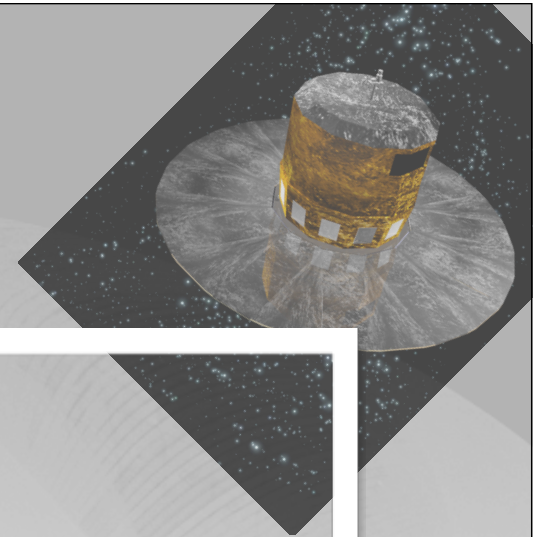


gaia



# Gaia

## DRI & SSO

objets du système solaire

D. Hestroffer - IMCCE  
W.Thuillot, J. Desmars, V. Robert, S. Bouquillon

*Forum AF-Gaia – 16 septembre 2016*



# Objectifs scientifiques

---

- Chaînes de réduction
  - ▶ **ST** cycle quotidien / run
    - identification
    - astrométrie, photométrie
    - bundling, nouveaux objets
    - orbites préliminaires et alertes
  - ▶ **LT**  $\approx$  cycle semestriel / toutes les données
    - astrométrie, photométrie, bundling, etc.
    - inversions globales astrom. et photom.

# Objectifs scientifiques

---

RVS

- *spectroscopie*
  - ▶ *calibration*

CCD

- 'imagerie'
  - ▶ taille, forme, binarité, ...

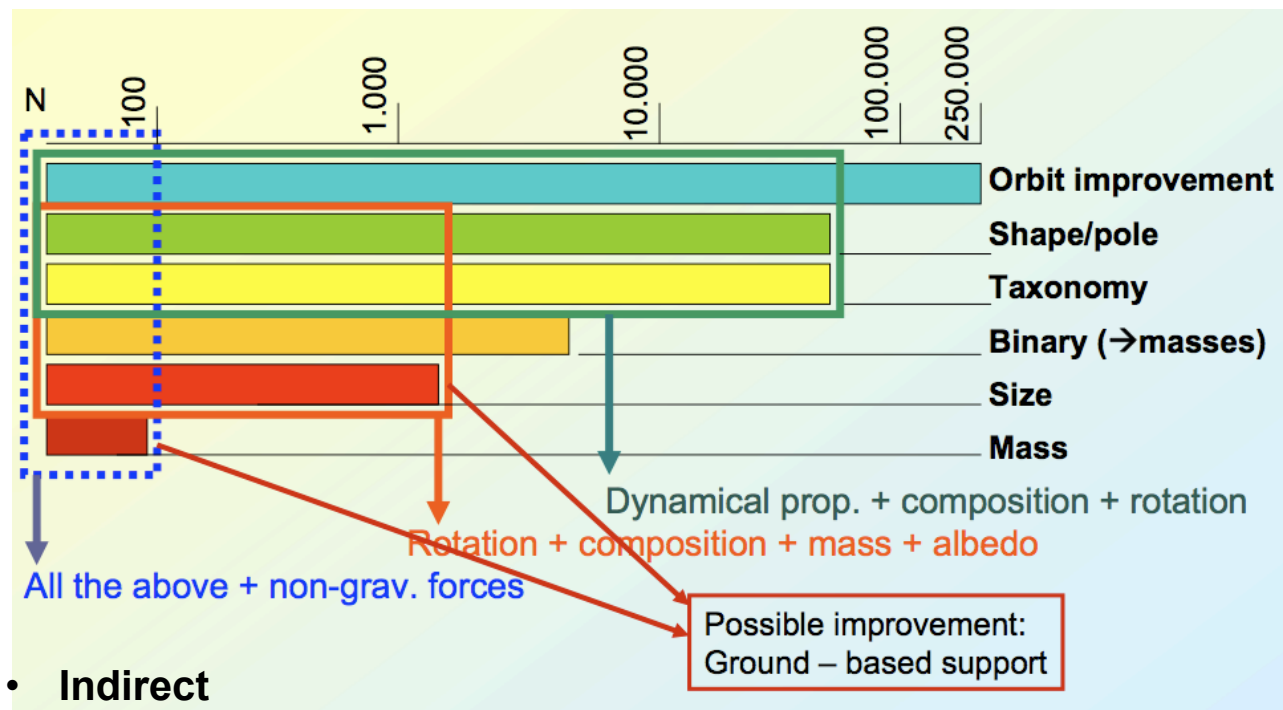
AF astr.

