

GAIA et les éphémérides planétaires

A. Fienga⁽¹⁾, J. Laskar⁽²⁾, L. Somenzi^{(1),(2)}, H. Manche⁽²⁾,
M. Gastineau⁽²⁾, C. Leponcin-Lafitte^{(2),(3)}

(1) Observatoire de Besançon,

(2) Observatoire de Paris

(3) Lohrmann Observatory, Dresden

INPOP

(Fienga et al. 2007)

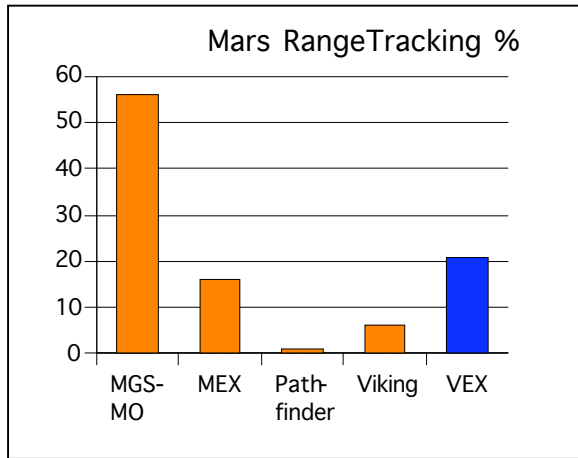
- INPOP : Intégrateur Numérique Planétaire de l'Observatoire de Paris
- Ephémérides Planétaires du DPAC
- 1er release fourni par l'équipe INPOP en 2007 au DPAC
- 1er release suivant un cahier des charges défini par DPAC
TCB, précision de la représentation, format des fichiers
etc...

INPOP

(Fienga et al. 2007)

- Numerical integration with extended precision
80b
- Planets, Moon, Asteroids, Earth Rotation
- SSB
- PPN formulism (Moyer 2000) $1/c^2$
- INPOP(TCB) and INPOP(TDB) (S. Klioner)
 - Fit to ~ 72 000 space and Earth-based data + LLR
 - Determination of ~ 20 to 40 Asteroid masses and densities
 - J_2, β, γ estimated
 - INPOP realisation of TCB

Les Observations d'INPOP

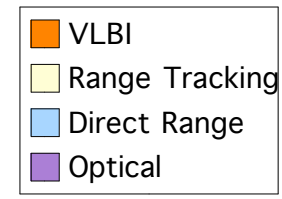
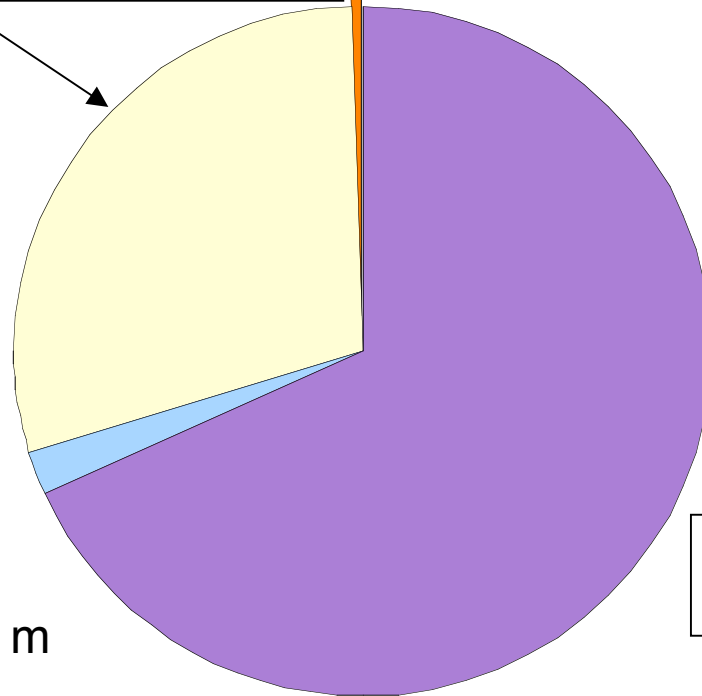
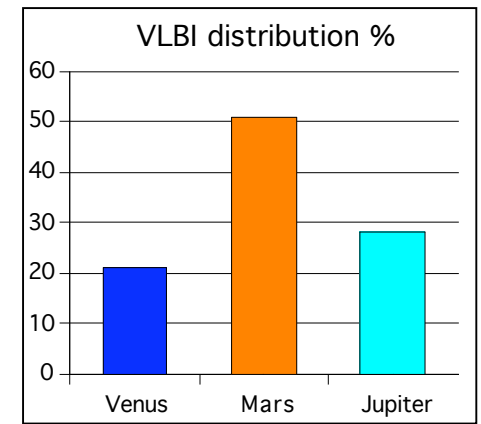


