

# Le projet NAROO

Nouvelle réduction d'observations anciennes avec le catalogue Gaia

Vincent ROBERT, Jean-Eudes ARLOT, Valéry LAINEY

Institut Polytechnique des Sciences Avancées, IPSA  
Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides, IMCCE/OBSPM

03 juin 2016, Journées GRAM

## Introduction

- Observations anciennes et NAROO
- Objectifs scientifiques

## Tests et résultats

- Observations USNO
- Résultats significatifs

## Le catalogue Gaia et NAROO

- Quelles possibilités ?
- Le projet

# Introduction

## Supports observationnels

### Plaques photographiques

- Astrométrie
- Photométrie
- Spectrométrie

### Données "anciennes"

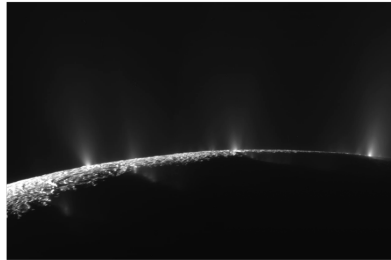
De nouvelles informations sont disponibles grâce à une numérisation et une nouvelle analyse numérique !

### Quantité

Trop!!!!...

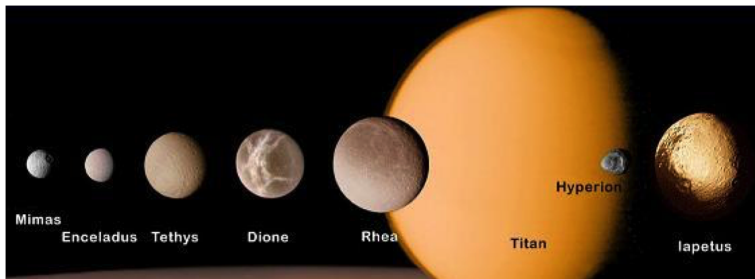
Paris Observatory, U.S. Naval Observatory, Greenwich, Pulkovo, South African Astronomical Observatory...

## Prospective scientifique



Termes cumulatifs mesurés sur le long terme (Lainey et al. 2009, WG Encelade).

## Prospective scientifique



Validation de scénarios de formation (Lainey et al. 2015, WG Encelade).

## Prospective scientifique (en vrac)

### Astrométrie :

- Mesure de la dissipation d'énergie à long terme.
- Extrapolation précise d'éphémérides.
- Pré-découverte de comètes, NEOs et TNOs.
- Dynamique galactique avec les mouvements propres des étoiles.

### Photométrie :

- Évolution de la photométrie des étoiles variables (type Be).

### Spectrométrie :

- Pré-découverte de planètes extrasolaires dans les anciens spectres.

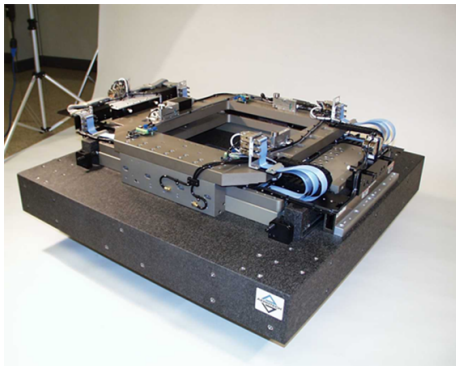
## Tests et résultats



## Plaques photographiques USNO et ORB

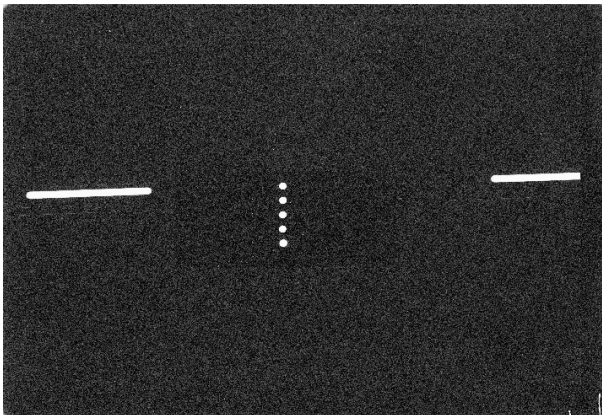
- Convention de partenariat entre l'USNO, l'ORB et l'IMCCE pour des tests de supports couvrant la période 1967-1998 :
  - Évaluation des erreurs du process de numérisation (positionnement, distortion, enregistrement...)
  - Calibration instrumentale
  - Optimisation optique
  - Développement et nouvelle analyse, extraction et réduction
  - Système satellitaire de Jupiter
- Projet européen FP7 ESPaCE :
  - Analyse des plaques USNO de Mars
  - Analyse des plaques USNO de Saturne
  - Analyse de plaques test diverses

