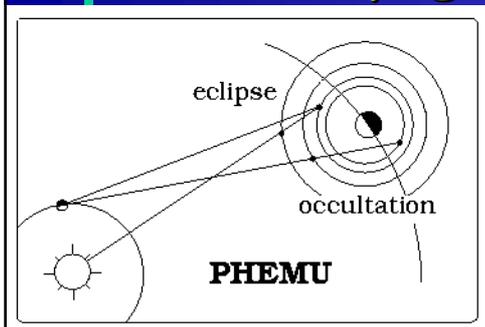


Les campagnes d'observation des phénomènes mutuels des satellites galiléens La campagne 2014-2015



D'après J.E. Arlot,
IMCCE/obs. de Paris

Phénomènes mutuels: phénomènes rares

Ils se produisent lors des équinoxes des
planètes:

Jupiter: 2009 puis 2015 (tous les 6 ans)

Saturne: 2009 (tous les 15 ans)

Uranus: 2007 (tous les 42 ans)

Equinoxes sur les planètes géantes: Jupiter

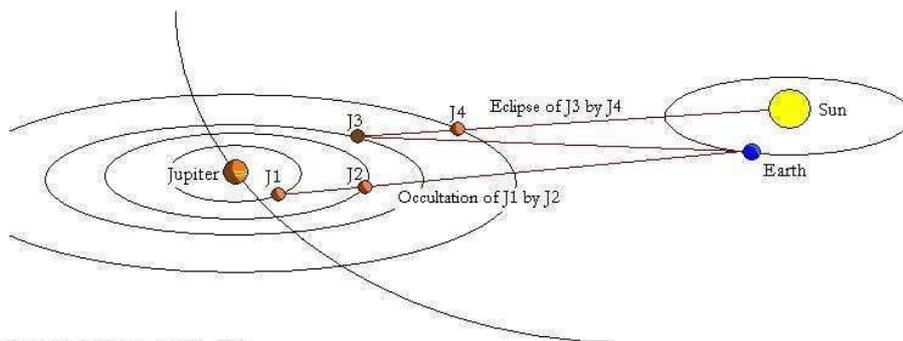
Jupiter: 2009, 2015 (tous les 6 ans)

Les satellites galiléens mais
aussi les petits satellites
proches de Jupiter

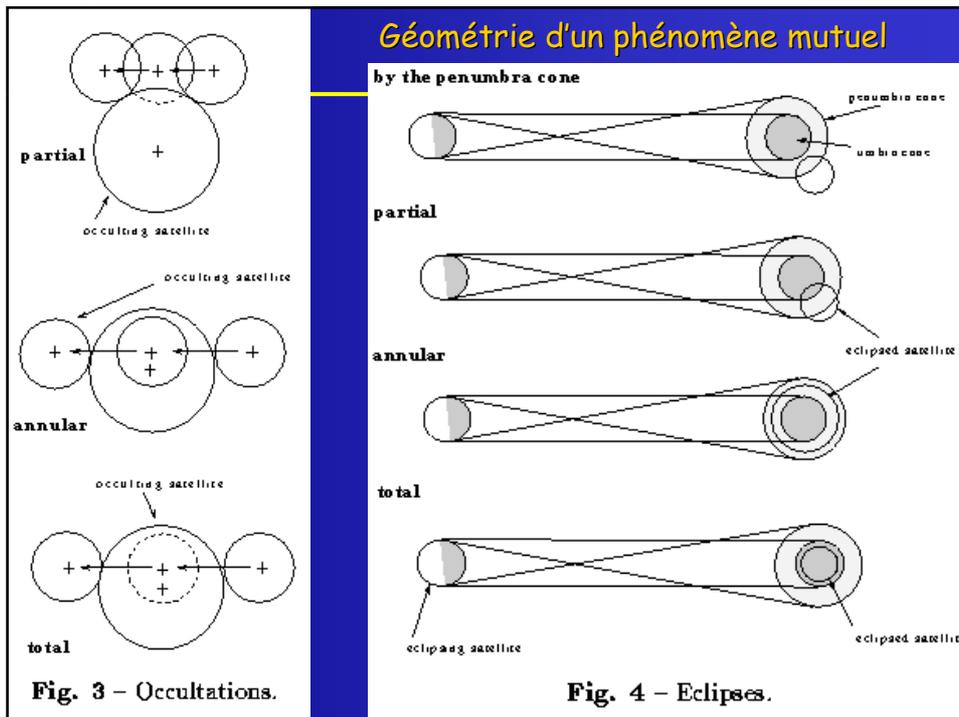
Amalthée, Thebe



Phénomènes mutuels: l'observation



Created by Jonathan Mc Auliffe, 2003.



