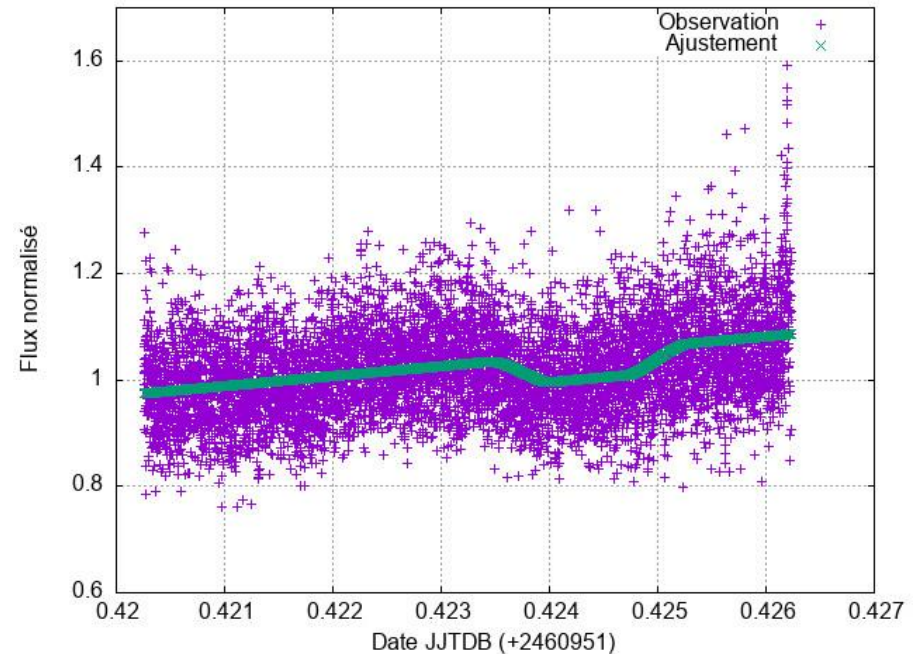
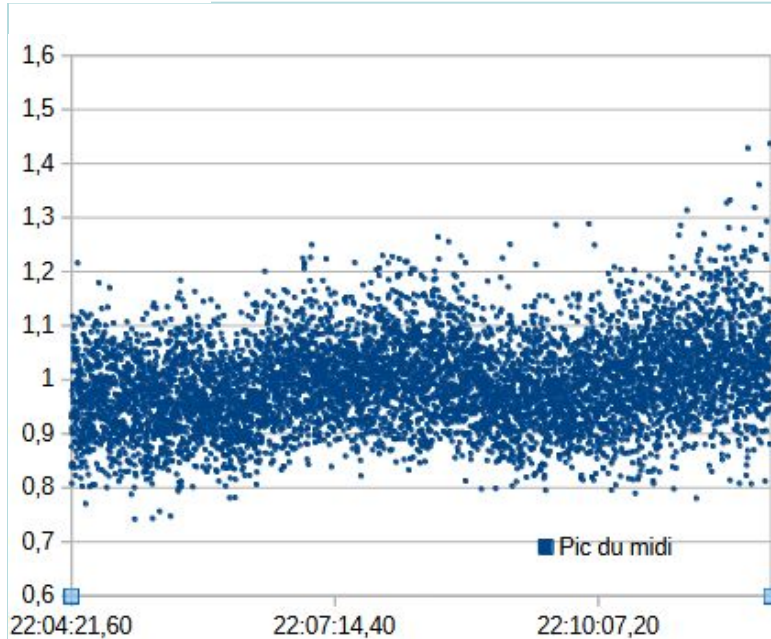


**soleil -11°**  
**Saturne +8°**

- Une observation particulièrement difficile car Saturne était à  $8^\circ$  au dessus de l'horizon
- Une mesure réalisée avec un C11 et un imx174 ( sans filtre) - Time Box2
- La chute de magnitude de  $\sim 0,4$  est facilement visible
- A noter : très bon tracking de pymovie, malgré la déformation de l'image dûe à la réfraction atmosphérique
- O-C de qqes mas ( delta mag 0.4 )



