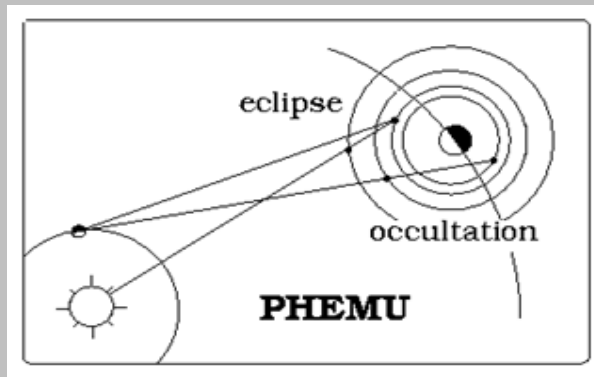
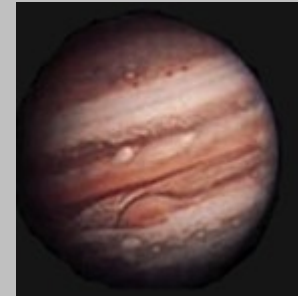


Campagne professionnelle-amateur pour l'observation des phénomènes mutuels des satellites de Jupiter



Source : IMCCE

PHEMU 2015



PHEMU 2014-2015 13 juin 2014

1



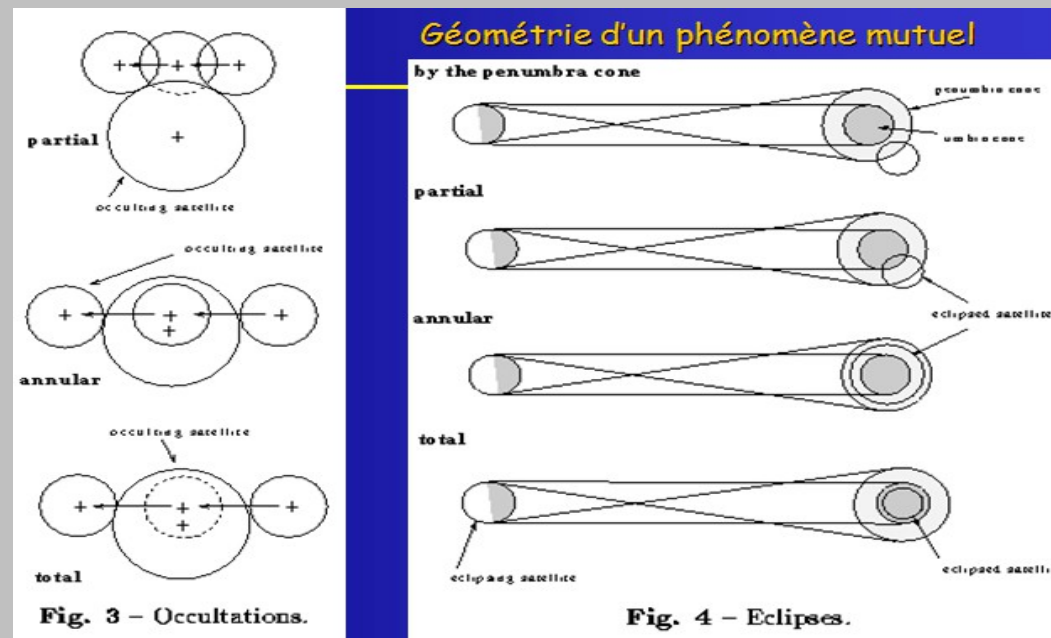
Pourquoi ?

- Satellites naturels : systèmes solaires en miniature, pour en connaître la formation et l'évolution
- Tous les effets gravitationnels et non gravitationnels se retrouvent dans ces systèmes.
- Exploration de ces corps par modélisation de leurs mouvements.
- Détection des petits effets dans le mouvement => Détermination des paramètres de dissipation et contrainte des modèles de structure interne en mesurant les effets de marée.
- Mesure des inclinaisons des orbites fournit des informations sur la précession (variation de l'axe de rotation) des planètes.
- Mesure des accélérations donne la dissipation d'énergie dans ces systèmes.
- Meilleure qualité des éphémérides
- Meilleure préparation des missions des sondes spatiales.
- Donc : besoin de modèles complets avec des observations de très haute précision.



Avantages de la mesure entre deux satellites

- Effets atmosphériques et instrumentaux sont compensés
- Effets de phase sont compensés
- Transformation entre repères de référence sont inutiles



Source : IMCCE



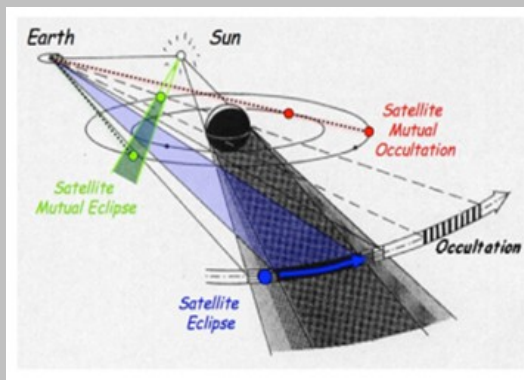
Deux types d'observation de position

- Observations directes d'images astrométriques

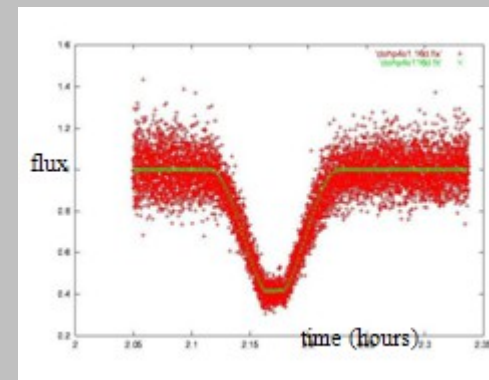


Source : IMCCE

- Observations photométriques de phénomènes



Source : IMCCE



Source : IMCCE



Prédiction des phénomènes

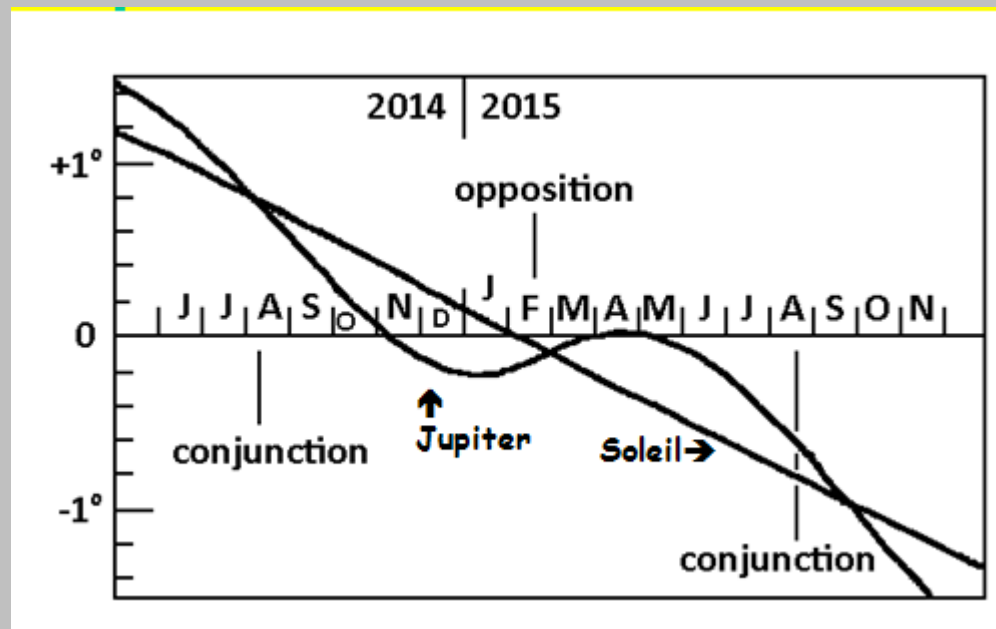
- Prédire les phénomènes mutuels nécessite de très bonnes éphémérides (inutile de prédire des phénomènes qui ne se produiront pas)
- La prédiction commence dans les années 1970 avec l'aide des ordinateurs
- En 1970, précision des éphémérides : 3000 km
- Aujourd'hui, précision kilométrique

Type d'observation	Précision en km
Eclipses par Jupiter	450
Phénomènes mutuels	15



QUAND ?

- Jupiter : 1973, ..., 2003, 2009, 2015 (tous les 6 ans)
- Quand le Soleil, avec la Terre, arrive dans le plan de l'orbite de Jupiter. C'est l'équinoxe sur Jupiter.