## Le scanner DAMIAN

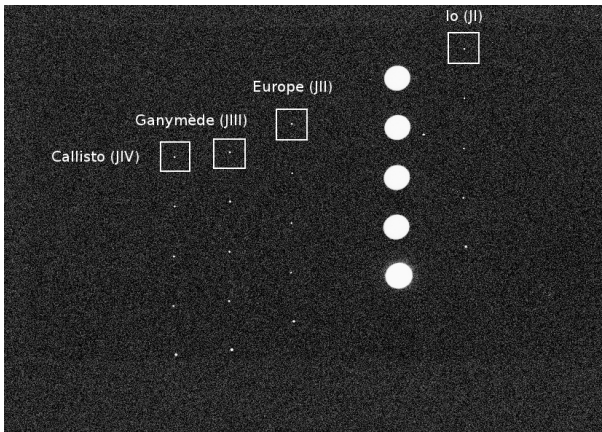


- Table XY sur coussin d'air
- Supports 350mm x 350mm
- Encodeurs : 1 nm
- Orthogonalité, roulis et tangage
- Contraintes environnementales
- Précision : 77 nm  $\simeq$  1.5 mas (Robert et al. 2011)

## Plaque USNO DPJ21014



## Plaque USNO DPJ21014



## Metadata USNO DPJ21014

EXPOSURE NUMBER	EXPOSURE TIME	EXP. START (U. T.) CLOCK READING	EMULSION
1	20 <sup>s</sup>	01 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	103aG-
2	20	01 52 00	FILTER G-6-14(12) + J#6
3	20	01 52 40	OBSERVER DP
4	20	01 53 25	SEEING VG-
5	20	01 54 15	CLOCK ERROR Trans: Hazy
			REMARKS: Aper Full on 1 <sup>st</sup> exp; 16-inch on rest T <sub>a</sub> α #5; 2cw; 01 58 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> T = 84°F (ctf)

## Plaques USNO de Jupiter

- 553 plaques → 2650 observations
- Comparaison des catalogues Hipparcos, Tycho-2, UCAC2 et UCAC3
- Comparaison avec des précédentes réductions
- Comparaison de modèles dynamiques
- Positions de la planète

### Précision des résultats sur 30 ans (Robert et al. 2011) vs FASTT

- Positions intersatellites à 30 mas au lieu de 100 mas !
- Positions équatoriales à 70 mas ( $\simeq 200$  km) pour la première fois !

## Plaques USNO de Jupiter

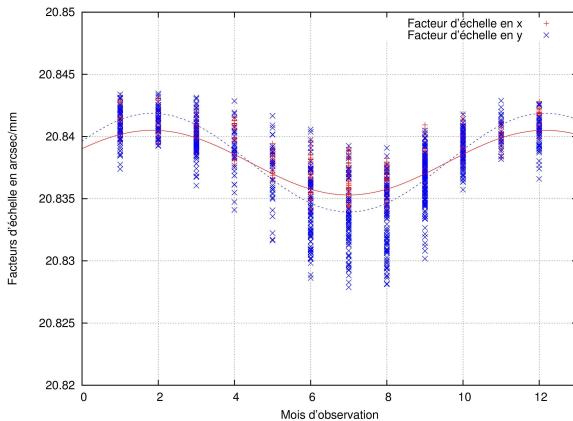
Jupiter	$(O - C)_{\alpha \cos \delta}$	$\sigma_{\alpha \cos \delta}$	$(O - C)_{\delta}$	$\sigma_{\delta}$
INPOP08	42.7	74.3	47.9	94.9
INPOP10	3.1	69.7	34.7	76.4
DE421	-1.3	70.1	39.0	77.6
DE430	-1.8	70.0	37.7	78.0

Différences minimales entre éphémérides sauf INPOP08 (Fienga et al., 2008).