# Au Pic du midi : 2 octobre 2025



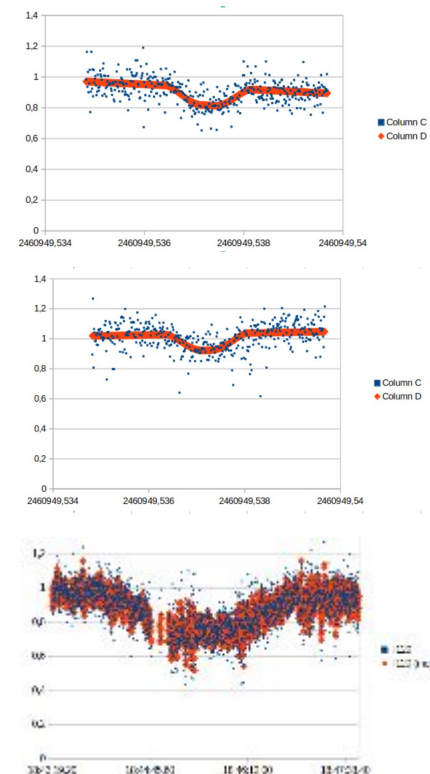
Tethys occulte Mimas mesuré Pic du midi par Jean Montanne  
Set-up Watec  
O-C : de l'ordre de 5 mas ( pour delta mag de 0.1 mag)

# Conclusion (partielle) 2/2

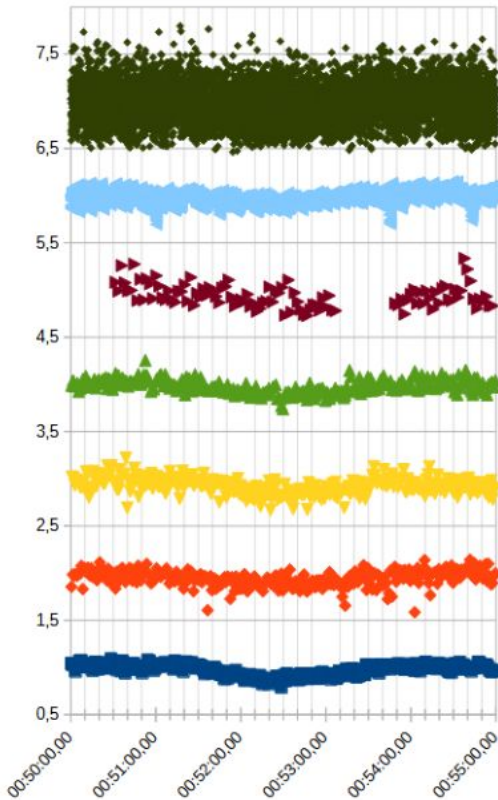
- Diametre : de 20cm à 60 cm et même 120 - T120 OHP
- Tout type d'instrument : C8, newton, cassegrain , CDK ...
- Tout type de profil : débutant à expérimenté

## Résultats :

- des O-C toujours de l'ordre de qqes milli-arc
  - exemple Tethys occulte Mimas O-C :< 4 mas (N250 & TJMS )
  - jusqu'à 1mas pour la "meilleure" mesure
- 
- Analyse finale à terminer
  - Publication à finaliser



# Conclusion



- Le diamètre "aide"
- mais l'ajustement de la mesure est tout aussi important
  - Mesure photométrique
  - Phénomène "long"
  - -> pas besoin de pose de 25ms ... les poses de 0.5 à 2 s ont très bien fonctionnés
  - -> pas besoin de monter le gain ( => avoir le max de dynamique)
- Eviter les caméras 8bits ...
- le couple 585 + timebox fait un très bon travail
- Eviter le vent, préférer l'altitude ( pas de surprise ... )
- Etre à l'heure

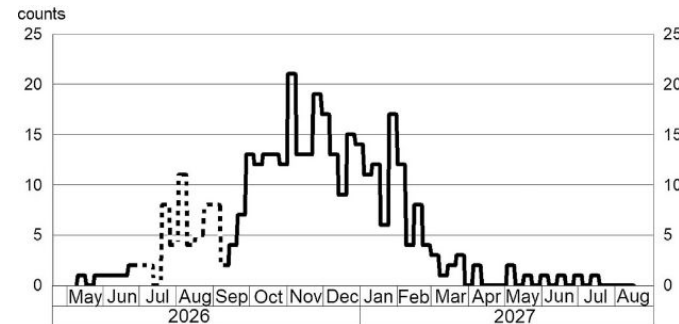
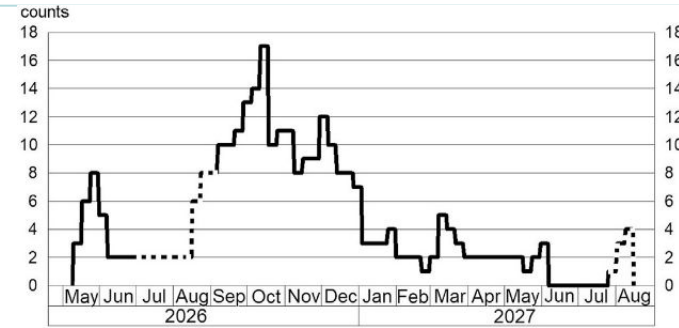