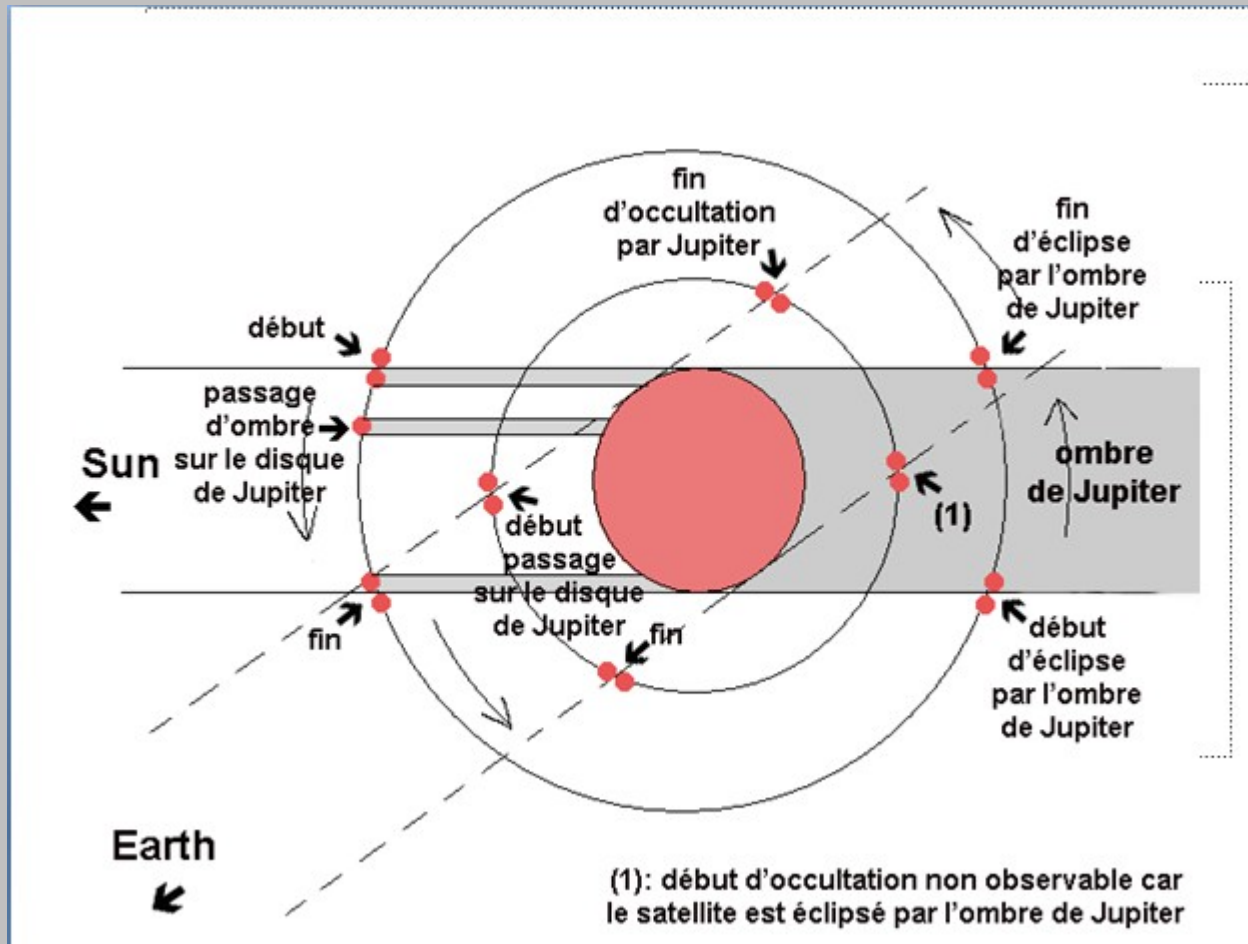


Source : IMCCE

Déclinaison entre $+1^\circ$ et -1°



Occultation/Eclipse avec Jupiter

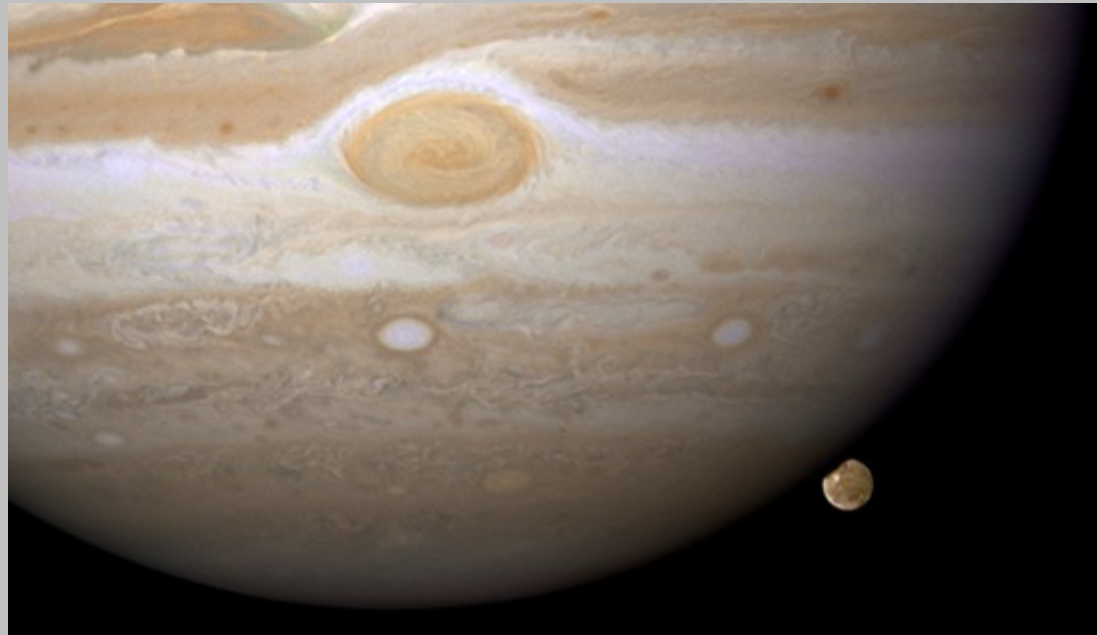


Source : IMCCE



Problème : l'atmosphère de Jupiter

Jupiter et Ganymède vus par le satellite Hubble

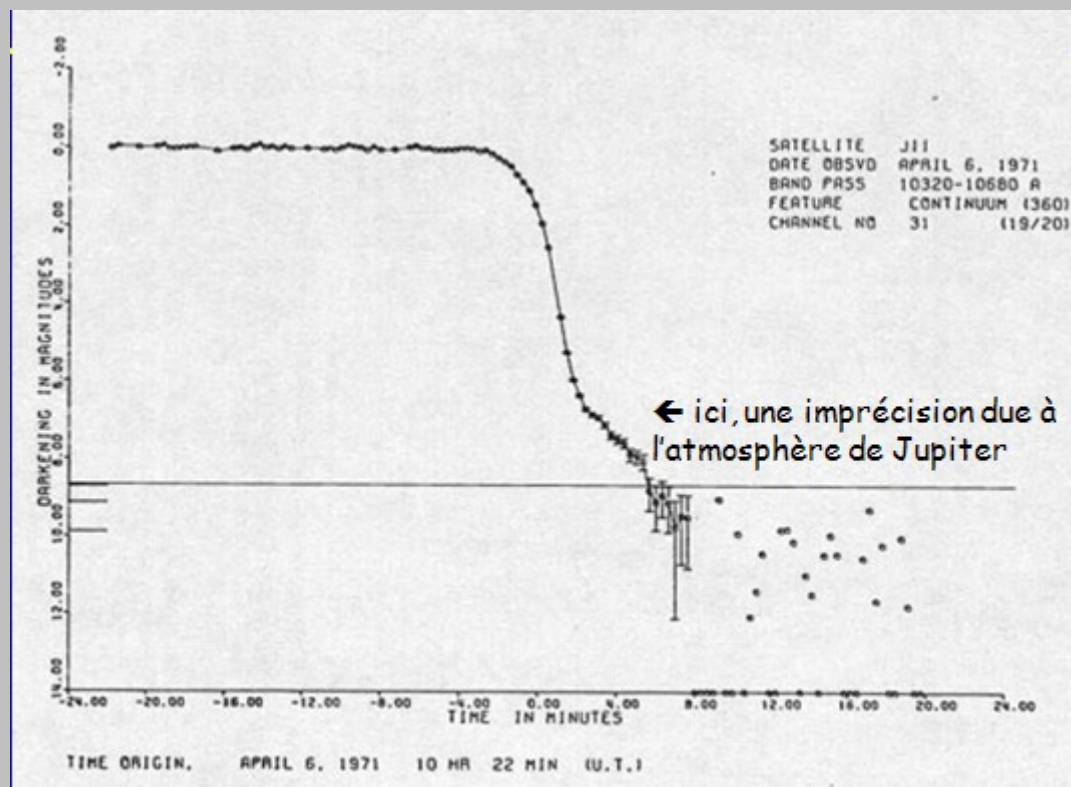


Source : IMCCE

L'atmosphère de Jupiter est une limitation à la détermination de sa position



Imprécision dans la mesure

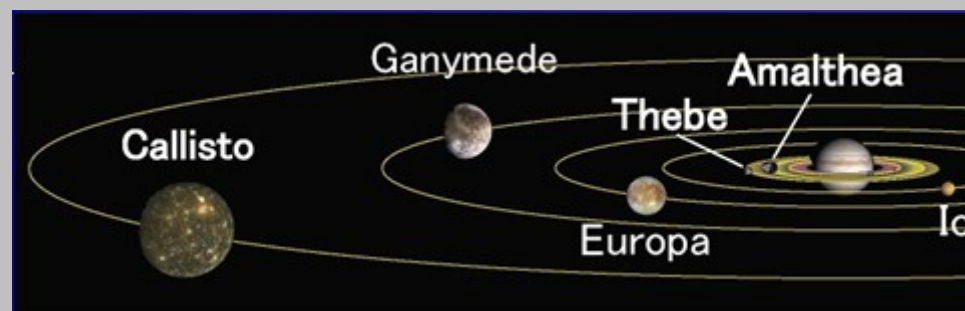


Source : IMCCE

La précision astrométrique est limitée à 450 km



Les satellites galiléens

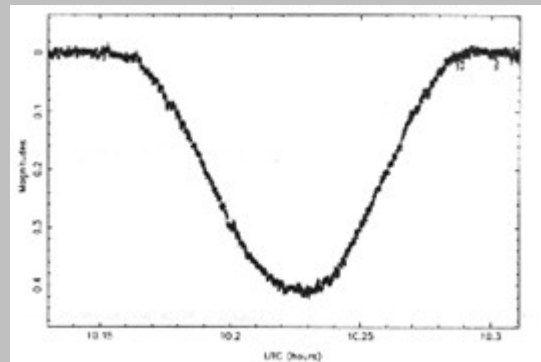
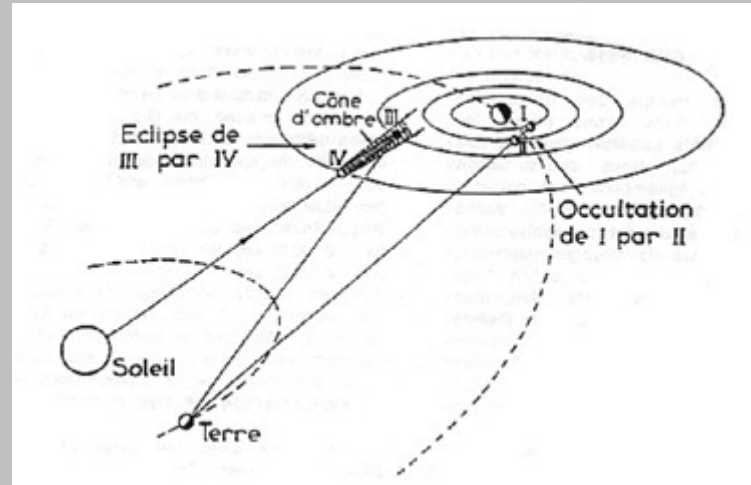


Source : IMCCE

Nom	code	magnitude
Io	J-1	5
Europa	J-2	5.3
Ganymède	J-3	4.6
Callisto	J-4	5.6



Les phénomènes mutuels

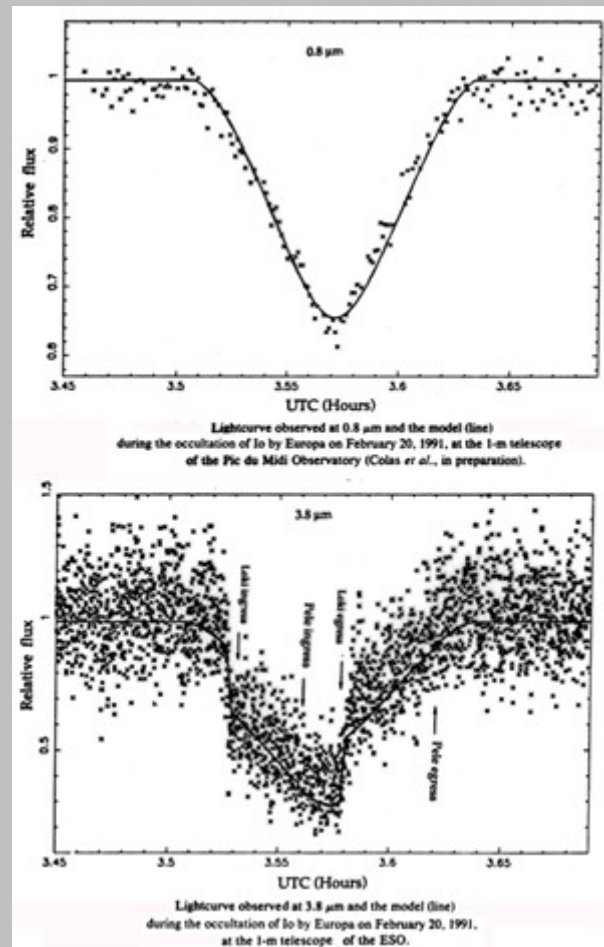


Courbe de lumière nette : informations astrométriques (position des deux corps)
et planétologiques (surface du satellite)



Exemple d'observation scientifique

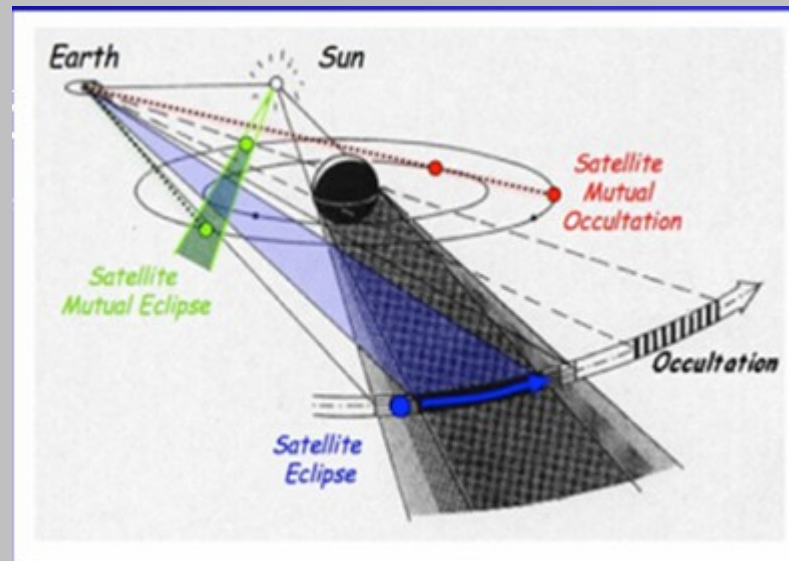
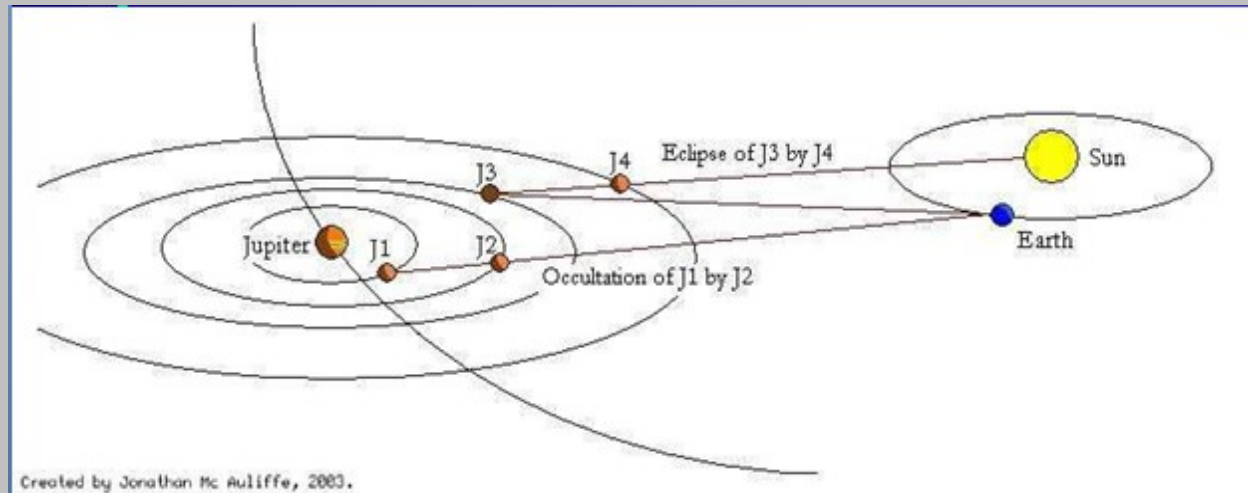
- Détection des volcans de Io, en IR, grâce à une occultation de ce satellite