- **astrométrie**
  - ▶ **syst. de référence, découvertes, orbites : dynamique, relativité, masses, forces non grav., ...**

G, RP/BP phot.

- **spectro-photométrie**
  - ▶ courbes de lumières : spin, forme, taxonomie, ...
  - ▶ albedo, densité

# Objectifs scientifiques



- **Indirect**

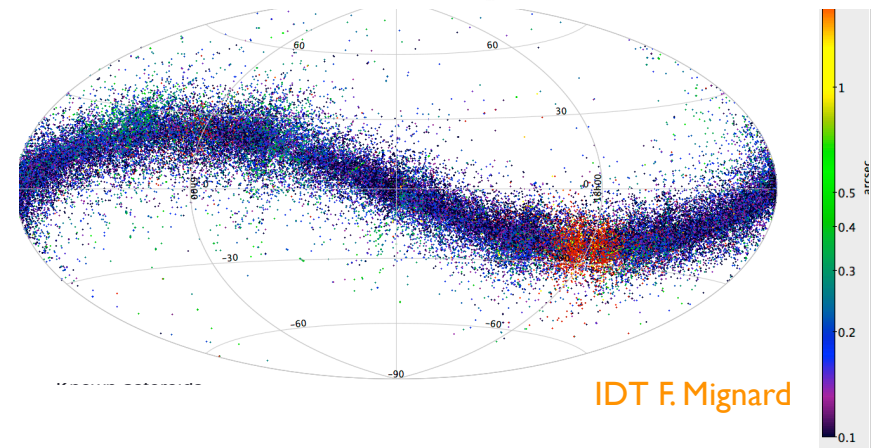
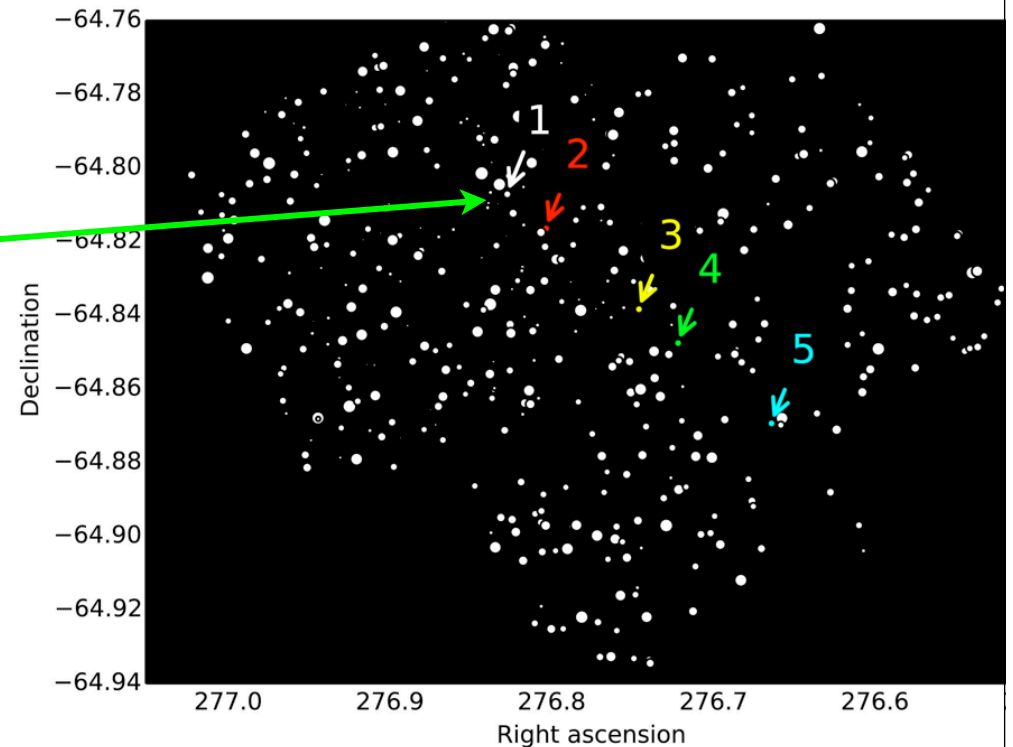
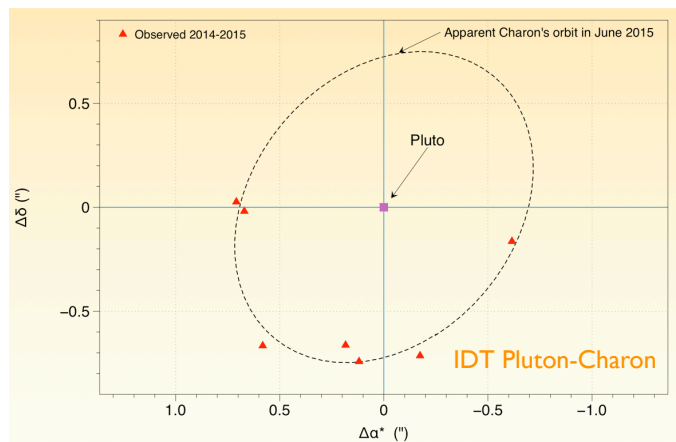
- space/ground complement
- satellites, planets
- occultation prediction
- refined analysis
- Gaia catalogue for SSO astrometry (future & past)