Phemu  
Amalthée  
et Thébé  
2026-2027

# Amalthée et Thébé

Une opportunité de faire les mêmes mesures sur Amathée et Phébé

Mais ...



Satellites	Periods of revolution	Eccentricity	inclination on Jupiter's equator (°)	Magnitude at opposition	Maximum elongation at opposition
Amalthea J-5	1.956296hr	0,003	0,4	14,1	59 arcsec
Thebe J-14	16.188hr	0,015	0,8	15,7	73 arcsec

# Amalthée et Thébé

Observatory N: 007 - Paris

Timescale: UTC.

Mutual events of satellites J1, J2, J3, J4 eclipsing J5:

Date	<u>begin</u> : h	m	s	end: h	m	s	Type	Dur(m)	Impact	m	$\Delta m$	limb(")	dist(")	Planet(°)	Sun(°)	Moon phase
2026	11	8	2 55 50	4	3	28	4E5	67.6	0.999	14.69	-	27.24	86.71	33.783	-38.022	0.076
2026	11	10	4 44 58	4	47	48	1E5	2.8	0.184	14.67	-	26.69	21.56	49.509	-20.771	0.066
2026	11	17	5 20 41	5	22	41	1E5	2.0	0.134	14.63	-	11.16	27.28	54.019	-16.446	0.484
2026	11	26	3 7 13	3	10	23	1E5	3.2	0.166	14.57	-	29.12	21.35	44.535	-40.108	0.879
2026	12	3	3 47 20	3	49	25	1E5	2.1	0.105	14.53	-	14.52	27.09	51.602	-34.856	0.369
2026	12	10	2 35 45	2	39	59	3E5	4.2	0.384	14.48	-	23.72	56.27	47.128	-47.415	0.070
2026	12	12	1 27 28	1	31	4	1E5	3.6	0.293	14.47	-	31.02	19.38	39.115	-57.273	0.184
2026	12	19	2 13 57	2	16	6	1E5	2.1	0.129	14.43	-	17.57	24.55	48.705	-51.742	0.627
2026	12	24	5 10 17	5	12	51	1E5	2.6	0.420	14.39	-	22.79	20.03	49.855	-23.813	0.975
2026	12	27	23 44 5	23	48	40	1E5	4.6	0.292	14.37	-	32.01	15.50	33.321	-64.594	0.697
2027	1	4	0 40 39	0	42	54	1E5	2.2	0.109	14.34	-	20.29	19.41	45.748	-62.620	0.230
2027	1	9	3 34 57	3	37	32	1E5	2.6	0.080	14.31	-	21.47	15.92	52.713	-39.840	0.079
2027	1	12	21 51 29	21	59	15	1E5	7.8	0.223	14.30	-	30.91	9.93	26.375	-52.808	0.309
2027	1	14	23 1 11	23	6	48	3E5	5.6	0.096	14.29	-	29.75	31.92	38.767	-60.097	0.442
2027	1	19	23 7 36	23	9	58	1E5	2.4	0.100	14.27	-	22.58	11.84	42.956	-59.510	0.801
2027	1	25	2 1 29	2	3	22	1E5	1.9	0.632	14.26	-	20.07	9.21	54.784	-52.030	0.802
2027	2	19	19 20 1	19	25	7	3E5	5.1	0.821	14.25	-	33.89	11.82	30.151	-20.575	0.912
2027	3	21	2 56 24	3	47	18	1E5	50.9	0.974	14.35	-	30.18	12.06	16.062	-28.017	0.904

Deux remarques :

- m à 14.5
- qqes minutes de temps

# Amalthée et Thébé

v5.21.05i Planet: Jupiter (INPOP17a)

Planet

Observatory N: 007 - Paris

Timescale: UTC

Mean equator and equinox of J2000. ICRF.