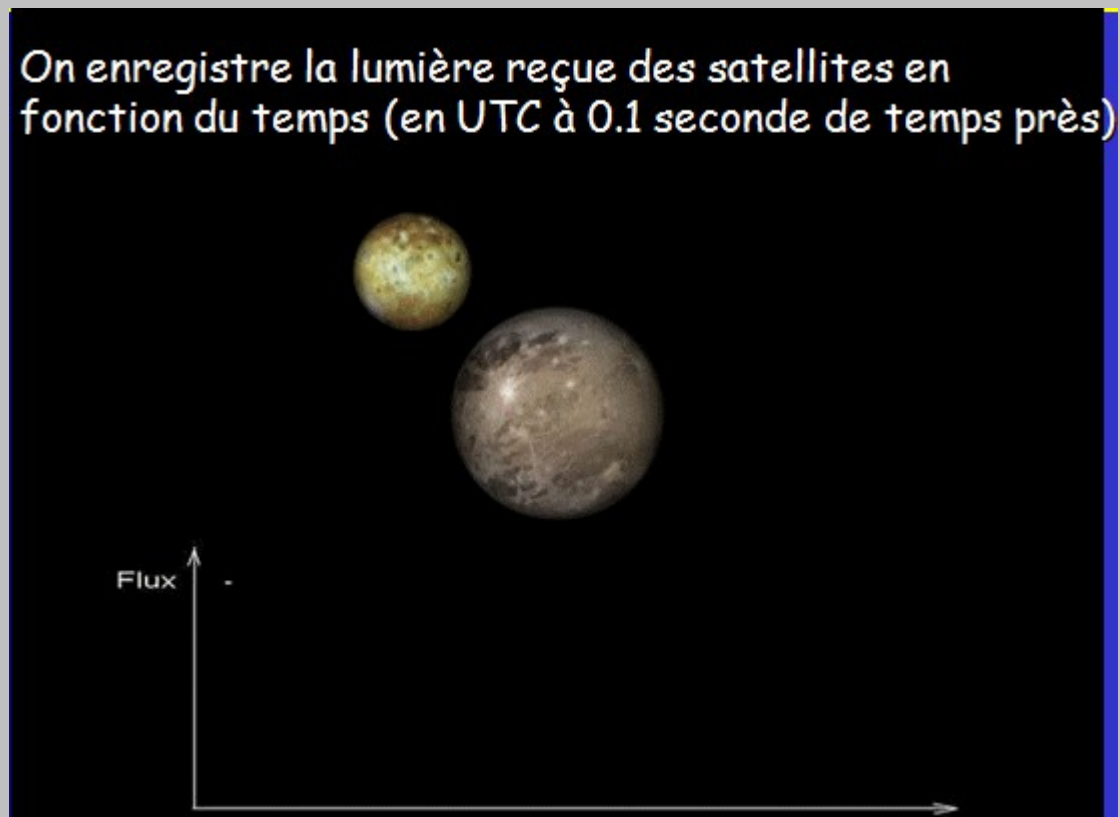
Source : IMCCE



Un phénomène mutuel, c'est quoi ?



Qu'observe-t-on ?

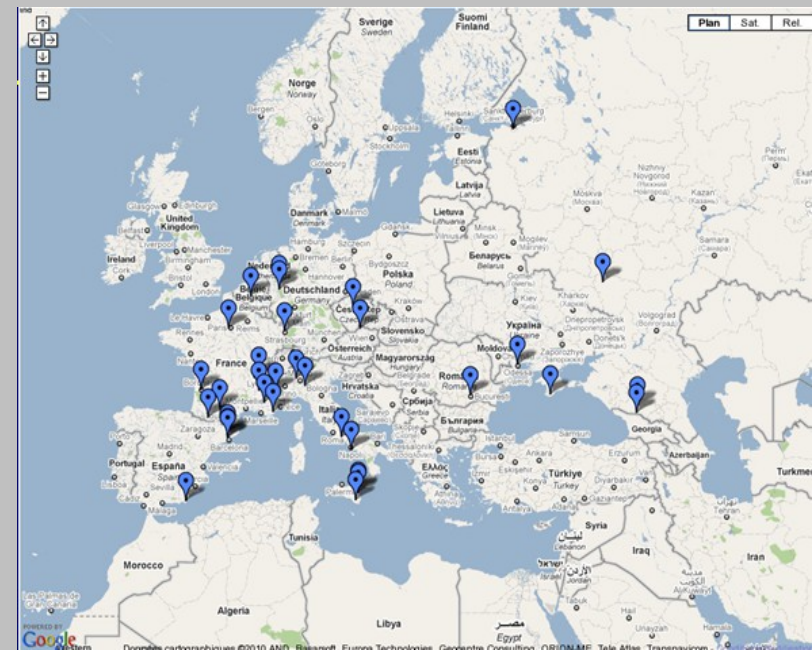


Source : IMCCE



Sites d'observation

- Réseau mondial d'observateurs



Source : IMCCE



Résumé des campagnes précédentes

	Number of observations	Number of sites of observation	Number of observed events	Number of observable events
Jupiter				
1973	91	26	65	176
1979	18	7	9	60
1985	166	28	64	248
1991	374	56	111	221
1997	275	42	148	390
2003	361	42	116	360
2009	523	68	206	237

Source : IMCCE



Rapports de campagne

- En fin de campagne, un rapport est édité par l'IMCCE (Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides).
- Tous les participants à la campagne sont cités

A&A 493, 1171-1182 (2009)
DOI: 10.1051/0004-6361/200810420

The PHEMU03 catalogue of observations of the mutual phenomena of the Galilean satellites of Jupiter

J.-E. Arlot¹, W. Thuillot¹, C. Ruatti¹, A. Ahmad², A. Amosse³, P. Anbazhagan⁴, M. Andreyev⁵, A. Antov⁶, M. Appakutty⁴, D. Asher², S. Aubry¹, N. Baron¹, N. Bassiere¹, M. Berthe⁷, R. Bogdanovski⁸, F. Bosq⁸, E. Bredner⁹, D. Buettner¹⁰, M. Buromsky¹¹, S. Cammarata¹², R. Casas¹³, G. D. Chis¹⁴, A. A. Christou², J.-P. Coquerel¹⁵, R. Corlan¹⁶, C. Cremaschini¹⁷, D. Crussaire¹⁸, J. Cuypers¹⁹, M. Dennefeld²⁰, P. Descamps¹, A. Devyatkin²¹, D. Dimitrov⁴, T. N. Dorokhova²², N. I. Dorokhov²², G. Dourneau⁸, M. Dueñas^{23,24}, A. Dumitrescu¹⁶, N. Emelianov²⁵, D. Ferrara¹², D. Fiel²⁶, A. Fienga¹, T. Flatres²⁷, S. Foglia¹⁷, J. Garlitz²⁸, J. Gerbos²⁹, R. Gilbert¹, R. M. D. Goncalves³⁰, D. González^{23,24}, S. Yu. Gorda³¹, D. L. Gorshanov²¹, M. W. Hansen³², M. Harrington², T. R. Irmambetova³³, Y. Ito³⁴, V. Ivanova⁶, I. S. Izmailov²¹, M. Yu. Khovritchev²¹, E. V. Khrukskaya²¹, J. Kieken⁸, T. P. Kiseleva²¹, K. Kuppawamy⁴, V. Lainey¹, M. Lavayssié³⁵, P. Lazzarotti³⁶, J.-F. Le Campion⁸, E. Lellouch¹⁸, Z. L. Li³⁷, E. Lo Savio¹², M. Lou^{23,24}, E. Magny¹⁵, J. Manek³⁸, W. Marinello¹⁷, G. Marino¹², J. P. McAuliffe², M. Michelli¹⁷, D. Moldovan¹⁴, S. Montagnac¹⁵, V. Moorthy⁴, O. Nickel³⁹, J. M. Nier¹⁵, T. Noet⁴⁰, B. Noyelles^{1,7}, A. Oksanen⁴¹, D. Parrat¹⁵, T. Pauwels¹⁹, Q. Y. Peng⁴², G. Pizzetti¹⁷, V. Priban⁴³, B. Ramachandran², N. Rambaux^{1,8}, M. Rapaport⁸, P. Rapavy²⁹, G. Rau¹⁵, J.-J. Sacré²⁷, P. V. Sada⁴⁴, F. Salvaggio¹², P. Sarlin¹⁵, C. Sciuto¹², G. Selvakumar⁴, A. Sergeyev⁵, M. Sidorov²¹, S. Sorescu¹⁶, S. A. Spampinato¹⁷, I. Stelmacher¹, E. Trunkovsky²⁵, V. Tejfel¹⁵, V. Tudose¹⁶, V. Turcu¹⁴, I. Ugarte², P. Vantighem⁴⁶, R. Vasundhara⁴⁷, J. Vaubaillon¹, C. Velu⁴, A. K. Venkataramana⁴, J. Vidal-Sáinz^{23,24}, A. Vienne^{1,7}, J. Vilar⁴⁸, P. Vingerhoets⁴⁹, and W. Vollman⁵⁰

¹ Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides - Observatoire de Paris, UMR 8028 CNRS, UPMC, USTL, 77 avenue Denfert-Rochereau, 75014 Paris, France
e-mail: Jean-Eudes.Arlot@imcce.fr

² Armagh Observatory, Armagh, Northern Ireland, UK

³ Forum des sciences, Villeneuve d'Ascq, Lille, France

⁴ IIA (Indian Institute of Astrophysics), VBO, Kavalur, India

⁵ Terskol Observatory, Kabardino-Balkaria, Russia

⁶ Rozhen Observatory, Bulgaria

⁷ Observatoire de l'université de Lille, Lille, France

⁸ Observatoire de Bordeaux, Floirac, France

⁹ Dolberg, Germany

¹⁰ Chemnitz, Germany

¹¹ Kiev National University, Kiev, Ukraine

¹² GAC, Catania, Italy

¹³ IAC, Tenerife, Spain



http://www.imcce.fr/langues/fr/observateur/campagnes_obs/phemu15/

PHEMU 2015

IMCCE-SAI: Natural Satellites...

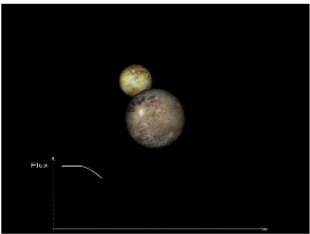

www.imcce.fr/langues/fr/observateur/campagnes_obs/phemu15/index.php?popup=3

phemu 2015 imcce

imcce INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

Cette page a été préparée et les calculs réalisés grâce au programme européen FP7 "ESPaCE".

2015: équinoxe sur Jupiter
LA CAMPAGNE D'OBSERVATIONS PHEMU15 DES PHÉNOMÈNES MUTUELS DES SATELLITES DE JUPITER

Une occultation mutuelle: le signal photométrique

Les dates et les faits importants à retenir en 2015:

opposition	Jupiter 6 février 2015
conjonction avec le Soleil	16 juillet 2014 et 18 août 2015
passage du Soleil dans le plan équatorial de la planète (équinoxe)	5 février 2015
passage de la Terre dans le plan équatorial de la planète	8 novembre 2014, 10 avril et 5 mai 2015
déclinaisons de la planète	+22 à +20 deg.

En 2014-2015, une série d'éclipses et d'occultations va se produire parmi les satellites galiléens de Jupiter du fait de l'arrivée de l'équinoxe sur cette planète en 2015. L'observation de ces phénomènes peut fournir des données de grande qualité. Cependant, afin d'obtenir des données exploitables scientifiquement, il est nécessaire de suivre un protocole d'observation très rigoureux.

Les notes techniques PHEMU donnent plus d'information à ce propos.