### Une erreur systématique ?

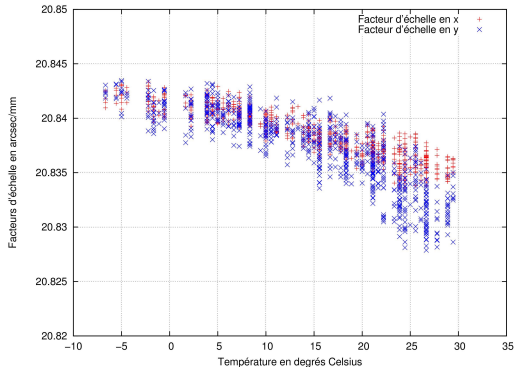
Une explication se trouverait dans l'ajustement des anciennes observations et leur pondération (Hog 1972, Standish et al. 1976, Seidelmann et al. 1985, Pascu et al. 1990, Stone et al. 2003).

## Plaques USNO de Jupiter





## Plaques USNO de Jupiter



- Le facteur d'échelle d'un réfracteur varie en fonction de la température !
- Considération thermique de l'expansion du verre  $\rightarrow \Delta\rho \simeq 0.0085''/mm$

## Plaques USNO de Mars

- 425 plaques → 1100 observations
- Comparaison des catalogues Hipparcos, Tycho-2, UCAC2, UCAC3 et UCAC4
- Comparaison avec des précédentes réductions
- Comparaison de modèles dynamiques

### Précision des résultats sur 30 ans (Robert et al. 2014, 2015) vs Probe

- Positions intersatellites à 40 mas.
- Positions équatoriales à 62 mas ( $\simeq 20$  km)!

## Plaques USNO de Mars

### Une période à 15.4 ans

- Influence du modèle planétaire constatée
- Problème de modélisation (effet de hauteur dû à l'inclinaison et l'excentricité)
- Erreur externe de 10 mas!

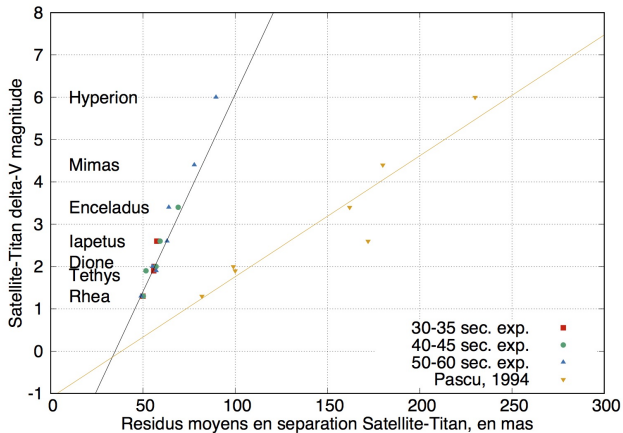
## Plaques USNO de Saturne

- 526 plaques → 1400 observations
- Comparaison avec des précédentes réductions
- Comparaison de modèles dynamiques

### Précision des résultats sur 30 ans (Robert et al. 2016 en préparation)

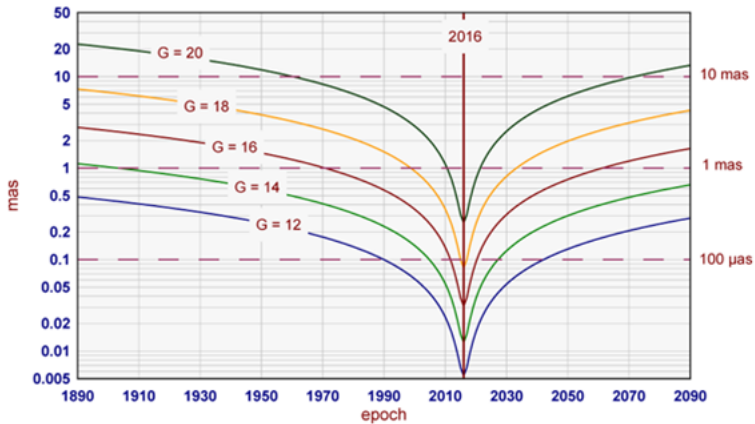
- Positions intersatellites à 40 mas.
- Positions équatoriales à 68 mas ( $\simeq 400$  km)!