(P.Tanga + D. Hestro)



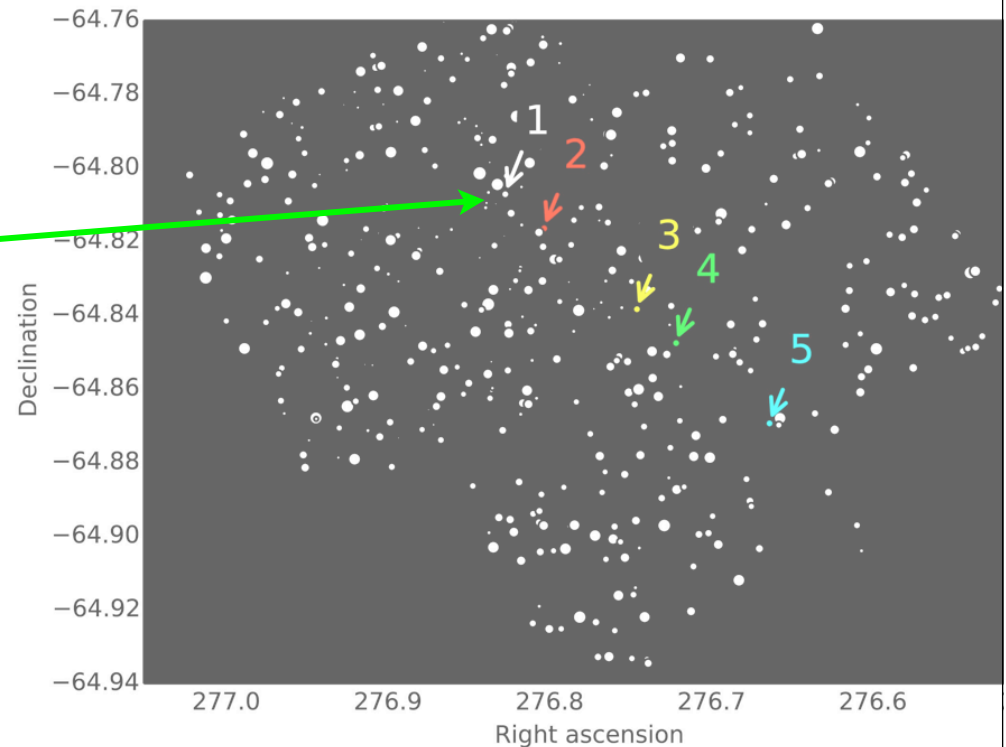
# Objectifs scientifiques

- Obs. des SSSO okay, tout est dans la boîte
  - ▶ astéroïde Ksana, juil. 2014
  - ▶ traitement IDT
  - ▶ Pluton-Charon etc.
  - ▶ mais la pipeline...
- Ce qu'il n'y a pas dans Gaia DRI : pas de SSO dans GDR1



# Objectifs scientifiques

- Obs. des SSSO okay, tout est dans la boîte
  - ▶ astéroïde Ksana, juil. 2014
  - ▶ traitement IDT
  - ▶ Pluton-Charon etc.
  - ▶ mais la pipeline...
- Ce qu'il n'y a pas dans Gaia DR1
  - pas de SSO dans GDR1
- ... dans DR2 en 2017 ?!
  - astrométrie ( $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $t$ ), photom  $G(t)$
  - pour une sélection de SSO (e.g. brillants)
- Extension+ à 10ans ?
  - ▶ intérêt général pour la dynamique effets  $\pm$ long terme (A. Hees et al.)



