

# **Les observations astrométriques des planètes géantes et de leurs satellites**

J.E. Arlot, V. Lainey, V. Robert

(arlot@imcce.fr, lainey@imcce.fr, robert@imcce.fr)

Nice 2010 - GRAM

# Résumé

- L'astrométrie des planètes géantes ne peut être réalisée avec précision que par l'intermédiaire de leurs satellites (naturels ou artificiels i.e. sondes)
- Le modèle dynamique des satellites permettant le passage des observations des satellites à celles de la planète doit être très précis
- Les observations des satellites sont essentielles pour les planètes et aussi pour la connaissance de l'évolution des systèmes de satellites
- Les observations disponibles sont:
  - spatiales (Galileo, Cassini, ...)
  - CCD au sol via les catalogues d'étoiles (sauf pour les gros satellites trop brillants)
  - méridiennes pour les satellites brillants
  - avec filtre ou coronographe pour les satellites proches des planètes
  - via les phénomènes mutuels quand ils se produisent pour les gros satellites
  - via une nouvelle réduction des plaques photographiques anciennes ce qui revient à une observation dans le passé
- Toutes les observations disponibles sont rassemblées dans une base de données accessible

# Références

## **Observations méridiennes:**

-Arlot, J. E.; Dourneau, G.; Le Campion, J. F.:2008, An analysis of Bordeaux meridian transit circle observations of planets and satellites (1997-2007), A&A 484, 869

## **Bases de données:**

-Arlot, J.-E.; Emelyanov, N. V.: 2009, The NSDB natural satellites astrometric database, A&A 503, 631

-Desmars, J.; Vienne, A.; Arlot, J.-E.: 2009, A new catalogue of observations of the eight major satellites of Saturn (1874-2007), A&A 493, 1183

## **Phénomènes mutuels:**

-Arlot, J.-E.; Thuillot, W.; Ruatti, C. and 116 coauthors: 2009, The PHEMU03 catalogue of observations of the mutual phenomena of the Galilean satellites of Jupiter, A&A 493, 1171

-Emelyanov, N. V.: 2009, Mutual occultations and eclipses of the Galilean satellites of Jupiter in 2002-2003: final astrometric results, MNRAS 394, 1037

## **Evolution des systèmes:**

-Lainey, V., Arlot, J.-E., Karatekin, Ö., van Hoolst, T.: 2009, Strong tidal dissipation in Io and Jupiter from astrometric observations, Nature 459, 957

## **Satellites lointains:**

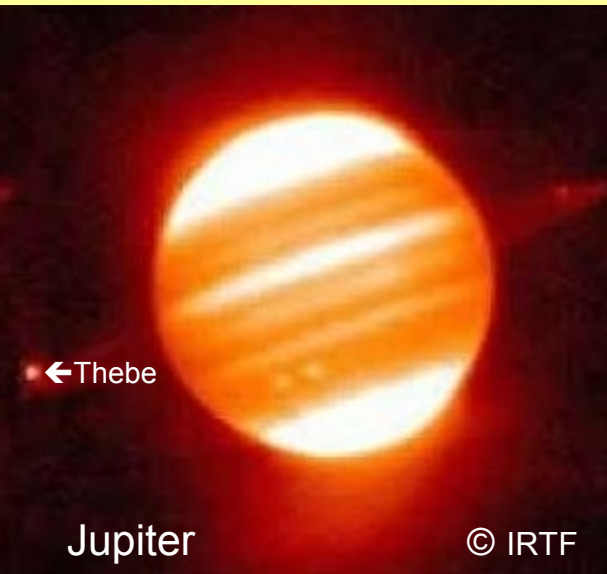
-Arlot, J.-E.; Bec-Borsenberger, A.; Fienga, A.; Baron, N.: 2003, Improvement of the ephemerides of Phoebe, 9th satellite of Saturn, from new observations made from 1995 to 2000, A&A 411, 309

## **Observations anciennes:**

-de Cuyper, J.-P.; Winter, L.; de Decker, G.; Zacharias, N.; Pascu, D.; Arlot, J.-E.; Robert, V.; Lainey, V.: 2009, New Astrometric Reduction of the USNO Photographic Plates of Planetary Satellites, ASPC 411, 975.