Mutual events of satellites:

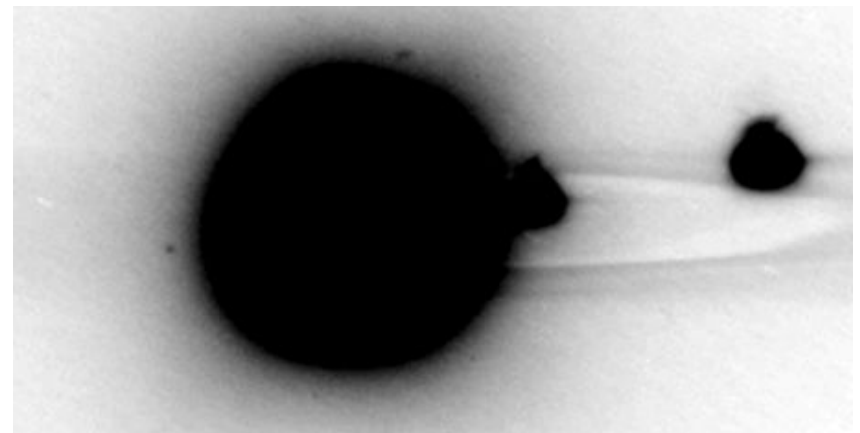
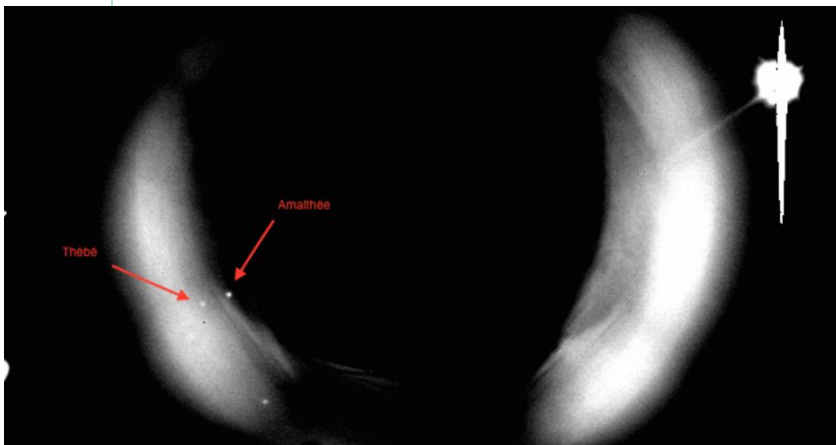
Date	begin: h	m	s	end: h	m	s	Type	Dur(m)	Impact	m	Δm	limb(")	dist(")	Planet(°)	Sun(°)	Moon phase
2026	9	28	2 44 58	2	46	36	2E6	1.6	0.761	16.50	-	12.35	25.36	10.909	-28.828	0.893
2026	10	12	7 17 32	7	17	53	2E6	0.4	0.993	16.43	-	19.99	29.32	54.976	10.620	0.115
2026	10	18	4 31 3	4	33	23	1E6	2.3	0.167	16.40	-	26.60	21.65	37.996	-17.681	0.472
2026	10	28	2 52 28	3	6	57	3E6	14.5	0.327	16.35	-	12.48	40.10	27.419	-35.843	0.849
2026	10	28	4 56 21	5	9	14	3E6	12.9	0.389	16.35	-	36.81	44.62	45.965	-15.898	0.842
2026	11	6	5 25 46	5	27	47	2E6	2.0	0.538	16.30	-	4.89	38.90	52.120	-13.171	0.197
2026	11	8	2 34 49	2	39	31	4E6	4.7	0.488	16.29	-	25.41	95.41	30.450	-41.224	0.077
2026	12	3	0 20 14	0	23	36	3E6	3.4	0.837	16.13	-	40.22	55.97	23.059	-62.242	0.379
2026	12	5	0 18 56	0	22	47	1E6	3.9	0.124	16.11	-	42.09	19.28	24.090	-62.628	0.249
2026	12	19	4 6 20	4	10	15	1E6	3.9	0.400	16.02	-	43.50	17.17	54.656	-33.908	0.632
2026	12	24	4 22 42	4	25	39	1E6	3.0	0.346	16.00	-	35.48	19.26	53.536	-31.636	0.976
2027	1	22	0 34 25	0	37	53	3E6	3.5	0.413	15.87	-	2.98	27.42	53.450	-60.396	0.961
2027	1	26	20 31 14	20	32	38	1E6	1.4	0.784	15.85	-	18.80	9.56	23.595	-37.898	0.673
2027	1	28	21 57 37	21	58	31	3E6	0.9	0.985	15.85	-	35.34	17.65	38.846	-50.068	0.533
2027	2	3	3 1 8	3	2	35	1E6	1.5	0.772	15.84	-	23.57	4.65	45.685	-42.044	0.213
2027	2	11	22 20 55	22	22	58	1E6	2.0	0.040	15.84	-	1.94	1.59	50.642	-48.987	0.338
2027	2	26	2 16 51	2	18	9	1E6	1.3	0.777	15.86	-	1.15	11.02	38.168	-41.420	0.632
2027	3	6	3 13 42	3	15	53	3E6	2.2	0.899	15.88	-	28.96	30.53	23.536	-31.143	0.141
2027	3	8	19 11 48	19	14	59	1E6	3.2	0.303	15.89	-	39.70	12.83	41.073	-14.907	0.032
2027	3	22	23 5 14	23	8	45	1E6	3.5	0.169	15.96	-	39.17	17.02	50.430	-39.100	0.955