Prédiction des phénomènes mutuels

- Tables des prédictions des phénomènes des satellites galiléens de Jupiter (2014-2015)
- Programme interactif donnant les visibilités des phénomènes mutuels des satellites de Jupiter pour tout site d'observation
- Programme interactif calculant les phénomènes des satellites par la planète Jupiter pour tout site d'observation
- Programme interactif donnant les configurations et positions des satellites galiléens de Jupiter pour une date donnée

Téléchargez ici la fiche d'observation à remplir et à renvoyer après chaque observation de phénomène avec les données

Notes techniques PHEMU

- Note technique n°1: Présentation des satellites galiléens et des phénomènes mutuels - [PDF](#)
- Note technique n°2: Présentation des satellites de Saturne et d'Uranus (en préparation)
- Note technique n°3: L'observation photométrique des phénomènes mutuels - [PDF](#)
- Note technique n°4: L'observation des phénomènes mutuels avec une caméra vidéo - [PDF](#)
- Note technique n°5: L'observation des phénomènes mutuels avec une caméra CCD - [PDF](#)

Source : JJ

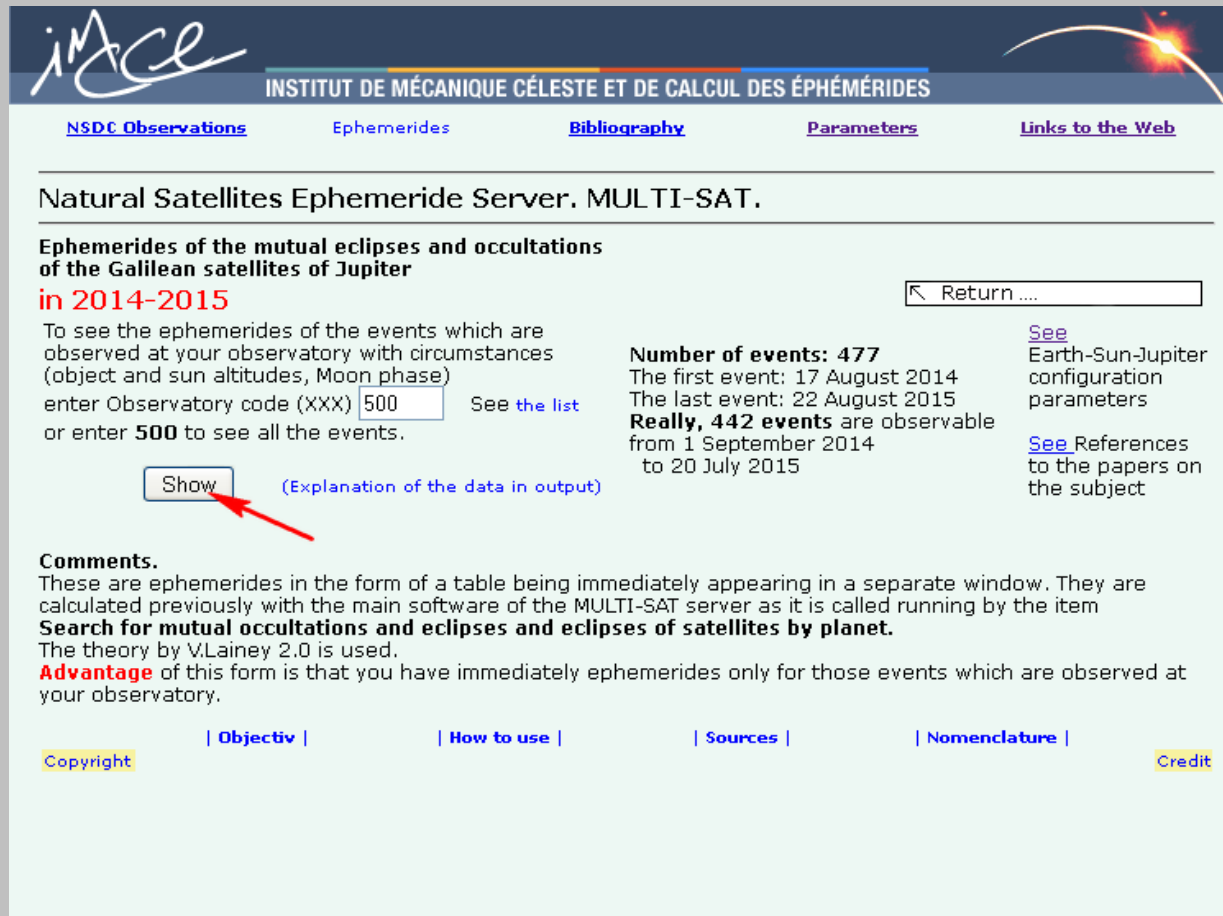
PHEMU 2014-2015 13 juin 2014

18



Comment connaître les éphémérides ?

- Avec le site de l'IMCCE



imcce 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

[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](#)

Source : JJ



Planet: Jupiter (DE405)

Planet

Observer position: Geocenter

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(")
2014	8	17	21 39 8	22	37	14	304	58.1	0.444	5.1	0.161	25.26	:
2014	9	10	17 20 33	17	38	56	4E3	18.4	0.949	5.1	0.014	221.65	31.12 :
2014	9	11	20 23 23	21	41	42	4E3	78.3	0.158	5.1	1.207	63.46	22.58 :
2014	10	5	17 39 13	18	21	2	3E4	41.8	0.625	5.0	0.130	281.74	46.25 :
2014	10	6	20 36 29	20	43	21	204	6.9	0.681	5.4	0.063	125.12	:
2014	10	6	23 30 0	0	45	6	3E4	75.1	0.057	5.0	0.353	98.35	:
2014	10	15	7 5 15	7	8	48	403	3.5	0.938	4.9	0.013	134.21	:
2014	10	15	13 21 22	13	25	58	402	4.6	0.774	5.4	0.131	91.08	:
2014	10	21	2 1 19	2	4	20	203	3.0	0.943	4.8	0.007	129.32	:
2014	10	24	5 8 30	5	11	37	204	3.1	0.869	5.3	0.017	37.33	:
2014	10	24	8 24 28	8	30	9	104	5.7	0.085	5.2	0.249	13.42	:
2014	10	28	5 31 53	5	40	2	203	8.1	0.535	4.8	0.159	136.22	:
2014	10	29	7 22 40	7	26	17	103	3.6	0.868	4.7	0.026	69.23	:
2014	10	31	2 26 31	4	37	45	4E3	131.2	0.044	4.9	1.393	231.83	:
2014	10	31	14 36 30	16	56	5	4E3	139.6	0.318	4.9	0.798	160.54	:
2014	11	1	8 12 1	8	15	25	301	3.4	0.792	4.6	0.074	24.48	:
2014	11	1	11 48 54	11	54	21	401	5.5	0.706	5.1	0.185	69.08	:
2014	11	2	5 53 16	6	12	7	401	18.8	0.268	5.1	0.868	33.92	:
2014	11	2	13 35 52	13	51	34	401	15.7	0.009	5.1	1.113	88.98	:
2014	11	3	12 51 40	13	5	54	403	14.2	0.647	4.8	0.186	250.15	:
2014	11	4	9 4 28	9	14	38	203	10.2	0.164	4.7	0.283	143.21	:
2014	11	5	10 19 11	10	24	25	103	5.2	0.608	4.6	0.131	59.97	:
2014	11	8	10 58 5	11	3	6	301	5.0	0.505	4.6	0.280	37.68	:
2014	11	9	2 57 3	2	58	37	102	1.6	0.906	4.9	0.019	9.52	:
2014	11	9	9 27 59	9	34	10	304	6.2	0.795	4.8	0.036	144.07	:
2014	11	10	14 40 31	14	45	57	204	5.4	0.510	5.2	0.118	37.81	:

Explanations to the table of the ephemerides

of the mutual occultations and eclipses of the natural satellites.

Date begin: h m s - moment of the start of event.

end: h m s - moment of the end of event.

Type - type of the event is given in the form "nEm" or "nOm" where n is the number of eclipsing or occulting satellite, m is the number of eclipsed or occulted one. "E" denotes an eclipse and "O" denotes an occultation.

Dur(m) - expected duration of the event in minutes.

Impact - impact factor which is equal to zero if the event is a central passage of satellite through the shadow or through the apparent disk of another satellite. Impact factor is equal to unit in the case of a grazing event.

m - combined magnitude of the pair of satellites in the event.

Δm - expected maximum drop of the combined magnitude.

limb(") - angular apparent distance of the occulted or eclipsed satellite from the limb of the planet (in arcseconds).

dist(") - angular apparent distance of the eclipsed satellite from the eclipsing one (in arcseconds).

Planet(°) - elevation of the planet above the horizon (in degrees).

Sun(°) - angular apparent depth of the Sun under the horizon (in degrees).

Moon phase - Moon phase (0.0 for new Moon, 1.000 for full Moon).

Durée typique : 5 à 10mn,
mais J2 occulte J1 durant 187 mn
le 12 décembre 2014 à 23h12mn 44s

Source : JJ

1: Io
2: Europe
3: Ganymède
4: Callisto
E: Eclipse
O: Occultation

PHEMU 2014-2015 13 juin 2014

20





Serveur d'éphémérides des satellites naturels des planètes. MULTI-SAT.

Configuration du système de satellites

[Retour ...](#)

Satellites Galiléen et proches de Jupiter

- Choisissez un satellite qui sera marqué d'une croix.
- Mettre au centre de l'image
- Tapez le code de l'observatoire (XXX) (500 pour géocentre) ou voyez [la liste](#)
- L'époque de l'équateur et l'équinoxe
- Choisissez l'échelle de temps: ☒ UTC ☐ TT
- Indiquez le format de la date initiale
- Tapez la date initiale
- Choisissez l'unité du pas la valeur du pas et le champ de l'image
- Choisissez le type de coordonnées ([Explications](#))

Image

[| Objectif |](#)

[| Mode d'emploi |](#)

[| Sources |](#)

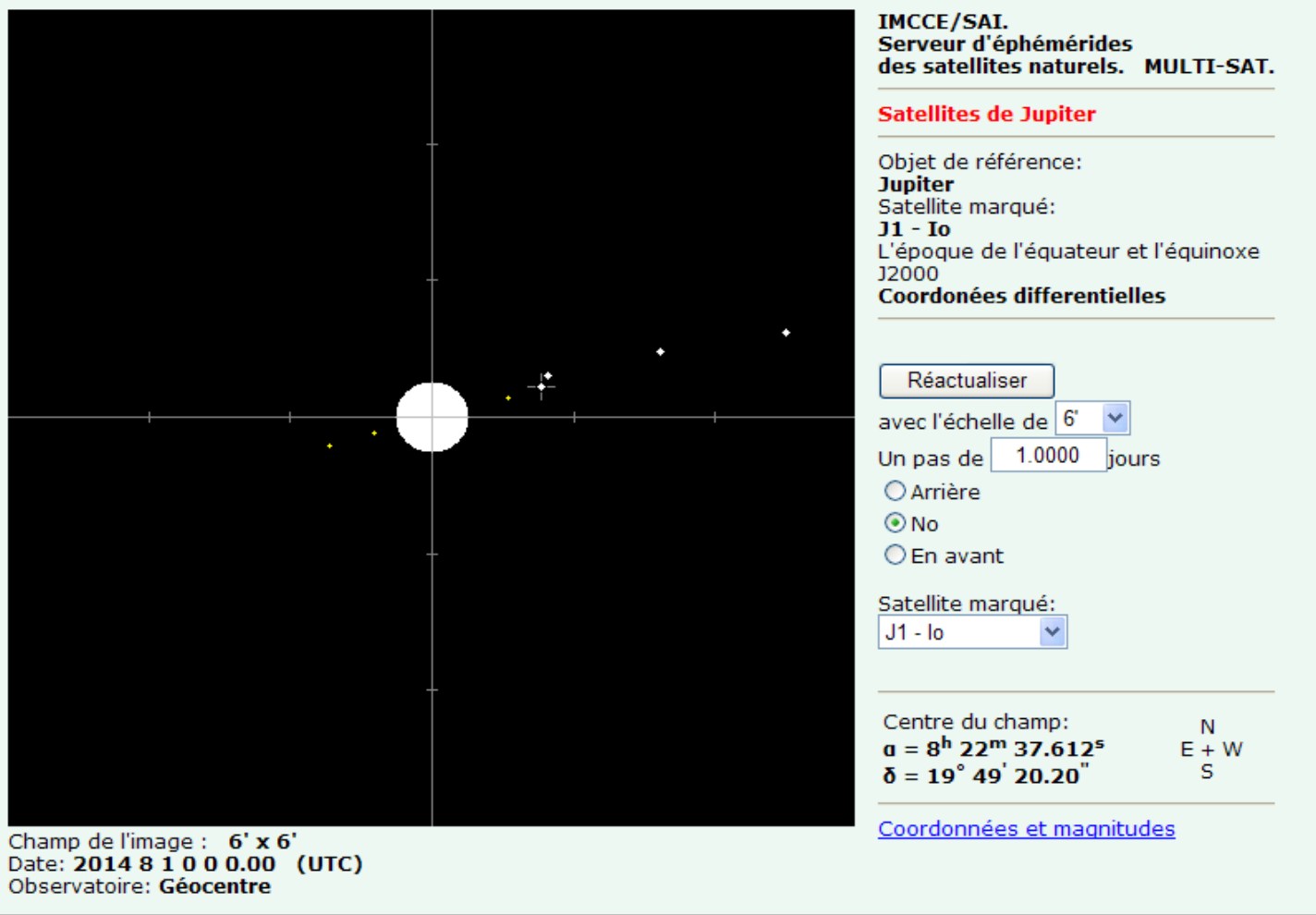
[| Nomenclature |](#)