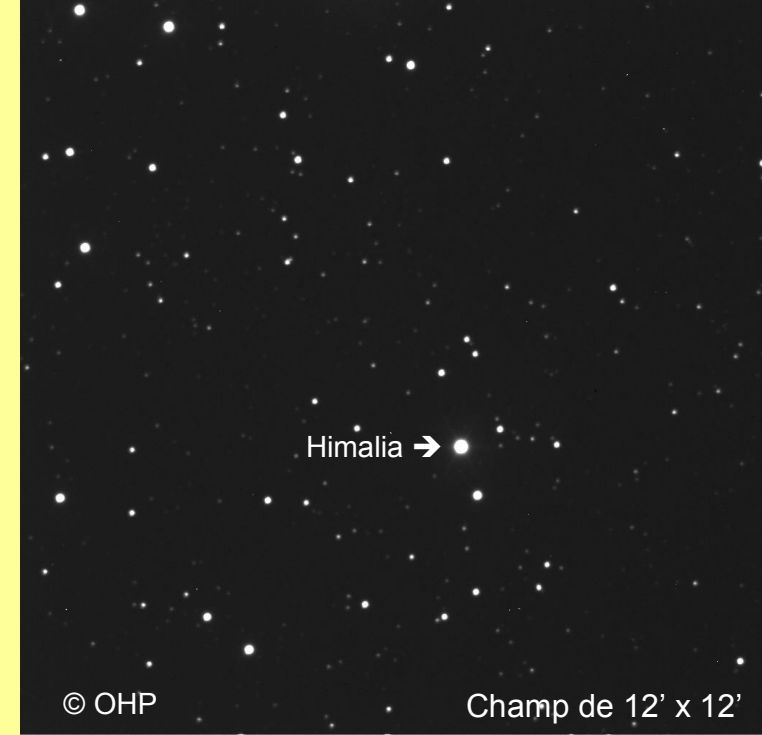
-Robert, V., de Cuyper, J.P., Arlot, J.E., de Decker, G., Guibert, J., Lainey, V., Pascu, D., Winter, L., Zacharias, N.: 2010, The DAMIAN Digitizer: Overview and first results of the astrometric scientific program, soumis .

# Astrométrie au sol

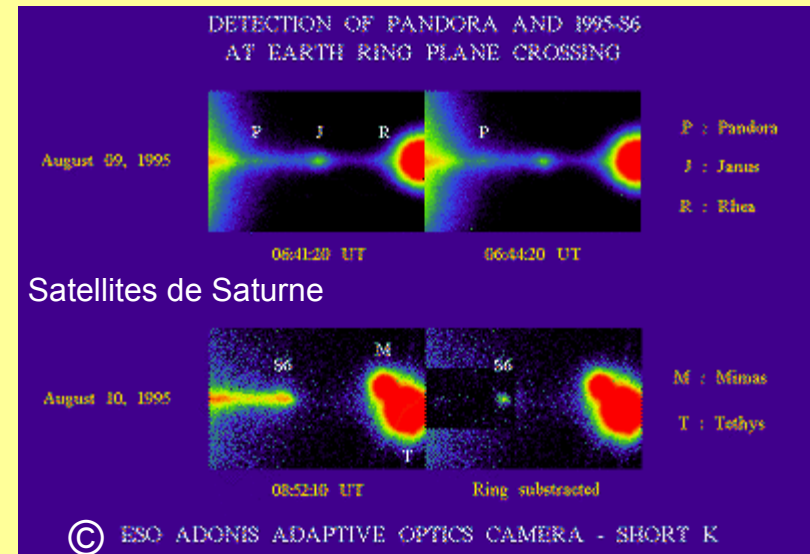
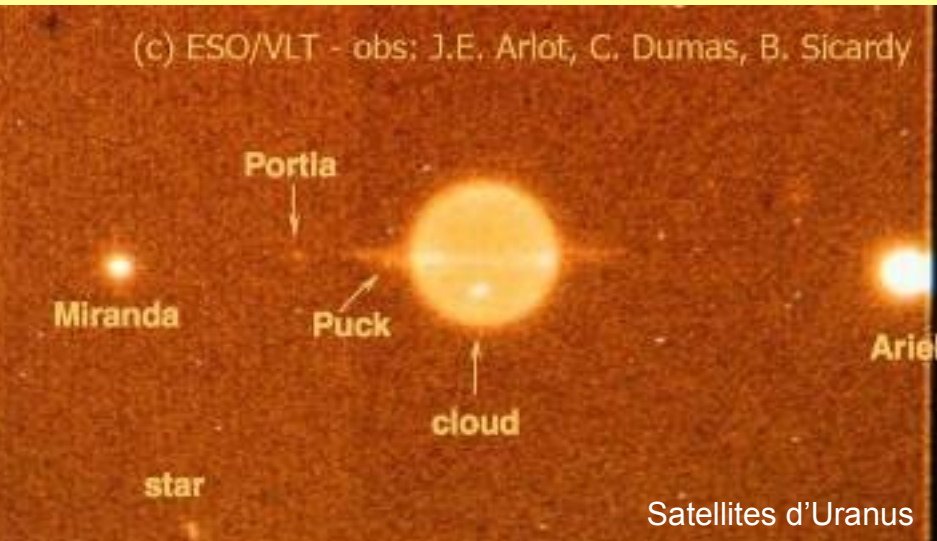