Deux remarques :

- m à ~16
- qqes minutes de temps

# Les ordres de grandeurs

- Ordre de grandeur :
  - Si une mesure ( S/N) de phesat est OK avec 2s de pose et mag 11 alors il nous faut min 30s pour mag 14, et bien plus pour Thébé.
- Et un autre difficulté
  - Jupiter, et surtout la lumière parasite autour de jupiter
- Mais observation déjà réalisée au pic du midi avec un masque de densité devant jupiter
- et par Bernard Christophe et Andrée Fernandez

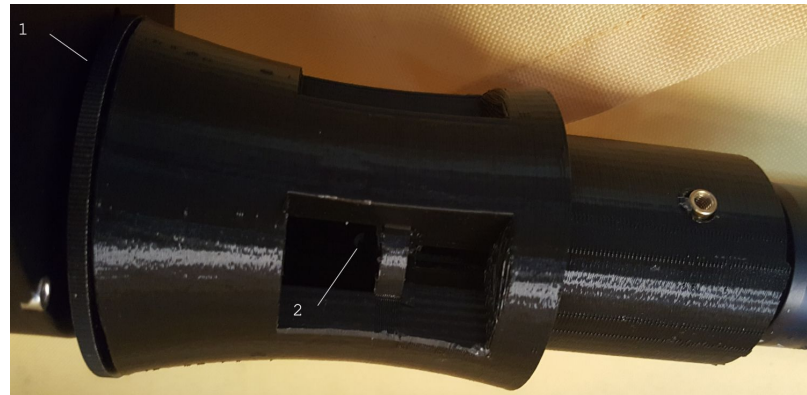
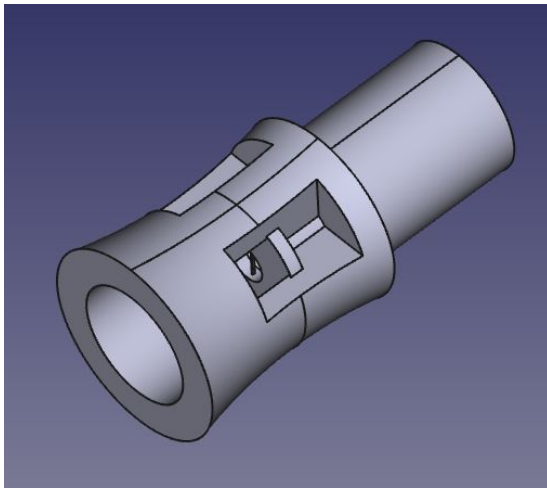


# Encore plus difficile

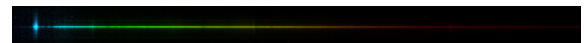
- 10 ans après ces mesures, peut-on espérer faire ce phemu ?
- Réponse courte : oui

L'idée est d'utiliser un masque dans le plan focal pour cacher jupiter

ne m'appellez pas corographe, mais c'est l'idée ...