Les sites d'observation



7

Trouver les phénomènes observables



INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

[NSDC Observations](#) | [Ephemerides](#) | [Bibliography](#) | [Parameters](#) | [Links to the Web](#)

Natural Satellites Ephemeride Server, MULTI-SAT.

Ephemerides of the mutual eclipses and occultations of the Galilean satellites of Jupiter

in 2014-2015

To see the ephemerides of the events which are observed at your observatory with circumstances (object and sun altitudes, Moon phase) enter Observatory code (XXX) [See the list](#)
or enter **500** to see all the events.

(Explanation of the data in output)

Number of events: 477
The first event: 17 August 2014
The last event: 22 August 2015
Really, 442 events are observable from 1 September 2014 to 20 July 2015

[Return ...](#)
[See](#) Earth-Sun-Jupiter configuration parameters
[See](#) References to the papers on the subject

Comments.

These are ephemerides in the form of a table being immediately appearing in a separate window. They are calculated previously with the main software of the MULTI-SAT server as it is called running by the item

Search for mutual occultations and eclipses and eclipses of satellites by planet.

The theory by V.Lainey 2.0 is used.

Advantage of this form is that you have immediately ephemerides only for those events which are observed at your observatory.

[Copyright](#)

[| Objectiv |](#)

[| How to use |](#)

[| Sources |](#)

[| Nomenclature |](#)

[Credit](#)

8

IMCCE-SAI: Natural Satellites Service. Ephemerides. Satellites Configuration - Mozilla Firefox

http://www.imcce.fr/cgi-bin/saimirror/nss-eph3.cgi#

IMCCE/SAI.
 Serveur d'éphémérides
 des satellites naturels. MULTI-SAT.

Satellites de Jupiter

Objet de référence:
Jupiter
 Satellite marqué:
J1 - Io
 L'époque de l'équateur et l'équinoxe
 J2000
Coordonnées différentielles

Réactualiser

avec l'échelle de 18'

Un pas de 1.0000 jours

Arrière
 No
 En avant

Satellite marqué:
 J1 - Io

Centre du champ:
 $\alpha = 19^h 19^m 21.975^s$ E + W
 $\delta = -22^\circ 32' 54.37''$ S

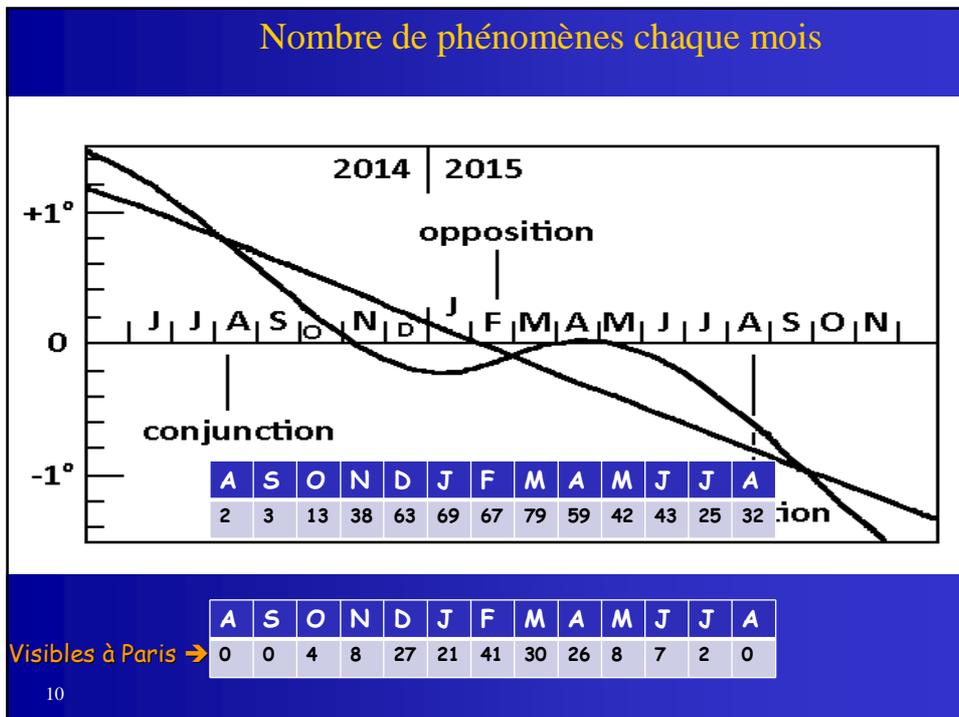
[Coordonnées et magnitudes](#)