satellites lointains →

←satellites proches  
(filtres K ou coronographe)



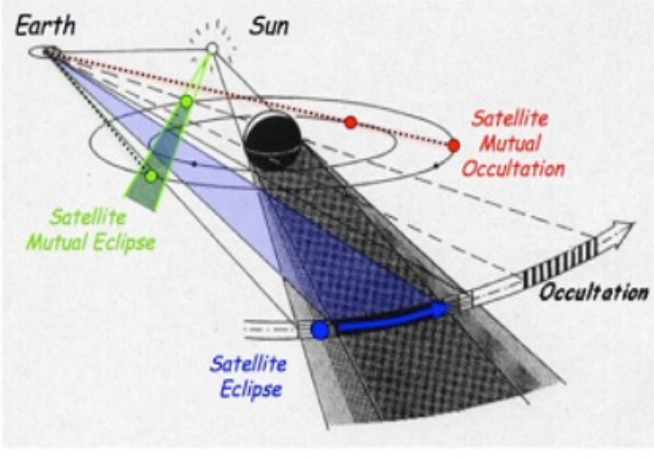
Cas des gros satellites: trop brillants par rapport aux étoiles de catalogue → observations spatiales, méridiennes ou phénomènes



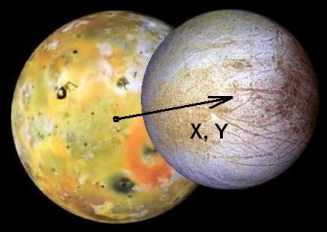
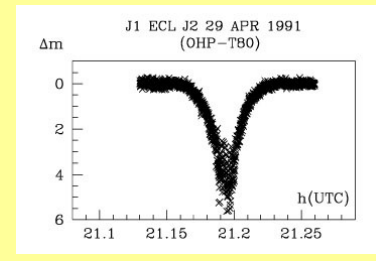
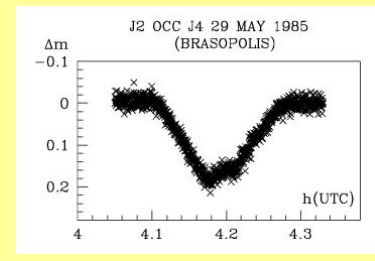
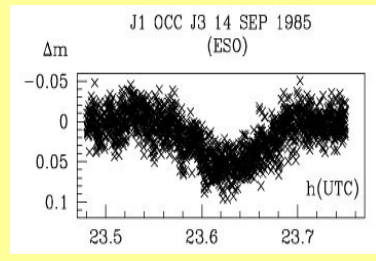
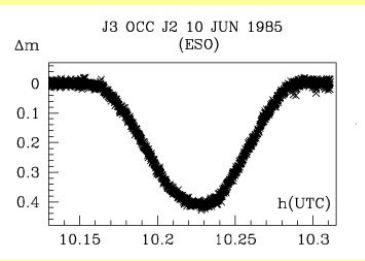
# Phénomènes mutuels