Copyright

Credit

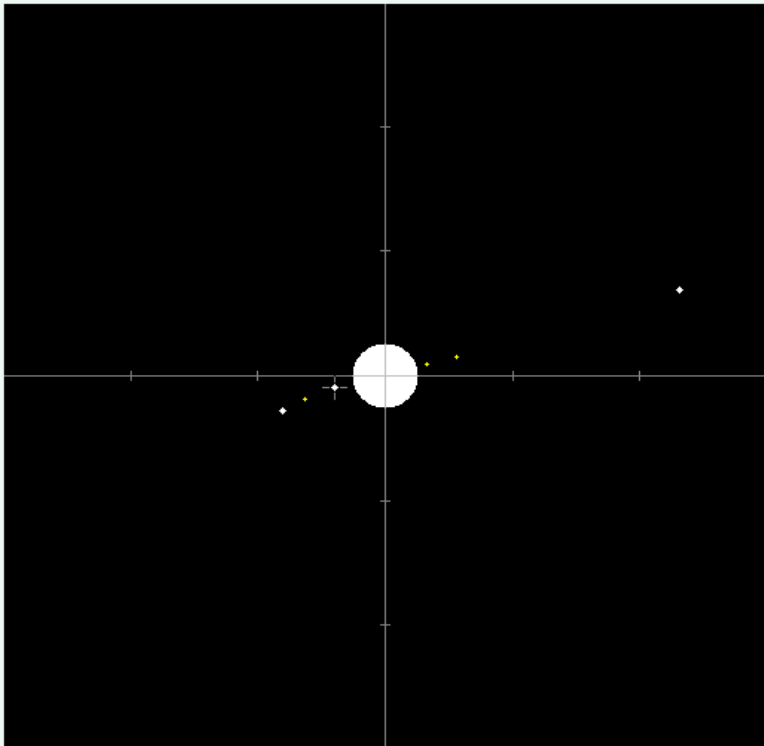
Source : JJ





Source : JJ





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 6'

Un pas de 1.0000 jours

☐ Arrière
☐ No
☒ En avant

Satellite marqué:
 J1 - Io

Centre du champ: N
 $\alpha = 8^h 24^m 27.684^s$ E + W
 $\delta = 19^\circ 43' 19.20''$ S

Coordonnées et magnitudes

Champ de l'image : 6' x 6'
 Date: 2014 8 3 0 0 0.00 (UTC)
 Observatoire: Géocentre

coordinates - Windows Internet Explorer

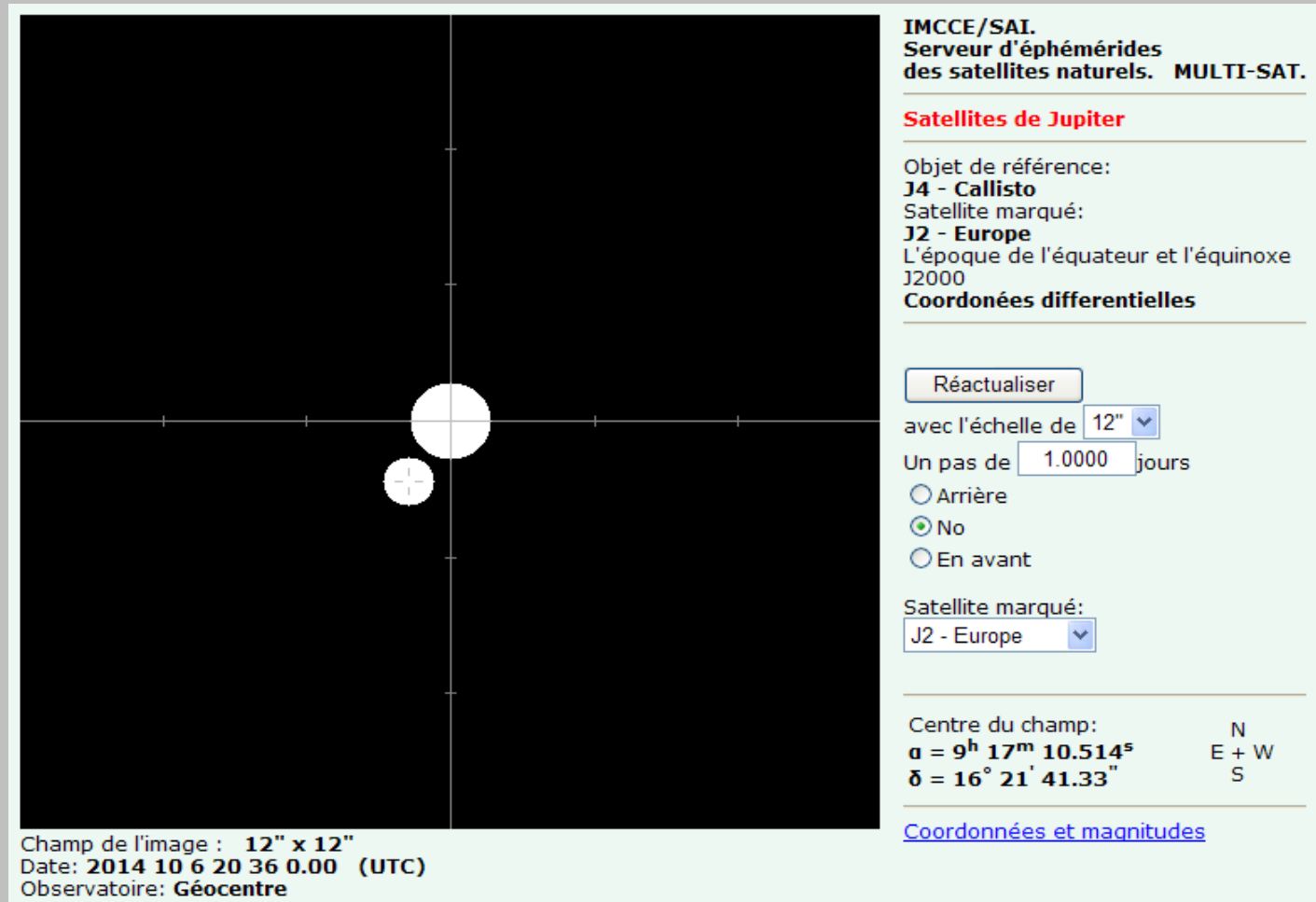
http://www.imcce.fr/tmp/saimirror/newtab.htm

X (")	Y (")	mag	Satellite
23.602	-5.180	5.9	J1 - Io
47.869	-16.530	6.2	J2 - Europe
-139.519	41.607	5.5	J3 - Ganymède
230.671	-58.611	6.5	J4 - Callisto
-34.367	9.197	15.0	J5 - Amalthée
37.940	-10.899	16.6	J14 - Thébé
4.899	-0.923	20.0	J15 - Adrastéia
-20.332	5.885	18.4	J16 - Métis

Source : JJ



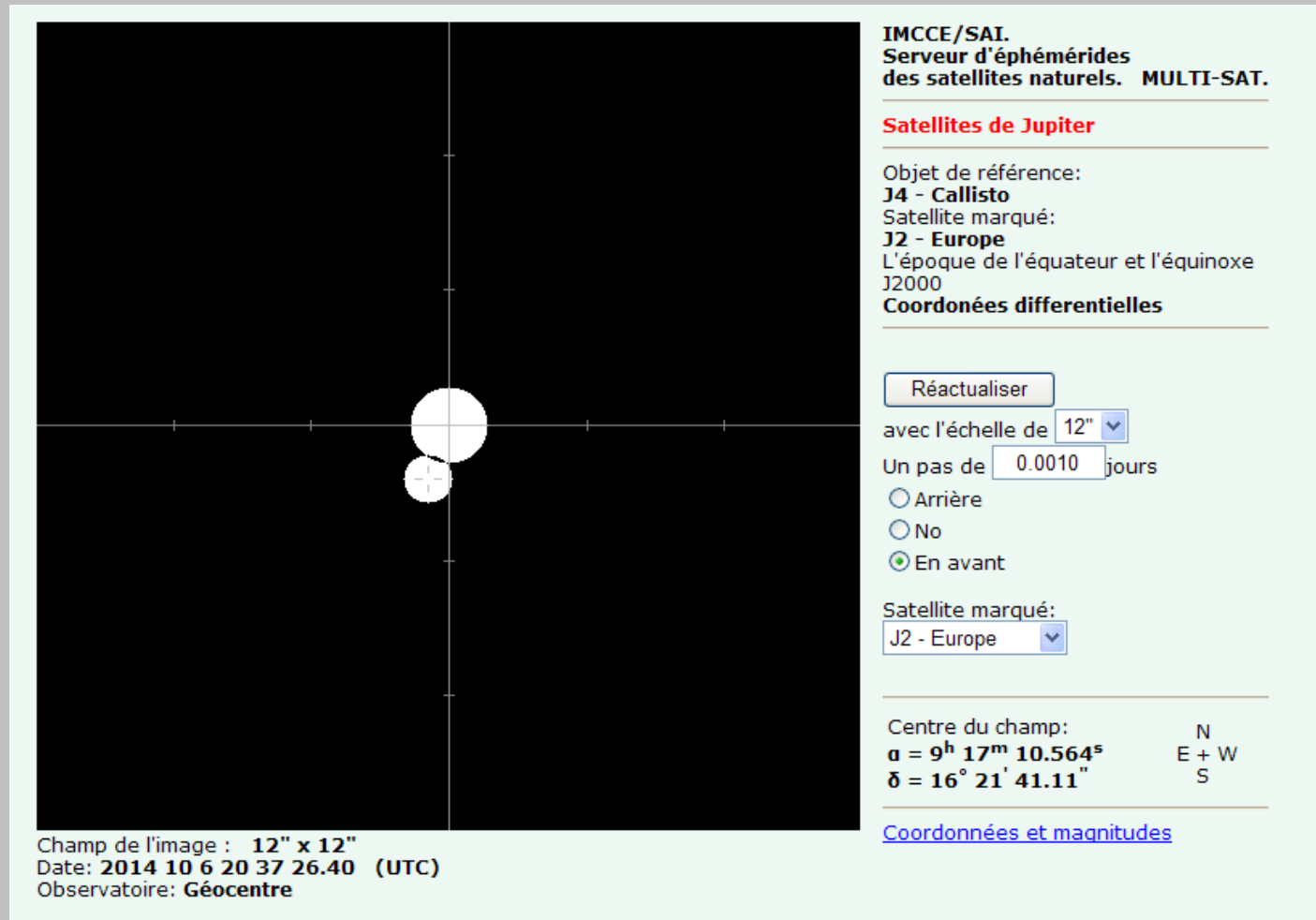
6 octobre 2014 à 20:36 204



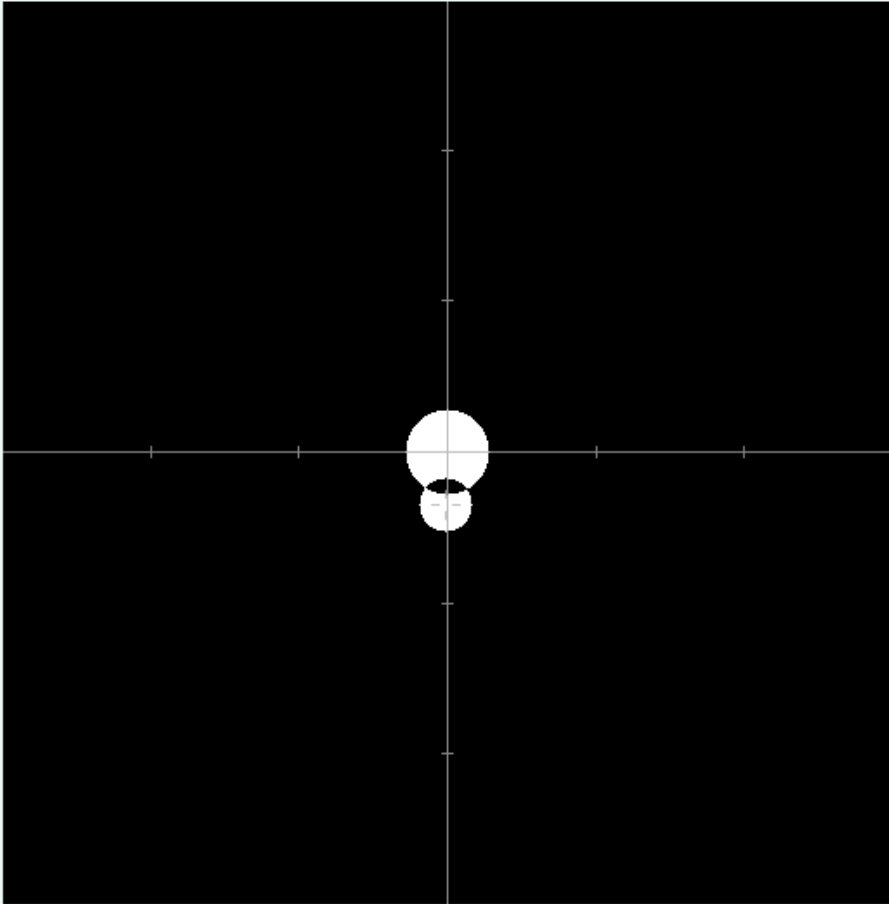
Source : JJ



6 octobre 2014 à 20:36 204



6 octobre 2014 à 20:36 204



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

Satellites de Jupiter

Objet de référence:
J4 - Callisto
Satellite marqué:
J2 - Europe
L'époque de l'équateur et l'équinoxe
J2000
Coordonnées différentielles