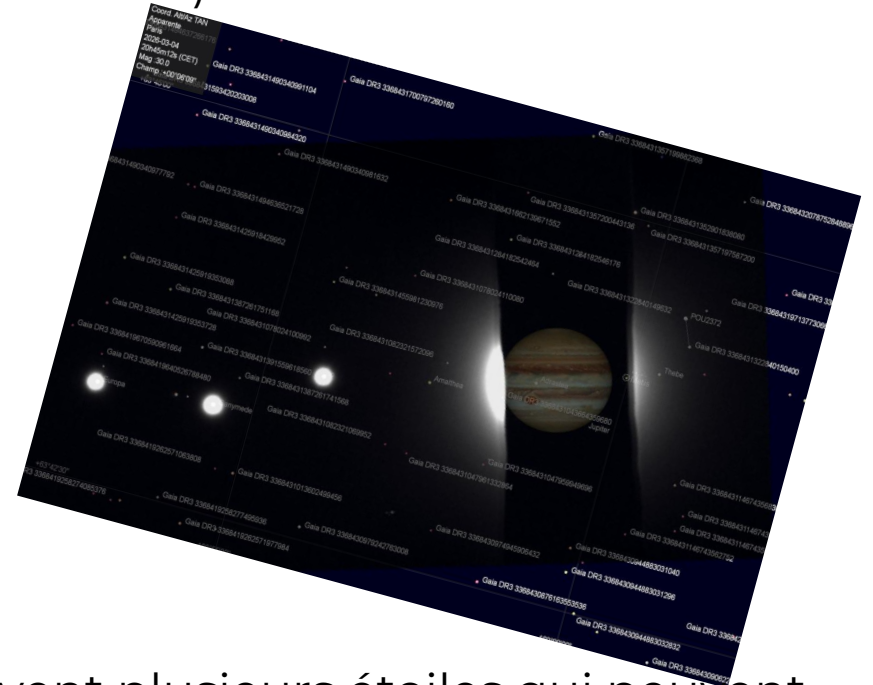
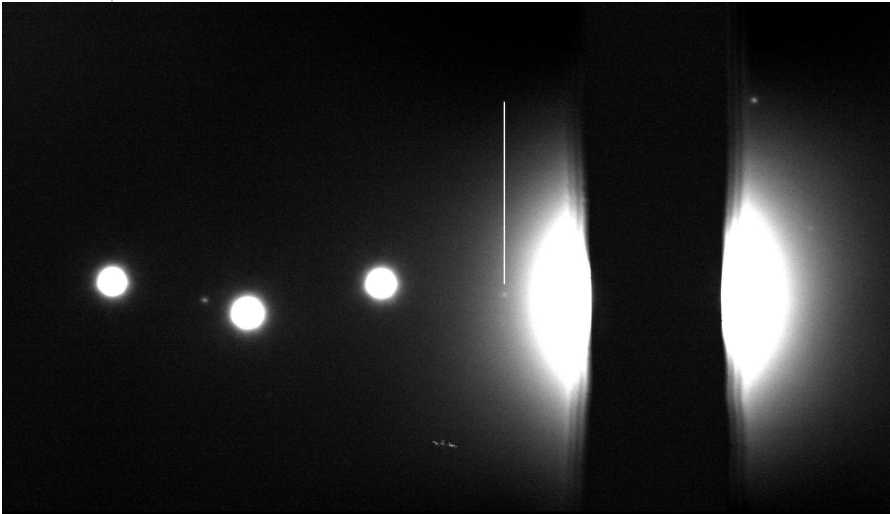


# Cachez Jupiter



# Amalthée devient visible

- 120x 0.5s de pose => en 60s de pose sur un C11, Amalthée devient bien visible ( même avec la pleine lune)



- attention car à mag 14, il y souvent plusieurs étoiles qui peuvent être confondues avec amalthee
- Faire le repérage avant pour éviter la confusion

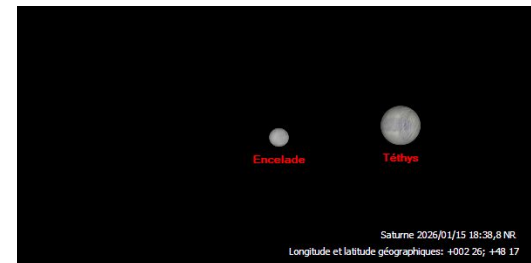


# Une stratégie ?

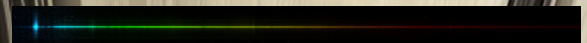
- Télescope le plus grand possible
- Un peu de focale plus bien séparer les satellites
- un système occultant jupiter en impression 3D
- un système de guidage pour miniser les variations de position du masque versus jupiter ( et limiter la lumière parasite)
- une caméra performante ( imx585 par exemple)
- une base de temps classique ( la timebox me semble idéale )
- pose de 15 à 30s sur un C11, 15s (ou moins) sur la classe de 60cm
- acquisition avec sharcap , sous la forme d'un ensemble de film ( typiquement 20x 30 x 1s )
- shift & add pour obtenir les images individuelles ( amalthée sera invisible sur les poses individuelles) ( par autostacker par exemple)
- une météo parfaite :)