X (")	Y (")	mag	Satellite
7.310	3.573	5.6	J1 - Io
83.191	8.872	5.9	J2 - Europe
196.910	27.099	5.2	J3 - Ganymède
399.442	68.589	6.2	J4 - Callisto
34.709	6.277	14.7	J5 - Amalthee
41.817	8.583	16.3	J14 - Thébé
-8.529	-2.111	19.7	J15 - Adrasteia
-4.112	-1.412	18.1	J16 - Métis

Champ de l'Observatoire
 Date: 2008

Terminé

démarrer 3958 Wanadoo IMCCE-SAI: N... IMCCE-SAI: N... http://epilobe... phemu 11:26



Planet: Jupiter (DE405)
 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	Am	limb (")	dist (")	Planet (°)	Sun (°)	Moon phase	
2014 10 21	2 1 19	2 4 20	203	3.0	0.943	4.8	0.007	129.32	:	18.541	-41.230	0.180	
2014 10 24	5 8 30	5 11 37	204	3.1	0.869	5.3	0.017	37.33	:	48.757	-12.995	0.022	
2014 10 28	5 31 53	5 40 2	203	8.1	0.535	4.8	0.159	136.22	:	52.642	-10.094	0.296	
2014 10 31	2 26 31	4 37 45	4E3	131.2	0.044	4.9	1.393	231.83	48.20	:	28.107	-40.461	0.501
2014 11 2	5 53 16	6 12 7	401	18.8	0.268	5.1	0.868	33.92	:	55.373	-7.798	0.657	
2014 11 9	2 57 3	2 58 37	102	1.6	0.906	4.9	0.019	9.52	:	37.819	-38.045	0.844	
2014 11 16	5 7 28	5 10 13	102	2.8	0.661	4.9	0.132	5.01	:	55.243	-18.332	0.405	
2014 11 19	3 2 3	3 9 20	403	7.3	0.596	4.7	0.230	56.18	:	43.684	-39.450	0.225	
2014 11 23	3 26 3	3 27 16	302	1.2	0.977	4.6	0.003	13.13	:	48.625	-36.409	0.051	
2014 11 25	2 9 53	3 38 30	3E4	88.6	0.331	4.7	0.292	314.34	54.84	:	39.316	-48.615	0.187
2014 11 27	22 4 2	22 13 48	204	9.8	0.091	5.1	0.211	148.23	:	1.483	-56.793	0.392	
2014 11 30	6 29 27	6 33 42	302	4.3	0.663	4.6	0.155	4.89	:	50.886	-8.104	0.562	
2014 12 2	23 25 44	23 32 48	203	7.1	0.884	4.5	0.020	167.58	:	17.751	-63.232	0.756	
2014 12 4	6 32 34	6 37 36	4E2	5.0	0.900	5.1	0.076	97.33	110.03	:	48.862	-8.318	0.847
2014 12 6	6 58 30	7 49 53	402	51.4	0.691	5.1	0.214	153.52	:	44.631	-4.811	0.973	
2014 12 6	22 11 17	22 19 8	301	7.9	0.254	4.4	0.521	86.18	:	8.090	-58.393	0.961	