Réactualiser

avec l'échelle de 12" ▾

Un pas de 0.0010 jours

☐ Arrière
☐ No
☒ En avant

Satellite marqué:
J2 - Europe ▾

Centre du champ:
 $\alpha = 9^h 17^m 10.613^s$ N
E + W
 $\delta = 16^\circ 21' 40.88''$ S

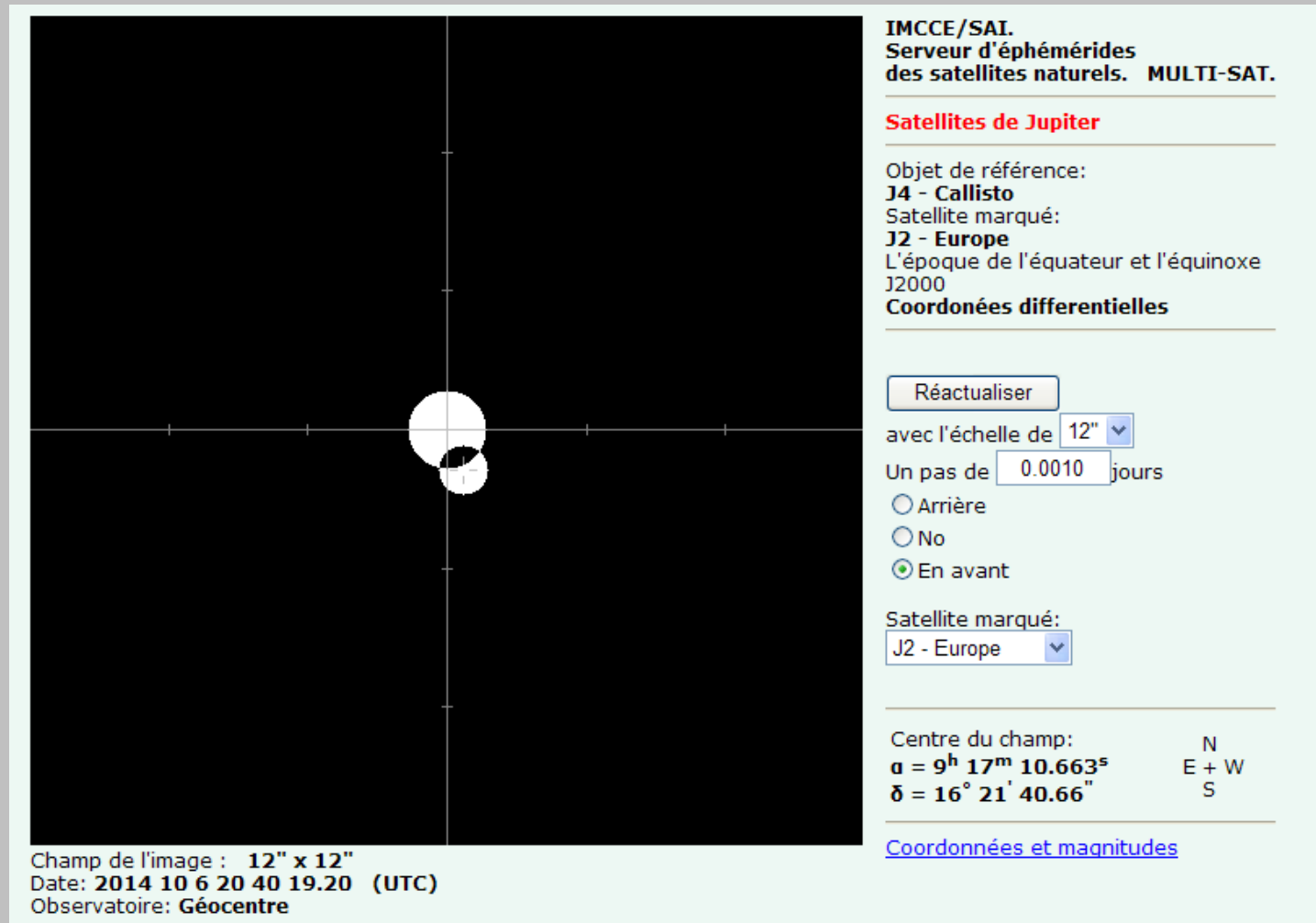
[Coordonnées et magnitudes](#)

Champ de l'image : 12" x 12"
Date: 2014 10 6 20 38 52.80 (UTC)
Observatoire: Géocentre

Source : JJ



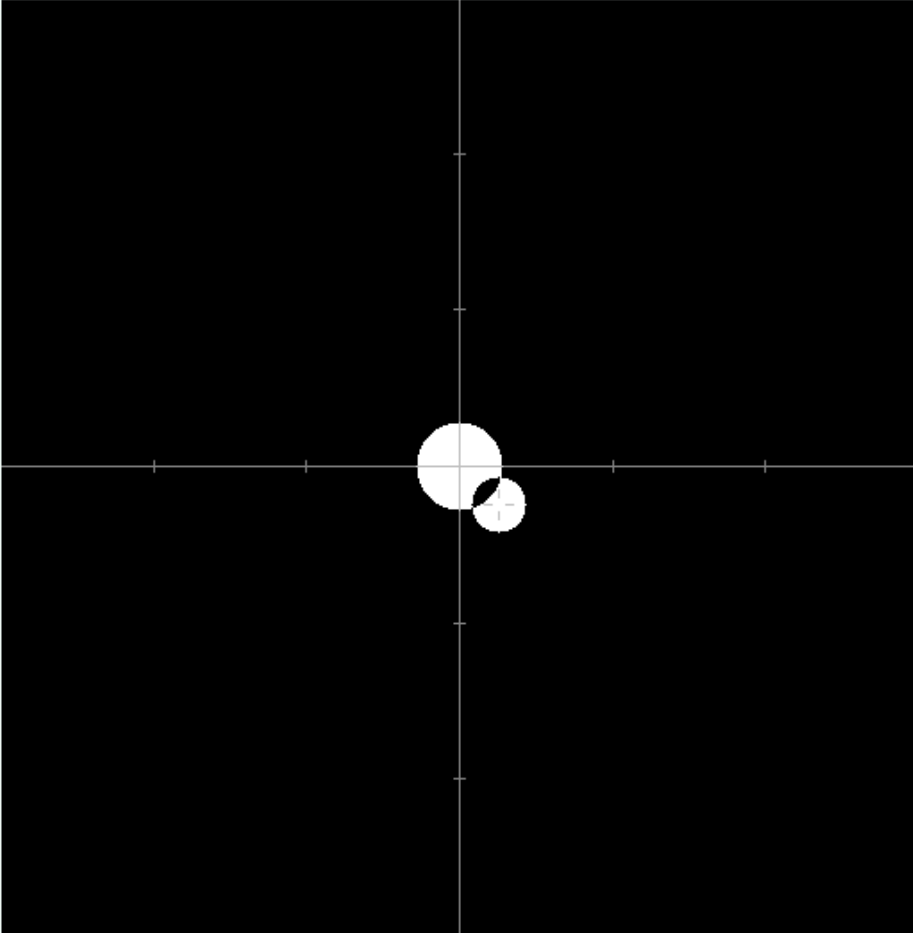
6 octobre 2014 à 20:36 204



Source : JJ



6 octobre 2014 à 20:36 204



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

Satellites de Jupiter

Objet de référence:
J4 - Callisto
Satellite marqué:
J2 - Europe
L'époque de l'équateur et l'équinoxe
J2000
Coordonnées différentielles

Réactualiser

avec l'échelle de 12" ▼

Un pas de 0.0010 jours

☐ Arrière
☐ No
☒ En avant

Satellite marqué:
J2 - Europe ▼

Centre du champ:
 $\alpha = 9^h 17^m 10.712^s$ N
 $\delta = 16^\circ 21' 40.44''$ E + W
S

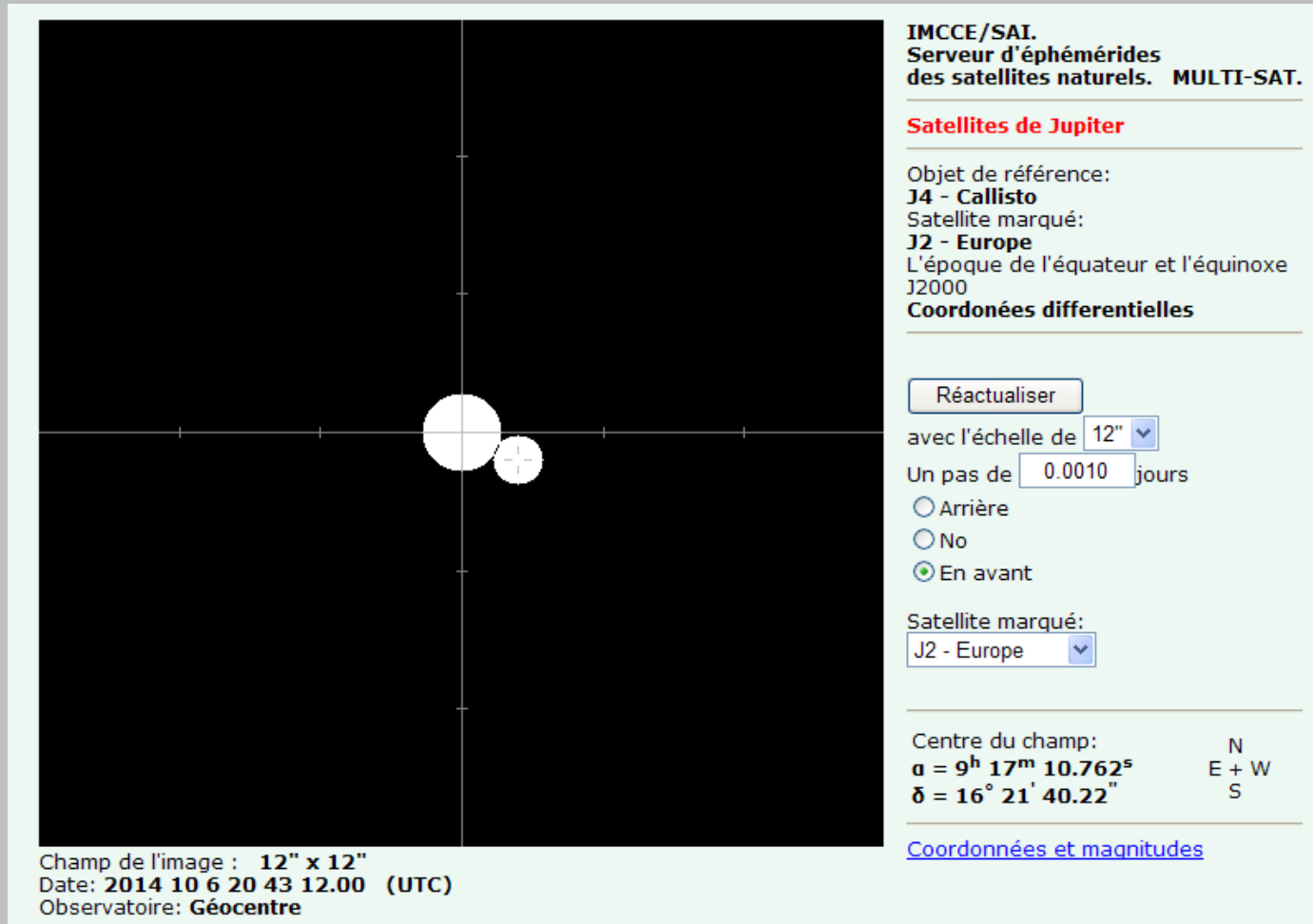
[Coordonnées et magnitudes](#)

Champ de l'image : 12" x 12"
Date: 2014 10 6 20 41 45.60 (UTC)
Observatoire: Géocentre