<https://www.imcce.fr/recherche/campagnes-observations/phemus/phemu#1>

<http://www.astrosurf.com/whitebridge/>

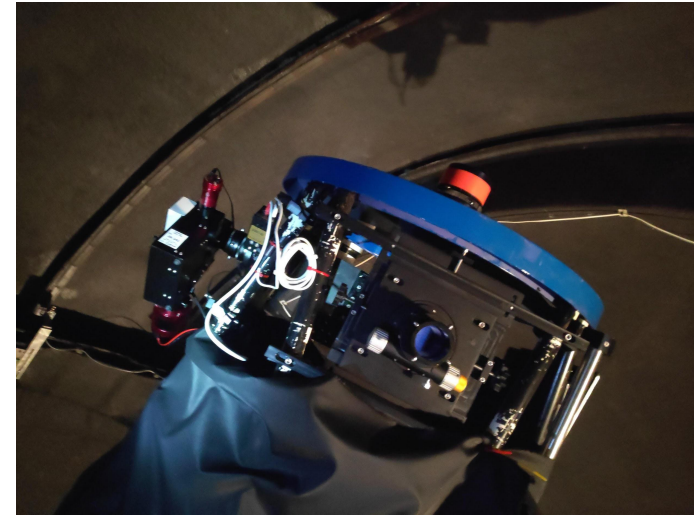
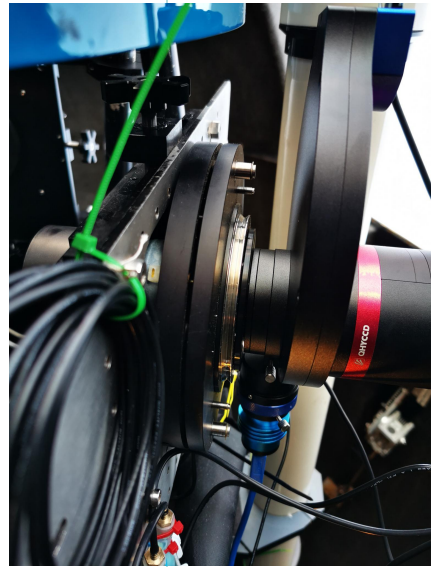


Fin



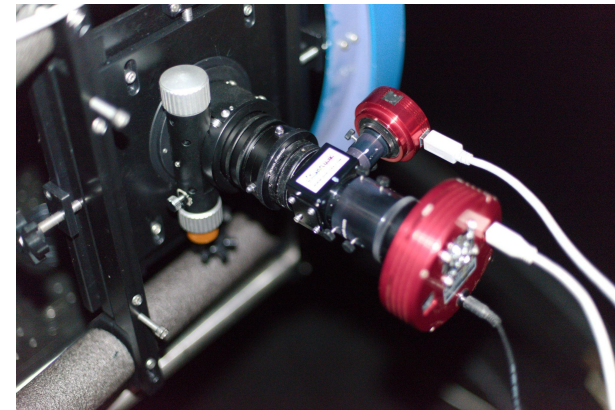
# L'instrumentation

Une QHY268 pro, montée à demeure, avec refroidissement liquide et GPS intégré à la caméra ( ~ comme la QHY174GPS) montée sur un FLI avec un Wyne 3 pouces ASA => focale de 1910 mm