2014 12 9	22 37 2	22 49 5	2E3	12.1	0.675	4.5	0.144	207.22	43.47	:	14.220	-61.135	0.774
2014 12 10	23 45 22	23 49 51	103	4.5	0.536	4.4	0.168	2.14	:	26.167	-64.298	0.711	
2014 12 12	22 36 3	22 43 25	1E4	7.4	0.609	4.9	0.183	138.01	102.38	:	16.031	-61.150	0.594
2014 12 12	23 12 44	2 19 51	201	187.1	0.974	4.7	0.003	82.89	:	22.103	-63.726	0.593	
2014 12 14	1 6 54	1 15 55	301	9.0	0.327	4.4	0.449	95.70	:	40.871	-59.749	0.529	
2014 12 14	20 54 58	21 53 58	301	59.0	0.088	4.4	0.567	92.52	:	1.060	-48.082	0.479	
2014 12 17	2 24 5	2 40 43	2E3	16.6	0.432	4.5	0.338	209.89	38.01	:	51.925	-49.905	0.341
2014 12 18	5 33 40	6 21 9	203	47.5	0.419	4.4	0.216	34.92	:	49.340	-19.353	0.268	
2014 12 19	22 18 5	22 36 29	201	18.4	0.809	4.7	0.053	3.19	:	17.779	-59.239	0.153	
2014 12 20	5 31 14	5 51 33	201	20.3	0.161	4.7	0.517	97.71	:	48.712	-19.935	0.132	
2014 12 21	3 13 5	3 32 29	4E1	19.4	0.136	4.8	1.113	99.93	80.34	:	55.948	-42.637	0.070
2014 12 21	4 11 41	4 23 4	301	11.4	0.343	4.3	0.434	102.66	:	55.207	-33.052	0.067	
2014 12 22	2 5 48	2 20 10	301	14.4	0.321	4.3	0.456	103.68	:	52.185	-53.018	0.028	
2014 12 22	5 20 42	5 28 32	4E1	7.8	0.719	4.8	0.336	90.31	88.96	:	49.017	-21.807	0.031
2014 12 24	6 24 22	6 45 44	2E3	21.4	0.190	4.4	0.588	210.00	31.89	:	39.360	-11.893	0.169

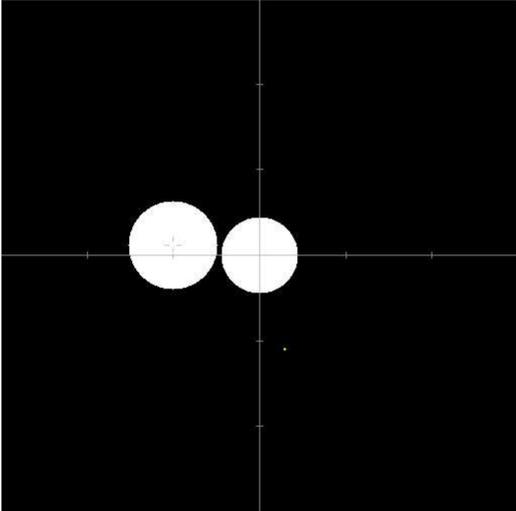
Phénomènes mutuels

- Durée typique: 5 à 10 minutes
- Phénomènes rasants courts et de faible chute en magnitude
- Quelques phénomènes longs:
- Le 12 décembre 2014 à 23h 12m 44s: J2 occulte J1 pendant 187 minutes

Historique Marque-pages Outils ?

IMCCE-SAI: Natural Satelli... x IMCCE-SAI: Natural Satelli... x IMCCE-SAI: Natural Satelli... x Elections municipales et co... x Club Eclipse - WETO 2014 x rest

fr/cgi-bin/saimirror/nss-eph3.cgi



IMCCE/SAI. Natural Satellites Ephemeride Server. MULTI-SAT.