Dernières campagnes:

- Satellites Galiléens (2009)
- Satellites de Saturne (2009)
- Satellites d'Uranus (2007)



Les phénomènes ont lieu à l'équinoxe quand le soleil est dans le plan équatorial de la planète qui est aussi le plan orbital commun des satellites principaux



L'inversion des courbes de lumière observée fournit la distance relative avec une précision de quelques kilomètres

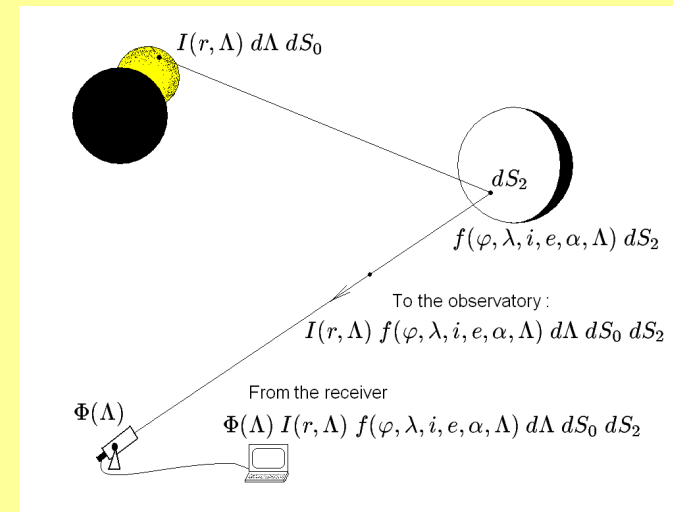
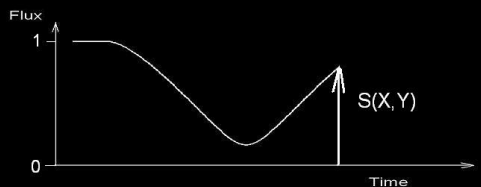


Schéma de modélisation d'une courbe de lumière de l'intensité émise au flux reçu

# Observations méridiennes

- Satellites de Jupiter
- Satellites de Saturne
- Uranus et ses satellites
- Neptune et Triton

|                |    | VSOP82 | DE200 | DE421 | INPOP06 | INPOP08 | INPOP10 |
|----------------|----|--------|-------|-------|---------|---------|---------|
| (O-C) $\alpha$ | Bx | -131   | -125  | -55   | -62     | -120    | -84     |
|                | Ff | -204   | -202  | -54   | -64     | -124    | -80     |
| (O-C) $\delta$ | Bx | -149   | -148  | -84   | -62     | -156    | -138    |
|                | Ff | -130   | -130  | -53   | -34     | -123    | -100    |
| rms $\alpha$   | Bx | 255    | 252   | 199   | 201     | 226     | 209     |
|                | Ff | 265    | 264   | 156   | 160     | 192     | 167     |
| rms $\delta$   | Bx | 268    | 267   | 241   | 233     | 275     | 268     |
|                | Ff | 184    | 185   | 142   | 135     | 181     | 167     |

Résidus pour des positions d'Uranus déduites d'observations des satellites réalisées entre 2000 et 2005 (Bx = Bordeaux; Ff = Flagstaff)