$\sigma \sim 4-10 \text{ m}$

Range Tracking: 29 %
MGS-MO, Path, MEX, Viking
VEX

VLBI: 0.15 %
Venus, Mars, Jupiter

$\sigma \sim 1-10 \text{ mas}$

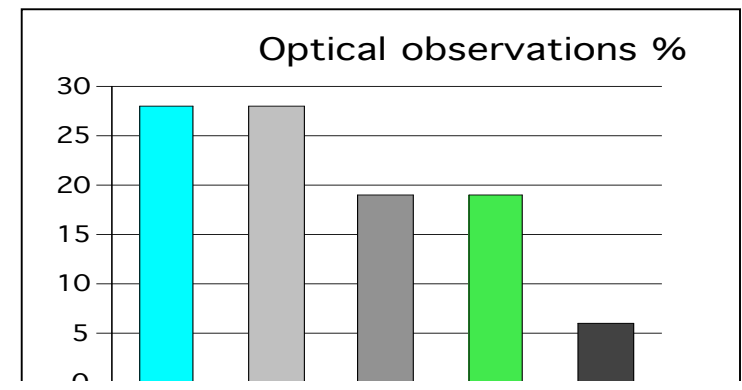
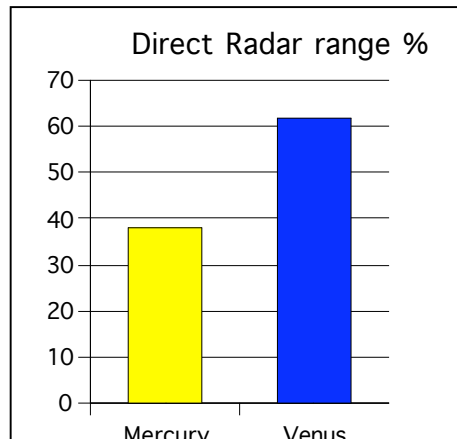


Direct range: 2 %
Venus, Mercury

Optical: 73.35 %
Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune, Pluto

$\sigma > 500 \text{ m}$

$\sigma \sim 300 \text{ mas}$



A l'heure actuelle, on estime

- les CDI des planètes et de la Lune

- l'UA => masse du soleil
- J2
- Tests de contraintes sur \mathbb{W}_3 \mathbb{W}_4

- 3 densités taxonomiques estimés avec $\sigma \sim 10\%$
- 13 masses d'astéroïdes avec les précisions suivantes:

- \mathbb{W}_2 GM_Ceres < 1%
- \mathbb{W}_2 GM_Pallas < 1%
- \mathbb{W}_2 GM_Vesta < 1%

- \mathbb{W}_2 GM_AST(3) ~ 4%
- \mathbb{W}_2 GM_AST(19) ~ 8%
- \mathbb{W}_2 GM_AST(704) ~ 10%
- \mathbb{W}_2 GM_AST(10) ~ 10%

- \mathbb{W}_2 GM_AST(6) ~ 20%
- \mathbb{W}_2 GM_AST(9) ~ 25%
- \mathbb{W}_2 GM_AST(7) ~ 30%
- \mathbb{W}_2 GM_AST(324) ~ 30%
- \mathbb{W}_2 GM_AST(31) ~ 30%
- \mathbb{W}_2 GM_AST(41) ~ 30%

+ ~ 20 en cours ...