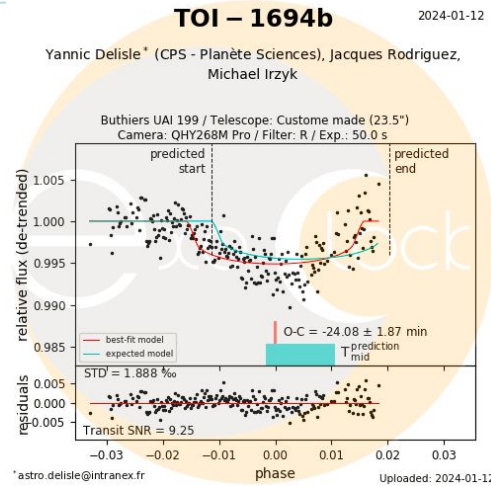
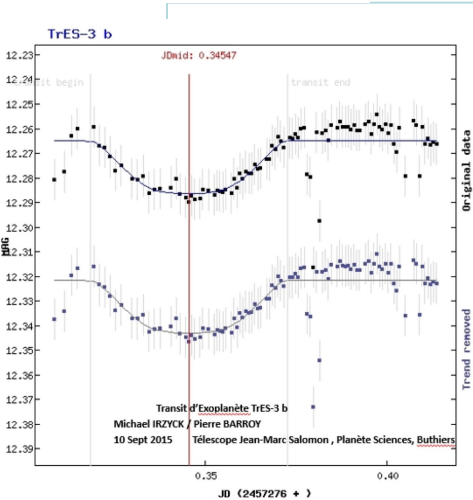


Un LISA, monté à demeure sur un des quatre ports du TJMS  
Guidage intégré  
Resolution typique : 700 , >mag 16

+ 2 ports libres pour le visuel et les instruments invités (Alpy 200 sur la photo )

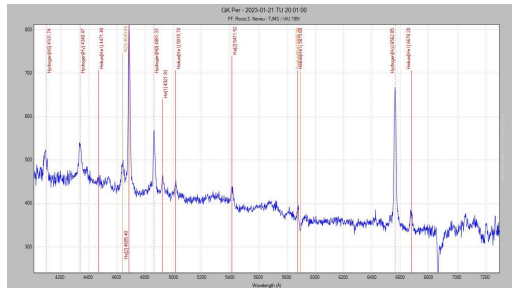
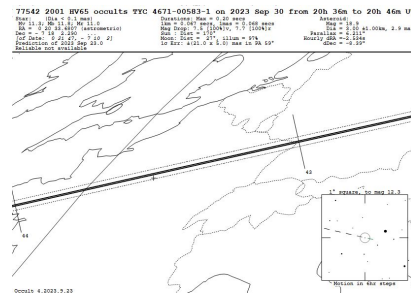
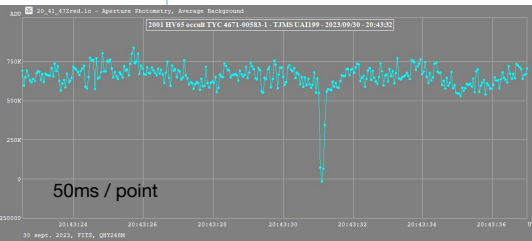


# Un large spectre de mesures



L'instrumentation permet une grande palette d'activité :

- de l'imagerie "classique",
- de la photométrie filtre GAIA (RAPAS),
- des mesures de transits d'exoplanètes
- des occultations
- Des phesats / phemus
- de la spectroscopie "basse" résolution





# le Comité Promotion Scientifique

**CPS et Planète Sciences : un groupe de bénévoles, prêt à contribuer à vos recherches.**

En 2022, suite aux travaux de rénovation (réalisé par le Groupe de support Technique du TJMS) du Centre d'astronomie Jean-Marc Salomon et du télescope Jean-Marc Salomon (TJMS) avec en outre :

- l'ajout d'un spectroscope LISA en poste fixe, et
- la mise en place d'une QHY268 pro ( avec GPS) ,

un groupe de bénévoles motivés a décidé de créer un Comité de promotion scientifique (CPS) visant à promouvoir le TJMS comme instrument au service de la science.

Les principales actions du comité sont :

- de mettre en place des programmes scientifiques en spectroscopie et photométrie ;
- d'établir un lien entre les amateurs du TJMS et les professionnel·les ;
- de faire le suivi de l'exploitation des données auprès des missionnaires et proposer une aide au traitement et à la publication des données dans des bases reconnues et auprès des professionnel·les ;



*Pour accéder à l'observatoire, contacter: **PLANETE SCIENCES***

*Téléphone: **01 69 02 76 10***

*Contact mel: **astronomie@planete-sciences.fr***

*Dons: **<https://www.planete-sciences.org/astro/l-astronomie-a-planete-sciences/faire-un-don>***