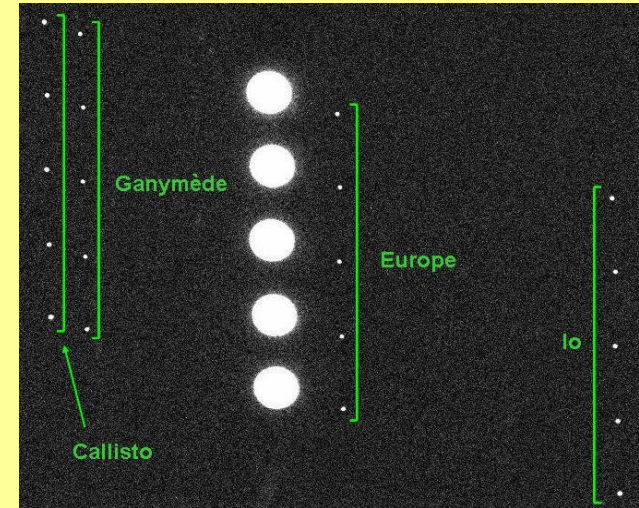
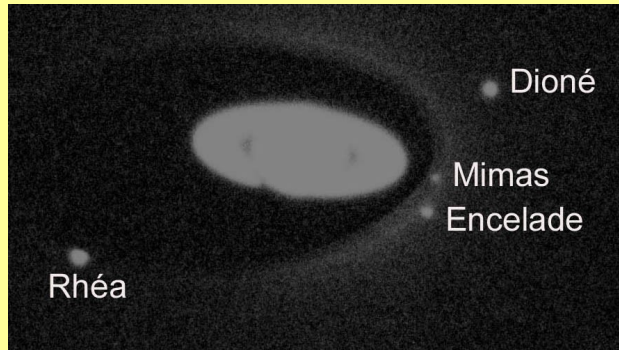
- Avantages:
  - Objets brillants bien observables
  - Rattachement sur une bande de ciel large
- Inconvénients:
  - Une seule observation par jour
  - Précision dépendante de la magnitude des objets
  - Observation non simultanée des satellites d'un même système

Le méridien automatique  
de Bordeaux ↓



# Observations anciennes

- Plaques photographiques scannées:
  - Jupiter
  - Saturne



Résidus moyens de Jupiter calculés avec 120 observations photographiques de Io

|                | VSOP82 | DE200 | DE421 | INPOP06 | INPOP08 | INPOP10 |
|----------------|--------|-------|-------|---------|---------|---------|
| (O-C) $\alpha$ | -22    | -6    | -3    | -6      | 80      | 2       |
| (O-C) $\delta$ | 6      | -8    | 46    | 38      | 79      | 31      |
| rms $\alpha$   | 75     | 86    | 59    | 59      | 100     | 58      |
| rms $\delta$   | 75     | 82    | 74    | 68      | 111     | 65      |

Machine à scanner les plaques de l'observatoire royal de Belgique (précision 70 nanomètres)

# Observations spatiales

- Jupiter: observations Pioneer, Voyager et Galileo
- Saturne: observations Voyager et Cassini

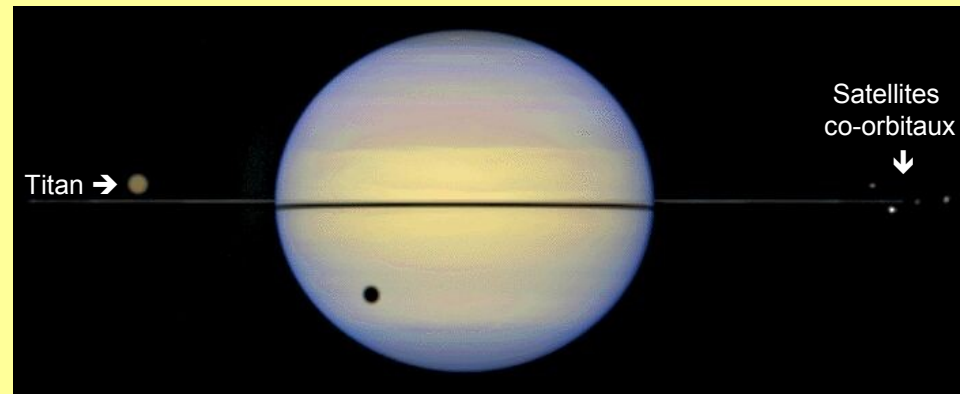


Camera ISS (NAC) de la sonde Cassini  
Champ  $0^{\circ}.35$



Dioné (diamètre 1120 km) et Encelade (diamètre 512 km)  
sur fond d'étoiles UCAC2 (magnitude 9)

Précision de mesure: 10 km



# Précision des observations

- La précision des différents types d'observations:  
résidus  $(O-C)[\alpha \cos \delta]$  (4 satellites)  
1 arcsec = 3000 km