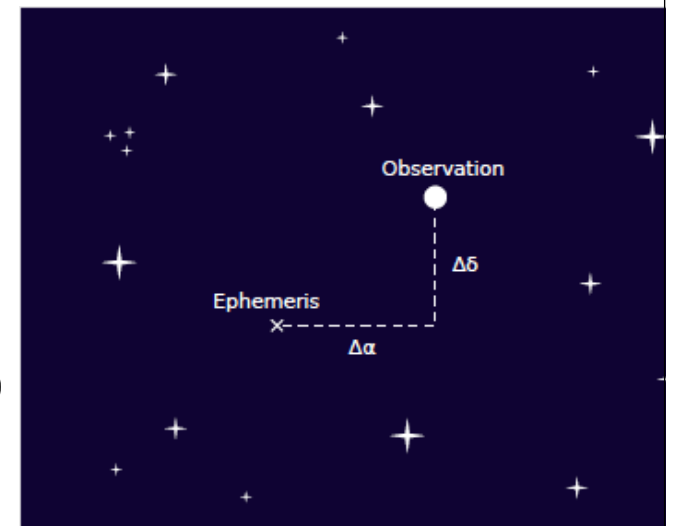
# Objectifs scientifiques

**En attendant**

# DRI – Occultations

---

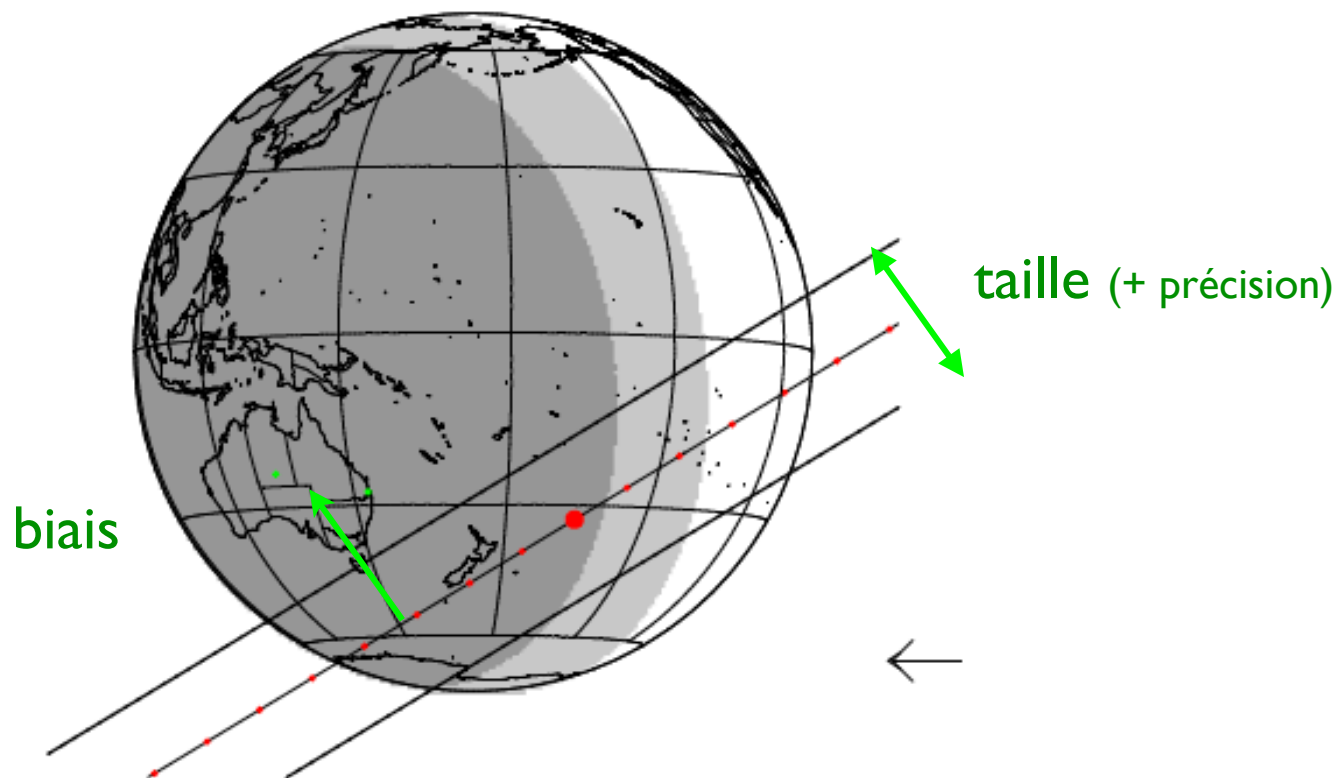
- **Occultations stellaires**
- MBA, TNO - projet Lucky Star (B. Sicardy)
- Campagne d'observations dédiées (catalogue local) et éphémérides
- Corrections 'last minute'
  - ▶ offset
  - ▶ ajustement orbite NIMA (J. Desmars)



# Prediction of Occultation: (136199)Eris 29.08.2013

Eris: Star WFI, PROMPT-JPL43

Offset (mas): -18.0 -76.0



(J. Desmars)