Satellites of Jupiter

Reference body:
J2 Europe

Marked satellite:
J1 Io

Epoch of equator and equinox J2000
Differential coordinates

With **6°** field scale

One time step of **0.2000** hours

Back
 Non
 Forward

Marked satellite:
J1 Io

Center of the field: N
 $\alpha = 9^{\text{h}} 39^{\text{m}} 57.109^{\text{s}}$ E + W
 $\delta = 14^{\circ} 47' 37.79''$ S

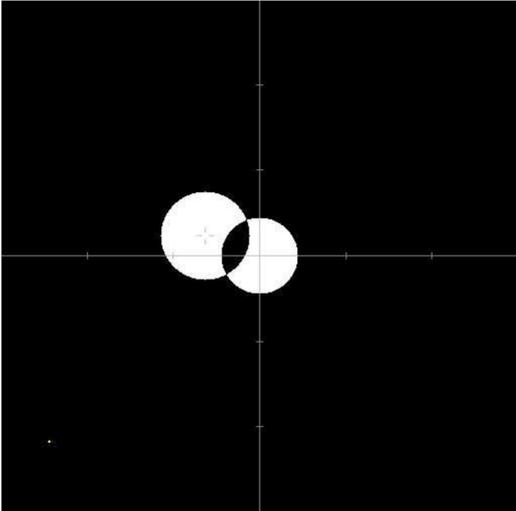
[Coordinates and magnitudes](#)

Present field : **6" x 6"**
Time moment: **2014 12 12 23 12 0.00 (UTC)**
Observatory: **Geocenter**

Historique Marque-pages Outils ?

IMCCE-SAI: Natural Satelli... x IMCCE-SAI: Natural Satelli... x IMCCE-SAI: Natural Satelli... x Elections municipales et co... x Club Eclipse - WETO 2014 x rest

fr/cgi-bin/saimirror/nss-eph3.cgi



IMCCE/SAI. Natural Satellites Ephemeride Server. MULTI-SAT.

Satellites of Jupiter

Reference body:
J2 Europe

Marked satellite:
J1 Io

Epoch of equator and equinox J2000
Differential coordinates

With **6°** field scale

One time step of **0.2000** hours

Back
 Non
 Forward

Marked satellite:
J1 Io

Center of the field: N
 $\alpha = 9^{\text{h}} 39^{\text{m}} 56.914^{\text{s}}$ E + W
 $\delta = 14^{\circ} 47' 39.02''$ S

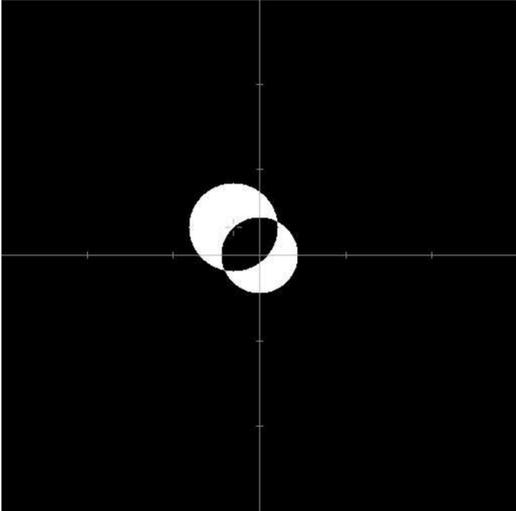
[Coordinates and magnitudes](#)

Present field : **6" x 6"**
Time moment: **2014 12 12 23 24 0.00 (UTC)**
Observatory: **Geocenter**

Historique Marque-pages Outils ?

IMCCE-SAI: Natural Satell... x IMCCE-SAI: Natural Satell... x IMCCE-SAI: Natural Satell... x Elections municipales et co... x Club Eclipse - WETO 2014 x rest

fr/cgi-bin/saimirror/nss-eph3.cgi



IMCCE/SAI. Natural Satellites Ephemeride Server. MULTI-SAT.