## Plaques USNO de Saturne



## Le catalogue Gaia et NAROO

## La révolution Gaia



## Quelles erreurs aujourd'hui ?

### Observation et extraction

- 20-40 mas (Lindgren 1977)
- 15 mas avec Source Extractor (Bertin & Arnouts 1996)

### Effets physiques

- 1 mas pour les corrections sphériques (Kaplan et al. 1989)
- 5 mas pour la réfraction (Robert 2011)
- 5-10 mas pour les perturbations locales (Robert 2011)

### Étoiles de référence

- 15 mas pour l'UCAC4 (Zacharias et al. 2013)

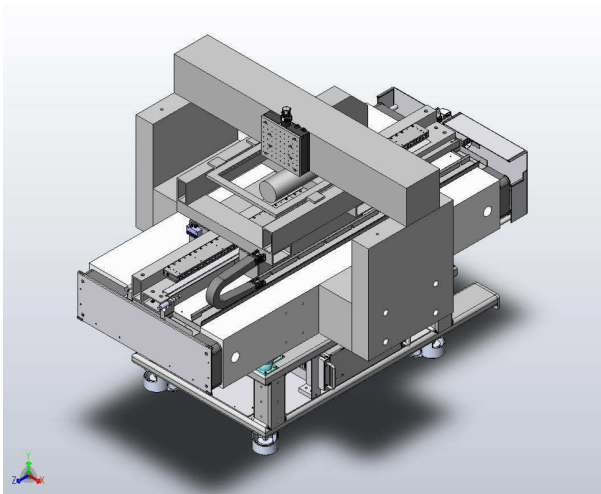


## Le projet NAROO

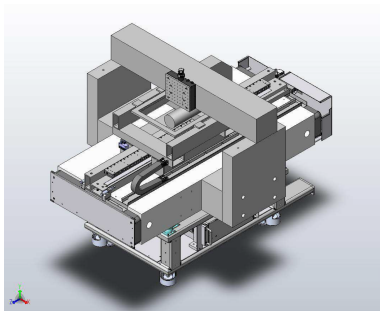
### Objectif

Création d'un centre de numérisation et d'analyse des "anciennes" plaques photographiques (mais pas que) pour raisons scientifiques.

## Le scanner NAROO

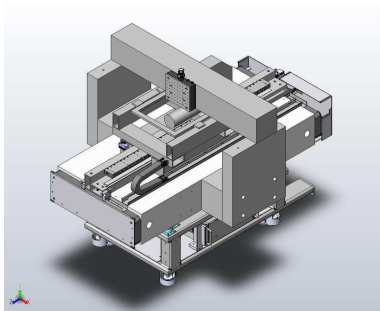


## Le scanner NAROO



- Table XY Microcontrol sur coussin d'air
- Base granit 1900mm × 1400mm
- Supports 350mm × 350mm
- Encodeurs : 1 nm
- Orthogonalité, roulis et tangage
- Caméra CMOS 5.5 $\mu$ m
- Vitesse < 5 min
- Production : 24/24 × 7/7
- Maintenance < 5%

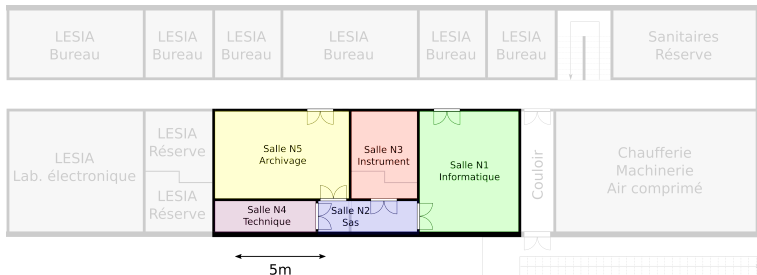
## Le scanner NAROO



### Environnement :

- Salle pressurisée et climatisée  
 $20^{\circ}\text{C} \pm 0.01^{\circ}\text{C}$
- Humidité  $50\%RH \pm 10\%RH$

## Locaux et deadlines



- Installation prévue pour novembre 2016
- Mise en production pour mars 2017

## Questions