Source : JJ



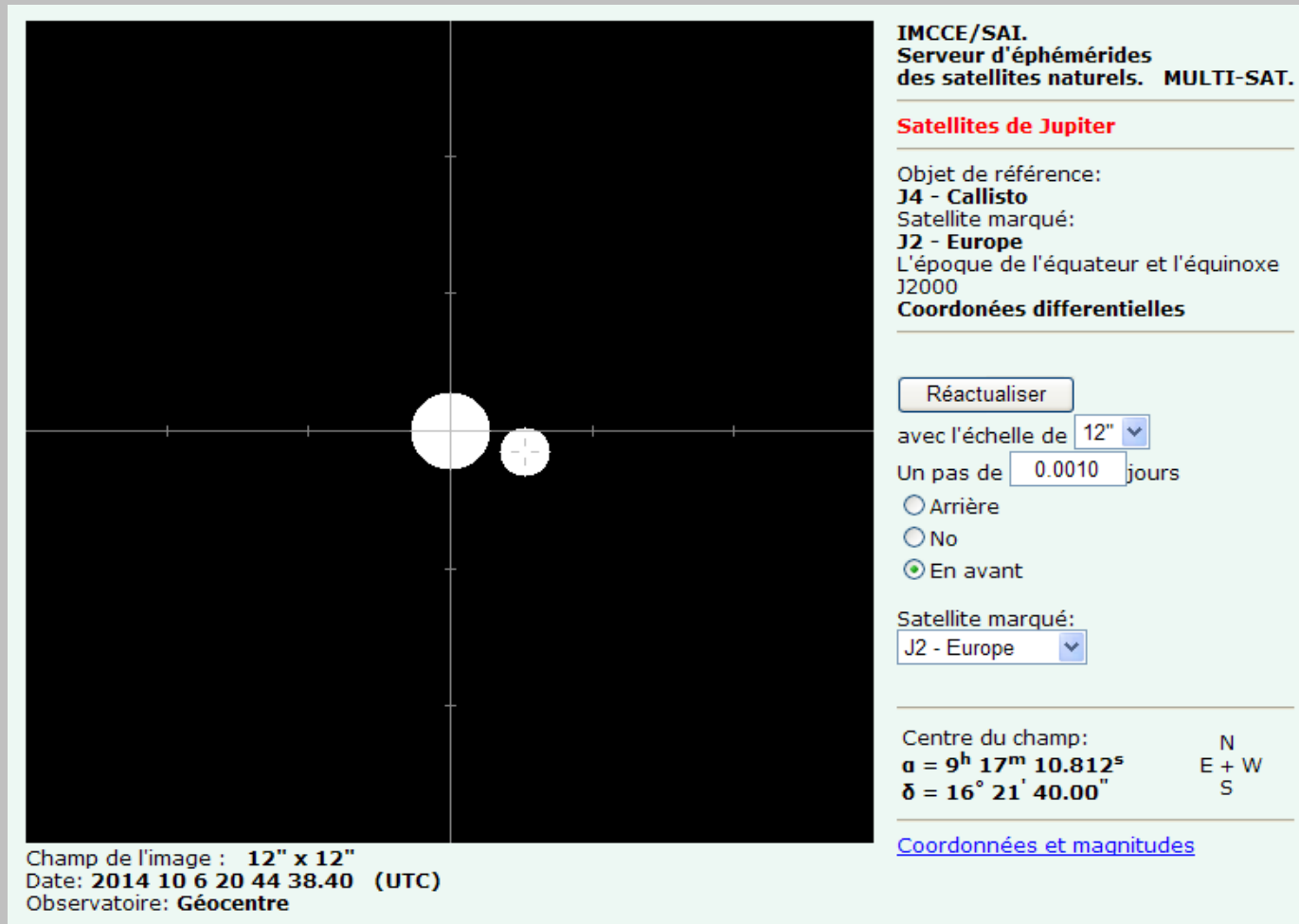
6 octobre 2014 à 20:36 204



Source : JJ



6 octobre 2014 à 20:36 204



Fiche d'observation à retourner à l'IMCCE, avec le fichier de mesures

FICHE DE COMPTE-RENDU D'UNE OBSERVATION
(à renvoyer avec les données de chaque observation à
IMCCE, PHEMU15, 77 ave. Denfert-Rochereau, F-75014 PARIS)
ou à phemu@imcce.fr

PHENOMENE OBSERVE :

DATE et HEURE:

Début et durée de l'observation:

NOMS DES OBSERVATEURS:

INSTITUTION:

ADRESSE:

LIEU DE L'OBSERVATION:

ADRESSE:

Coordonnées géographiques: (longitude: h m s; latitude: ° ' "; altitude= m).
Code UAI:

CONDITIONS météorologiques (brume, passages nuageux?):

Qualité du ciel (stable, transparent?):

Stabilité des images:

Hauteur sur l'horizon au moment de l'observation:

Crépuscule? Lune?

INSTRUMENT UTILISE:

Télescope ou lunette?

Ouverture:

Focale:

RECEPTEUR UTILISE:

CCD ?

Défocalisation effectuée?

Taille du champ du CCD:

EXPOSE UTILISE:



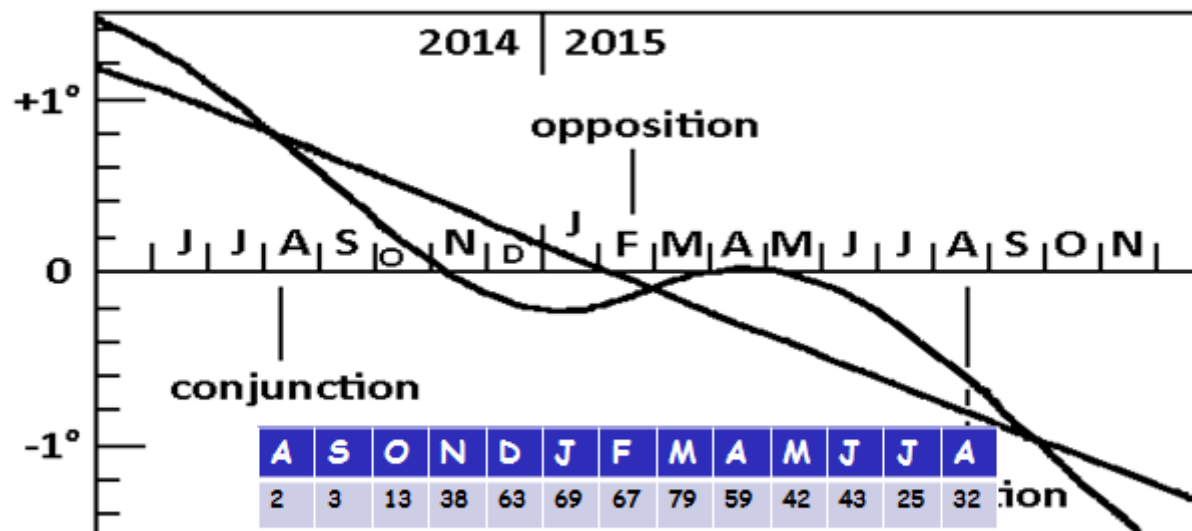
Les dates importantes de 2015

	Jupiter
opposition	6 février 2015
conjonction	16 juillet 2014 et 18 août 2015
Passage du Soleil dans le plan équatorial (équinoxe)	5 février 2015
Passage de la Terre dans le plan équatorial (disparition des anneaux)	8 novembre 2014, 10 avril et 5 mai 2015
Période d'observation	septembre 2014-juin 2015
déclinaisons des planètes	+22 à +20 degrés

Source : IMCCE



Nombre de phénomènes chaque mois



Visibles à Paris →

A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
0	0	4	8	27	21	41	30	26	8	7	2	0

Source : IMCCE



Observation du phénomène mutuel

- C'est une observation photométrique
- Elle doit être datée en UTC à mieux que 0,1s (lo se déplace de 1,7km en 1/10 s)
- En général de 2 à 20 mn
- poses de 0,1 à 2s
- Filtres éventuels :
 - R, en ville
 - Méthane (Baader, Astronomik)



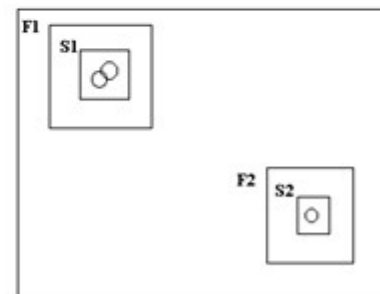
Quel matériel ?

- Un petit télescope : des observations fiables ont été réalisées avec une lunette de 6 cm. la **stabilité** de l'instrument et le **guidage** sont fondamentaux
- Caméra CCD, web-cam, caméscope au foyer de l'instrument. Le **gain** de la caméra ne doit pas être automatique, mais **fixe** durant toute l'observation.
- Chaque image doit être datée en **UTC à 0,1 s près**. L'horloge interne des PCs est insuffisante. Le temps des GPS convient.
- Les images doivent être enregistrées **non compressées**.
- On peut très légèrement défocaliser pour **éviter la saturation** et pour avoir plus de pixels illuminés.
- Peut observer en IR. Les bandes utiles sont : 890nm, 1,3 μm , 2,2 μm . Les flux sont plus faibles => télescopes plus grands !



Corriger les problèmes de photométrie

**Intérêt de l'observation d'images CCD:
enregistrer un objet de référence constant avec les
satellites occulté ou éclipsé**



Source : IMCCE

L'objet de référence est en général un autre satellite galiléen.



Temps d'intégration et échantillonnage temporel

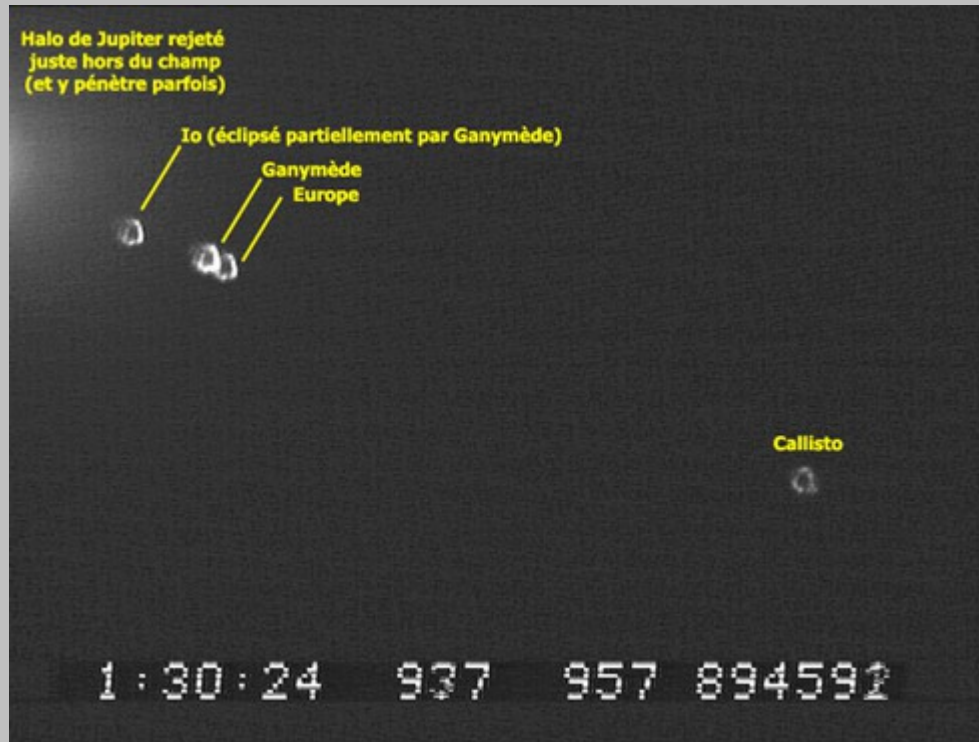
- Temps d'intégration pas trop court (pour avoir un bon rapport signal/bruit) et pas trop long (phénomènes sont courts). Temps correct peut varier de 0,1 à 2 s selon le récepteur.
- Echantillonnage : si le phénomène dure quelques minutes, plusieurs points par seconde . Si le phénomène est long, $> 1/2h$, peut échantillonner avec un point toutes les 2s.
- Penser à tenir compte du temps de lecture et du temps de stockage de l'observation.



La saturation

- Eviter la saturation des images. On perd des photons et l'observation devient fausse.
Donc :
 - diminuer le temps d'intégration de chacun des points (attention à la diminution du rapport signal/bruit)
 - diaphragmer l'ouverture du télescope
 - utiliser un filtre de densité pour diminuer la lumière
 - défocaliser les images pour étaler la lumière sur la cible
- Au moment du phénomène, les satellites sont confondus et la densité de lumière double entraînant une saturation.