Satellites of Jupiter

Reference body:
J2 Europe

Marked satellite:
J1 Io

Epoch of equator and equinox J2000
Differential coordinates

With field scale

One time step of hours

Back
 Non
 Forward

Marked satellite:
J1 Io

Center of the field:

	N
$\alpha = 9^{\text{h}} 39^{\text{m}} 56.720^{\text{s}}$	E + W
$\delta = 14^{\circ} 47' 40.24''$	S

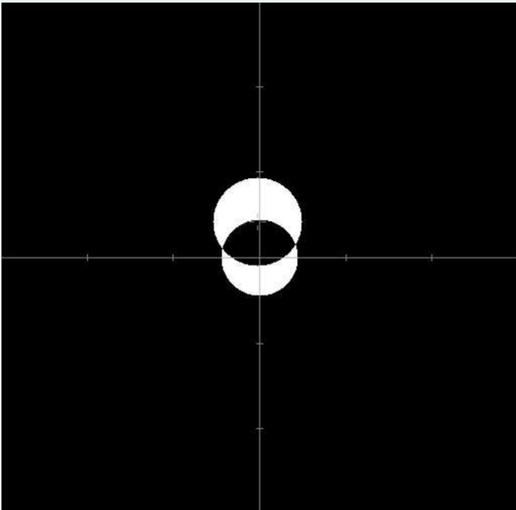
[Coordinates and magnitudes](#)

Present field : 6" x 6"
Time moment: 2014 12 12 23 36 0.00 (UTC)
Observatory: Geocenter

Historique Marque-pages Outils ?

IMCCE-SAI: Natural Satell... x IMCCE-SAI: Natural Satell... x IMCCE-SAI: Natural Satell... x Elections municipales et co... x Club Eclipse - WETO 2014 x rest

fr/cgi-bin/saimirror/nss-eph3.cgi



IMCCE/SAI. Natural Satellites Ephemeride Server. MULTI-SAT.

Satellites of Jupiter

Reference body:
J2 Europe

Marked satellite:
J1 Io

Epoch of equator and equinox J2000
Differential coordinates

With field scale

One time step of hours

Back
 Non
 Forward

Marked satellite:
J1 Io

Center of the field:

	N
$\alpha = 9^{\text{h}} 39^{\text{m}} 56.527^{\text{s}}$	E + W
$\delta = 14^{\circ} 47' 41.45''$	S

[Coordinates and magnitudes](#)

Present field : 6" x 6"
Time moment: 2014 12 12 23 48 0.00 (UTC)
Observatory: Geocenter

Historique Marque-pages Outils ?

IMCCE-SAI: Natural Satelli... x IMCCE-SAI: Natural Satelli... x IMCCE-SAI: Natural Satelli... x Elections municipales et co... x Club Eclipse - WETO 2014 x rest

fr/cgi-bin/saimirror/nss-eph3.cgi

IMCCE/SAI. Natural Satellites Ephemeride Server. MULTI-SAT.

Satellites of Jupiter

Reference body:
J2 Europe
Marked satellite:
J1 Io
Epoch of equator and equinox J2000
Differential coordinates

With **6"** field scale

One time step of **0.2000** hours

Back
 Non
 Forward

Marked satellite:
J1 Io

Center of the field: N
 $\alpha = 9^{\text{h}} 39^{\text{m}} 56.334^{\text{s}}$ E + W
 $\delta = 14^{\circ} 47' 42.67''$ S

[Coordinates and magnitudes](#)

Present field : **6" x 6"**
Time moment: **2014 12 13 0 0 0.00 (UTC)**
Observatory: **Geocenter**

Historique Marque-pages Outils ?

IMCCE-SAI: Natural Satelli... x IMCCE-SAI: Natural Satelli... x IMCCE-SAI: Natural Satelli... x Elections municipales et co... x Club Eclipse - WETO 2014 x rest

fr/cgi-bin/saimirror/nss-eph3.cgi

IMCCE/SAI. Natural Satellites Ephemeride Server. MULTI-SAT.