Détermination de J_2 et contraintes sur β dans INPOP06

$$J_2 = (2.37 \pm 0.40) \text{ with } \beta < 10^{-5}$$
$$J_2 = (2.87 \pm 0.40) \text{ with } \beta < 10^{-4}$$

/ (Standish 2006)

$$J_2 = (2.34 \pm 0.49) \times 10^{-7} \text{ with } \beta = 1$$

INPOP \Rightarrow J_2 à $\sim 20\%$ avec β contraint à 10^{-5}

1- Mercure
2- Mars

Les éphémérides planétaires et GAIA: les planètes extérieures

Pas d'observations directes de planètes

Observations de satellites

TASSx, SATy



Meilleures estimations du barycentre du système planétaire

Pseudo-observations des planètes

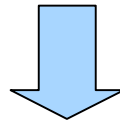
INPOP



= cohérence des modèles ?

- Amélioration des orbites des planètes extérieures (Al'ha ~100 mas)
- 1er Pt de Raccordement direct avec le repère de référence GAIA

I- Détermination et améliorations des orbites des astéroïdes

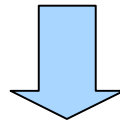


INPOP

Impact direct sur Mars

2ième Pt de Raccordement avec le repère de référence GAIA

II- Détermination et améliorations des masses des astéroïdes



INPOP

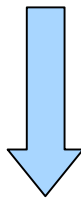
- Les + perturbateurs pour Mars \neq étudiés avec GAIA
- Estimations faites avec INPOP à comparer avec celles de GAIA
- Estimations globales au sein d'INPOP ajusté aux observations GAIA

Détermination de γ via la déflexion des rayons lumineux

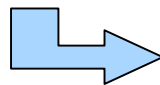
Détermination de J_2 , \mathbb{W} via les astéroïdes

Mais

$$\Delta a = F(\mathbf{r}, J_2, \mathbb{W}) \Rightarrow J_2, \mathbb{W} \text{ difficile à décorreler}$$



Estimations globales au sein d'INPOP ajusté aux observations GAIA



Stratégie privilégiée pour Bepi-Colombo

Détermination de J2 et contraintes sur beta dans INPOP06

$J_2 = (2.37 \pm 0.40)$ with $\beta < 10^{-5}$
 $J_2 = (2.87 \pm 0.40)$ with $\beta < 10^{-4}$

/ (Standish 2006)
 $J_2 = (2.34 \pm 0.49) \times 10^{-7}$ with $\beta = 1$

INPOP version	Sun J2	beta - 1
06a	1.95 +/- 0.55	< 10 ⁻⁵
	2.5 x 10 ⁻⁷	< 10 ⁻⁴
06b	2.63 +/- 0.55	< 10 ⁻⁵
	3.15 x 10 ⁻⁷	< 10 ⁻⁴
06c	2.45 +/- 0.55	< 10 ⁻⁵
	2.95 x 10 ⁻⁷	< 10 ⁻⁴
06d	2.40 +/- 0.55	< 10 ⁻⁵

- Venus improvement
 - new weight scheme

same omc but
 $\Delta EMB_a = 75$ cm

Mercury oriented fit

	Unit	DE405 (Standish, 98)	DE411 (Standish, 04)	EMP04 (Pitjeva 05)	DE414 (Standish, 05)	INPOP06a
Mass of Ceres	$10^{-10} M_{\oplus}$	4.64	4.554	4.753 ± 0.007	4.699	4.746 ± 0.006
Mass of Vesta	$10^{-10} M_{\oplus}$	1.34	1.280	1.344 ± 0.001	1.358	1.338 ± 0.002
Mass of Pallas	$10^{-10} M_{\oplus}$	1.05	1.059	1.027 ± 0.003	1.026	0.995 ± 0.003
Mass of Iris	$10^{-10} M_{\oplus}$			0.063 ± 0.001	0.060	0.089 ± 0.002
Mass of Bamberga	$10^{-10} M_{\oplus}$			0.055 ± 0.001	0.047	0.060 ± 0.002
Density of C class		1.8	1.8	1.4	1.6 ± 0.22	1.93 ± 0.12
Density of S class		2.4	2.4	3.5	2.07	2.13 ± 0.11
Density of M class		5.0	5.0	4.5	4.3 ± 0.43	4.47 ± 0.012
Mass of Asteroid ring	$10^{-10} M_{\oplus}$			3.55 ± 0.35	0.329	0.34 ± 0.15
Distance of ring	UA			3.13 ± 0.05	2.8	2.8
Sun J2	$X 10^{-7}$	2	2	1.9 ± 0.3	2.3 ± 2.5	1.95 ± 0.55