Source : IMCCE



Erreurs fréquentes à éviter

- Se tromper de satellites (confusions Nord-Sud, Est-Ouest, miroirs à 45°, ...)
- Commencer l'observation trop tard et penser qu'on va faire les calibrations et rattachements photométriques après le phénomène
- Choisir un mauvais champ avec la CCD
- Croire que le déplacement mutuel est toujours linéaire et 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.
- **DONC : PREPARERE SOIGNEUSEMENT CHAQUE OBSERVATION ET SUIVRE MINUTE PAR MINUTE UNE PROCEDURE REDIGEE A L'AVANCE**



Récapitulation des points importants à bien examiner

- Être sûr que l'on a une base de temps calée sur UTC à mieux que 0,1s.
- Vérifier que Jupiter ne se cachera pas derrière un obstacle pendant l'observation
- Utiliser le cas échéant un filtre adapté : 5000-5300 Å en site urbain, rouge dans le crépuscule ou près de la pleine lune. Indiquer le filtre utilisé.
- Bien identifier les satellites et se méfier des montages optiques retournant le champ
- Bien choisir le champ à enregistrer avec un satellite de référence en plus des satellites du phénomène
- Prévoir le mouvement des satellites pour le guidage et se méfier de l'augmentation de la réfraction lorsque l'on se rapproche de l'horizon.
- Voir si la Lune ou Jupiter risquent de gêner l'observation : lumière parasite.
- Faire des mesures photométriques individuelles de chaque satellite avant et après le phénomène
- Prendre de précautions pour les phénomènes ayant lieu au crépuscule. Ne pas hésiter à les observer en se préparant la veille dans les mêmes conditions.
- Observer avant les phénomènes mutuels une éclipse par Jupiter pour s'habituer au matériel et mettre en place la bonne procédure d'observation.



Heure

- Horloges atomiques via un réseau de communications
Horloge parlante
NTP Tardis, Dimension 4, SNTP
Emetteurs ondes longues : DCF77, Allouis
GPS
- Horloges à quartz
- Horloge interne du PC
- Montres



Horloge parlante

- Les + :
 - Horloge atomique UTC
 - Simple
 - Interface acoustique
- Les - :
 - Accès filaire au téléphone
 - manque de précision du réseau GSM
 - Communication limitée dans le temps
 - peut être occupé
- Précision :
 - < 50 ms sur le territoire national



DCF 77 : émetteur près de Francfort

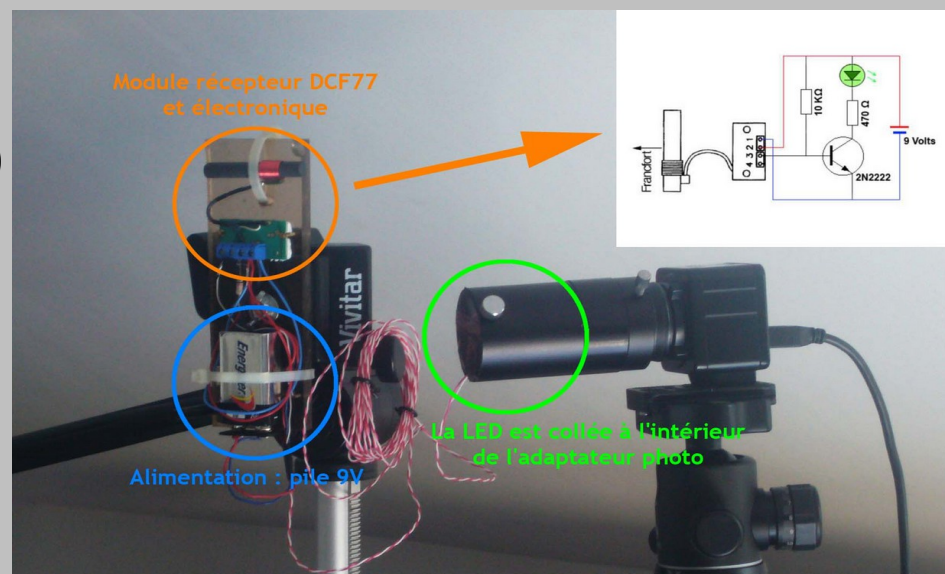
- Porteuse de 77,5 kHz, sensible aux parasites
- Réception du signal peut être interrompue : orage, distance, bâtiments, ...)
- Réception plus aisée et économique que d'utiliser l'heure GPS
- Logiciel : Mouseclock, sur port RS232, décode les impulsions radio et met à l'heure le PC.
- précision : quelques ms
- Ex :

antenne DCF 77 chez Conrad (9 €)

1 transistor 2N2222

1 LED

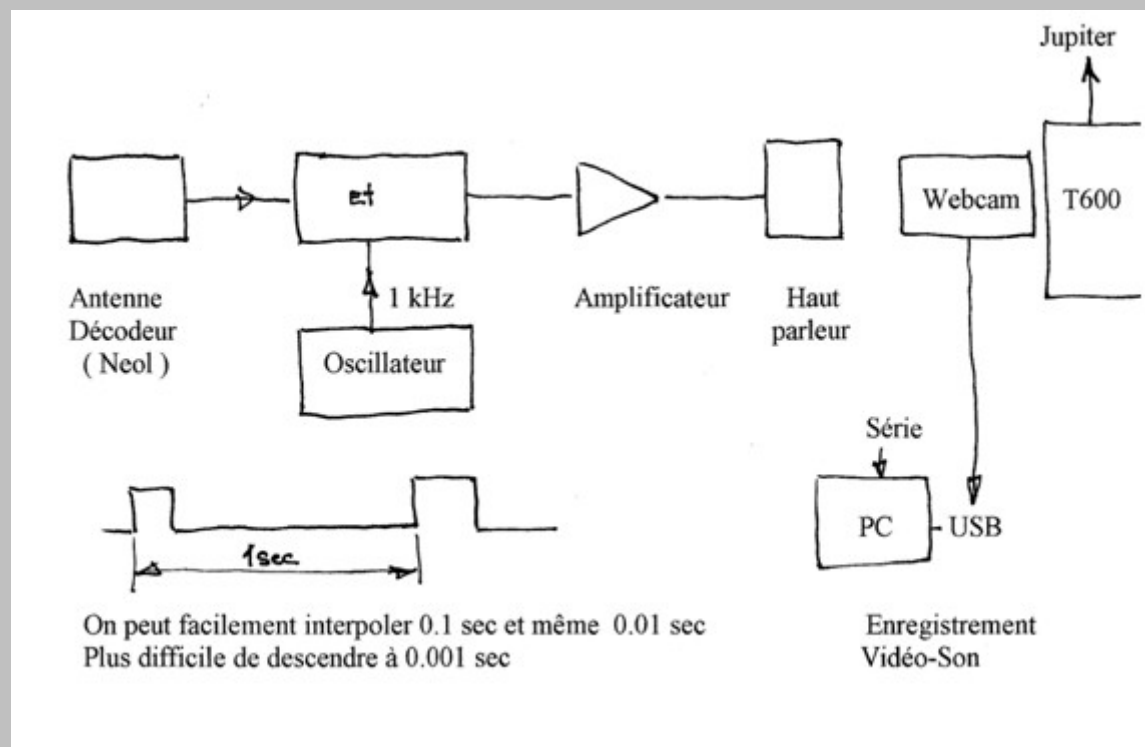
caméra iNova PLA-M (280 €)



source : Drillaud



Schéma d'une horloge sonore



GPS

- 2 types de signaux :
 - PPS (pulse per second), précision à la μs
 - signal NMEA fournissant latitude, longitude, altitude, heure..., précision à la seconde
- Qualité et fiabilité reconnues : récepteur de choix pour les amateurs
- C'est la source la plus précise
- Ex : Garmin 18x LVC
nécessite un port série RS232

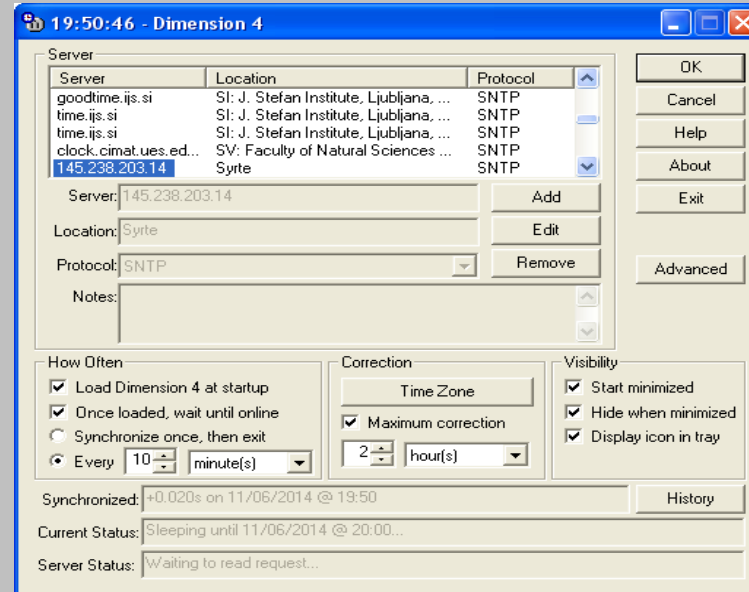


Source : JJ



NTP

- Mise à l'heure par Internet
- Logiciels : Dimension 4, Atom Time, Automachron, YATZ32, TimeSync, iTime, NetTime, ...
- Conçu surtout pour corriger la dérive des horloges internes des ordinateurs et synchroniser les accès aux bases de données.
- Dépend de la qualité du réseau



Source : JJ



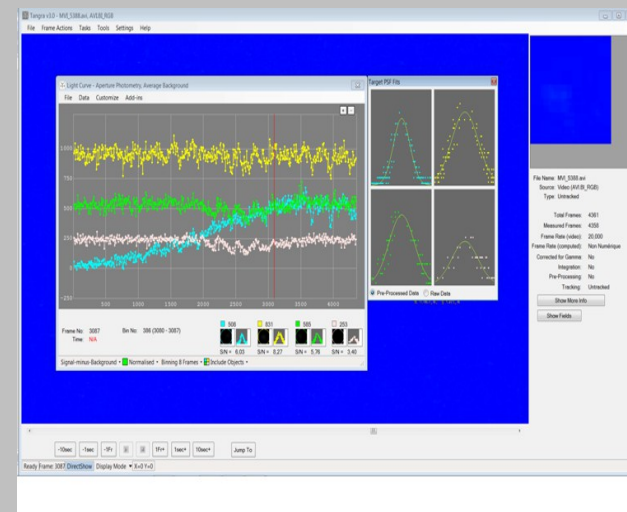
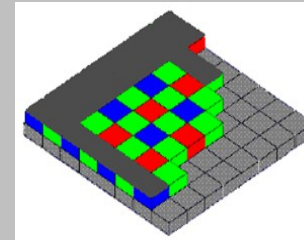
Horloge du PC

- Mise à l'heure du PC réalisable en utilisant :
 - DCF 77
 - Internet
 - GPS
- Logiciels :
 - Lecture à travers l'USB
- Problème : dérive à cause des interruptions matérielles



APN

- Utiliser le mode liveview ou le mode vidéo natif
- Matrice de Bayer
- fichier .avi. Si .mov, faut convertir
- analyse de la vidéo avec Tangra



Caméras

3 modes de fonctionnement :

- 1) caméra numérique en fonctionnement continu, avec datation par repère visuel
- 2) caméra numérique équipée de la fonction "timestamp" pour graver dans la vidéo , la date et l'heure du PC
- 3) caméra numérique asservie et contrôlée par boîtier de synchronisation.



caméra : 1er mode

- caméra numérique en fonctionnement continu, avec datation par repère visuel
Les plus fiables pour la mise à l'heure : clé 3G ou lecture du téléphone portable lors du changement de minute. Ce repère est inférieur au 1/10 de secondes.

La cadence des images enregistrées étant définie à l'avance, la position des images est déterminée d'après leur position dans le film ou la série d'images

Grand nombre de caméras utilisables (ex : caméras IDS, Watec, QHY,...)



Source : JJ



caméra : 2ème mode

- caméra numérique équipée de la fonction "timestamp" pour graver dans la vidéo , la date et l'heure du PC

L'ordinateur est étalonné avec une antenne DCF 77 ou avec un GPS.

Choix de caméras plus restreint

Ex : caméra IDS Giga Ethernet



Source : JJ



caméra : 3ème mode

- caméra numérique asservie et contrôlée par boîtier de synchronisation
Avec le logiciel HIRIS de R&D Vision et son trigger (2000 à 3000 €)
compatible avec plus de 250 caméras
Le trigger impose une alimentation en 220V
précision atteignable : 1/1000 de secondes



Source : JJ



Logiciels

- Hiris de R&D vision
- ImageJ
- dimension 4 (pps ?), pour NTP
- .mov (quicktime)
- live view (APN)
- Tangra
- Muniwin
- Virtual dub



Il faut absolument suivre un protocole d'observation strict lors de l'observation pour ne pas risquer de faire une observation inutile.



Conclusion

- Des phénomènes rares vont se produire en 2014-2015
- Un réseau mondial d'observateurs est indispensable
- Rejoignez-nous !