Satellites of Jupiter

Reference body:
J2 Europe
Marked satellite:
J1 Io
Epoch of equator and equinox J2000
Differential coordinates

With **6"** field scale

One time step of **0.2000** hours

Back
 Non
 Forward

Marked satellite:
J1 Io

Center of the field: N
 $\alpha = 9^{\text{h}} 39^{\text{m}} 56.143^{\text{s}}$ E + W
 $\delta = 14^{\circ} 47' 43.87''$ S

[Coordinates and magnitudes](#)

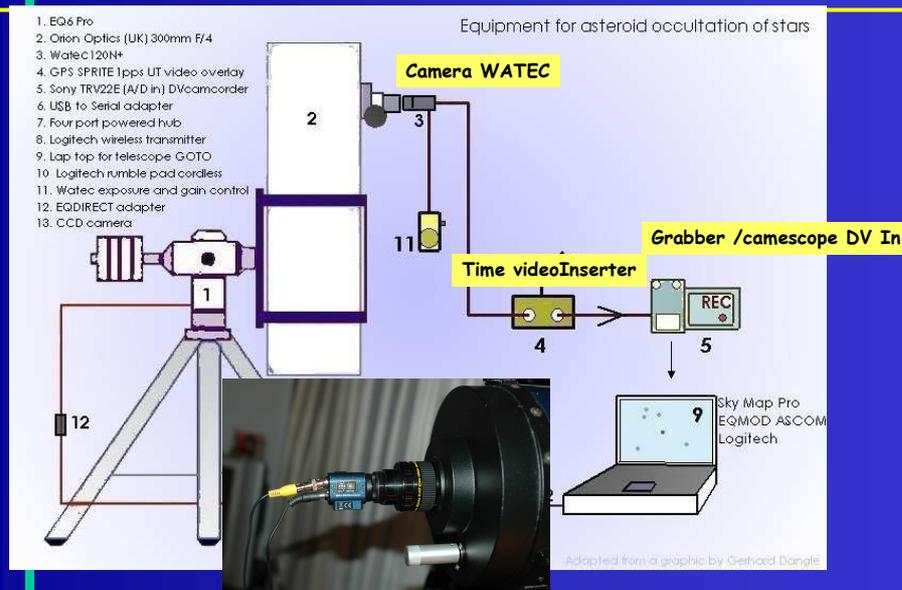
Present field : **6" x 6"**
Time moment: **2014 12 13 0 12 0.00 (UTC)**
Observatory: **Geocenter**

Quel matériel pour observer les phénomènes mutuels?

- Un « petit télescope »: des observations fiables ont déjà été réalisées avec une lunette de 6cm: la stabilité de l'instrument et le guidage sont fondamentaux
- Une caméra CCD, une web-cam ou même un caméscope placés au foyer de l'instrument conviennent: attention, le gain de la caméra ne doit pas être automatique mais fixe durant l'observation
- Chaque image doit être datée en temps universel (UTC) à 0.1 seconde de temps près: l'horloge interne des micro-ordinateurs n'est pas suffisante. Le temps des GPS convient.
- Les images doivent être enregistrées non compressées

19

Configuration Typique



Matériel recommandé

1- Acquisition des images

- EOS Movie REC (à oublier ! perte de trames, gigue ...)
- EOS avec mode video natif (acceptable)
- WATEC 902H *(switch interne > gain low) , <100€ ebay occasion
- WATEC 902H2,H3 « Ultimate », « Extreme » : n'apportent rien /902H
- WATEC 120N+ (télécommande +++): modèle épuisé, occasion rare
- **WATEC 910HX** (TC) : le meilleur modèle WATEC du moment : 700€
- Caméras numériques avec Trigger (++++ mais coût élevé)

**Attention certaines Watec vendues sur Ebay ne sont pas en standard PAL*

2- Horodatage

DCF77 (faible coût 10 €)

Video inserter (OSD):

Blackbox GPSBOXSPRITE 2 : 120€

IOTA VTI (+++ reconnu par logiciel de traitement TANGRA) 300€

3- Enregistreurs (ne jamais compresser)

Grabber Standard / logiciel U Lead

Gamescopes bandes mini DV avec une entrée « in »

ex modèles canon xxx-i

4- Traitement

Tangra 3

Limovie

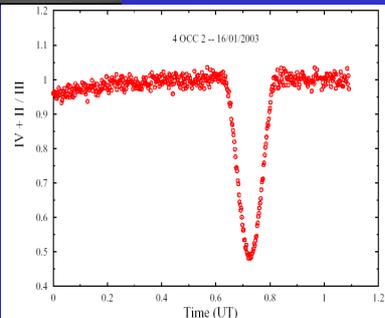
Pascal ANDRE

L'observation des phénomènes mutuels



Les satellites galiléens

Un timing photométrique:
0,1 sec = 1 km
Une mesure astrométrique:
0.1 arcsec = 300 km

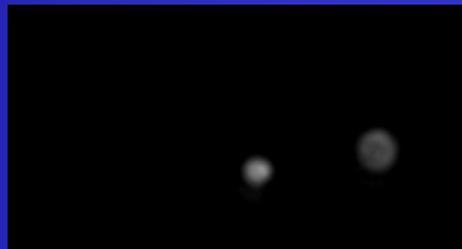


Occultation et éclipse mutuelles en haute résolution

16:38UT



Io Shadow Transit on Ganymede
August 16, 2009
© Christopher Go (Cebu, Philippines)



Ganymede occulting Io
25/05/2009 1842 - 1915 UT

Mike Salway www.mikesalway.com.au

La haute résolution n'est pas utile pour la photométrie et l'astrométrie

Rappel de quelques erreurs fréquentes à éviter :

- se tromper de satellite ! (confusions Nord-Sud, Est-Ouest; miroirs à 45° ,...)
- commencer l'observation trop tard (incidents d'enregistreurs,...) et imaginer qu'on va faire les calibrations et rattachements photométriques après le phénomène (il y a des surprises...);
- sous-estimer la possibilité de faire des mesures valables à 10° de l'horizon et moins (mais attention aux dérives de réfraction !)
- choisir un mauvais champ dans le cas d'un CCD;
- croire que le déplacement mutuel est toujours linéaire uniforme ;
- croire que l'on sait tout sur les satellites galiléens et que les magnitudes sont bien connues (elles varient d'ailleurs d'un point à l'autre de l'orbite) ;
- ne pas être sûr de son échelle de temps: il faut absolument se rattacher à UTC.
- EN BREF : PREPARER SOIGNEUSEMENT CHAQUE OBSERVATION ET SUIVRE MINUTE PAR MINUTE UNE PROCEDURE REDIGEE A L'AVANCE.

Récapitulation des points importants à bien examiner

- 1. être sûr que l'on a une base de temps calée sur UTC à mieux de 0,1 seconde ;
- 2. vérifier que Jupiter ne se cachera pas derrière un obstacle pendant l'observation ;
- 3. vérifier que chaque point de la courbe de lumière est datée avec une précision meilleure que 0,1s
- 4. penser à utiliser le cas échéant un filtre adapté : 5000-5300 Å en site urbain, rouge dans le crépuscule ou près de la pleine lune, ... mais indiquez bien quel filtre vous avez utilisé ;
- 5. bien identifier les satellites et se méfier des montages optiques qui retournent le champ ;
- 6. bien choisir le champ à enregistrer avec un satellite de référence en plus des satellites en phénomène
- 7. prévoir les mouvements des satellites pour le guidage et se méfier de l'augmentation de la réfraction lorsque l'on se rapproche de l'horizon ;
- 8. voir si la Lune ou la proximité de Jupiter risque de gêner l'observation du fait de la lumière parasite et y remédier
- 9. faire des mesures photométriques individuelles de chaque satellite avant et après le phénomène ;
- 10. prendre des précautions particulières pour les phénomènes ayant lieu au crépuscule , mais ne pas hésiter à les observer en se préparant la veille dans les mêmes conditions.
- 11. observer avant les phénomènes mutuels une éclipse par Jupiter pour s'habituer au matériel et mettre en place la bonne procédure d'observation.

Conclusion

- Des phénomènes rares vont se produire en 2014-2015
- Un réseau mondial d'observateurs est indispensable
- Ces observations sont à notre portée !!!
- Site Web: <http://www.imcce.fr/phemu>
- e-mail: arlot@imcce.fr

Analyse d'une vidéo avec TANGRA