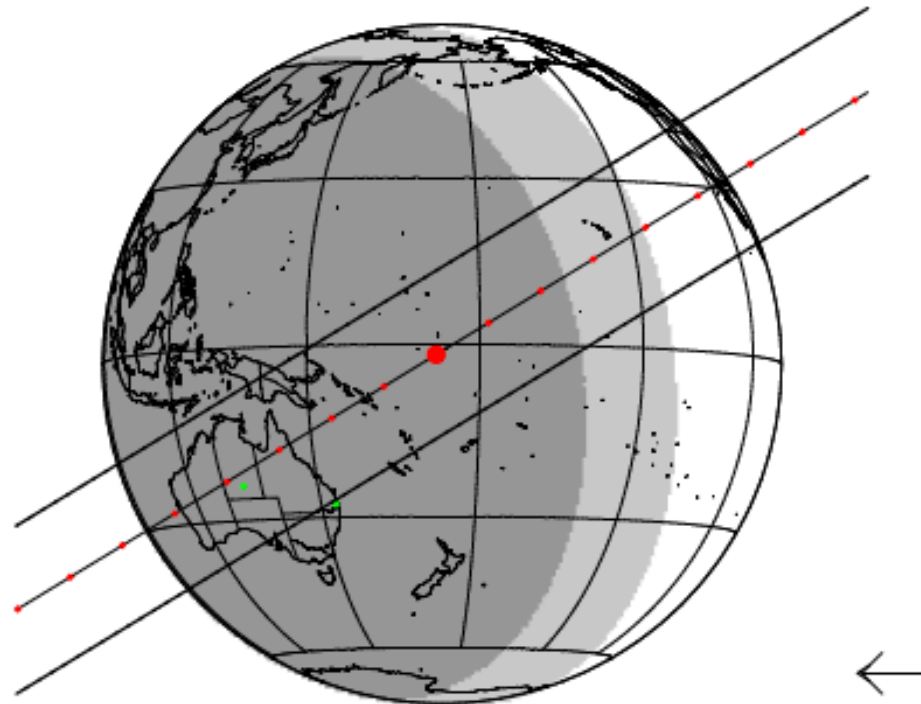
d	m	year	h:m:s	UT	ra	dec	J2000_candidate	C/A	P/A	vel	Delta	R*	K*	long
29	08	2013	15	37	8.	01	42 58.5041	-3	21	17.375	0.053	148.85	-19.24	95.77 18.1 15.1 173.

Prediction of Eris occultation with offset method

## Prediction of Occultation: (136199)Eris 29.08.2013

Eris: Star WFI, NIMA ephem.

Offset (mas): 0.0 0.0



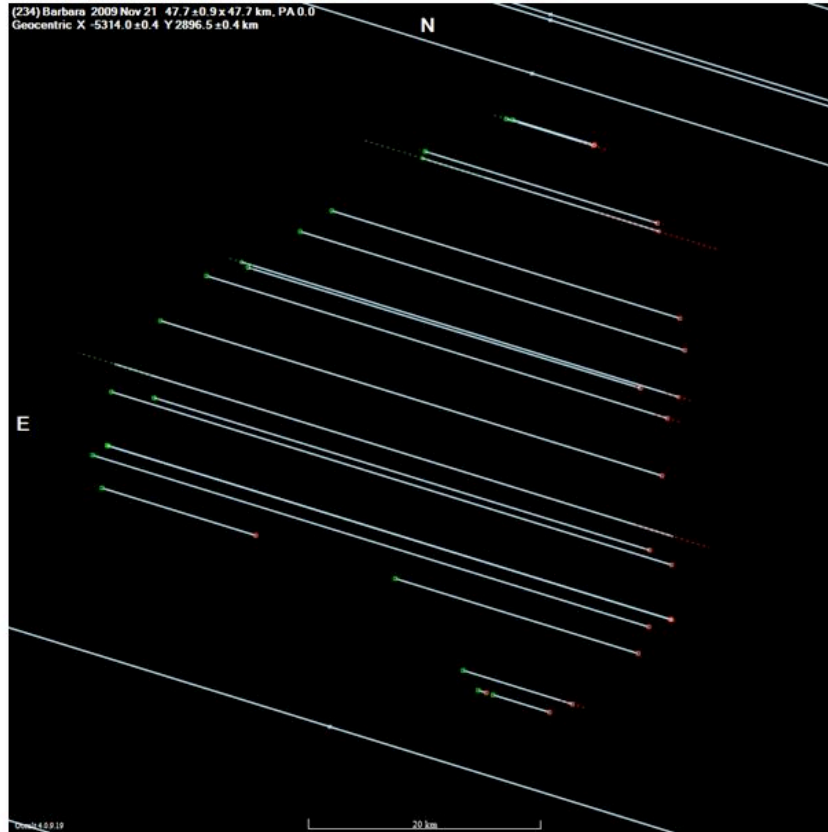
**bingo !**

(J. Desmars)

d	m	year	h:m:s UT	ra	dec	J2000_candidate	C/A	P/A	vel	Delta	R*	K*	long
29	08	2013	15 36 36.	01 42 58.5041	-3 21 17.375	0.003	328.71	-19.17	95.77	18.1	15.1	174.	

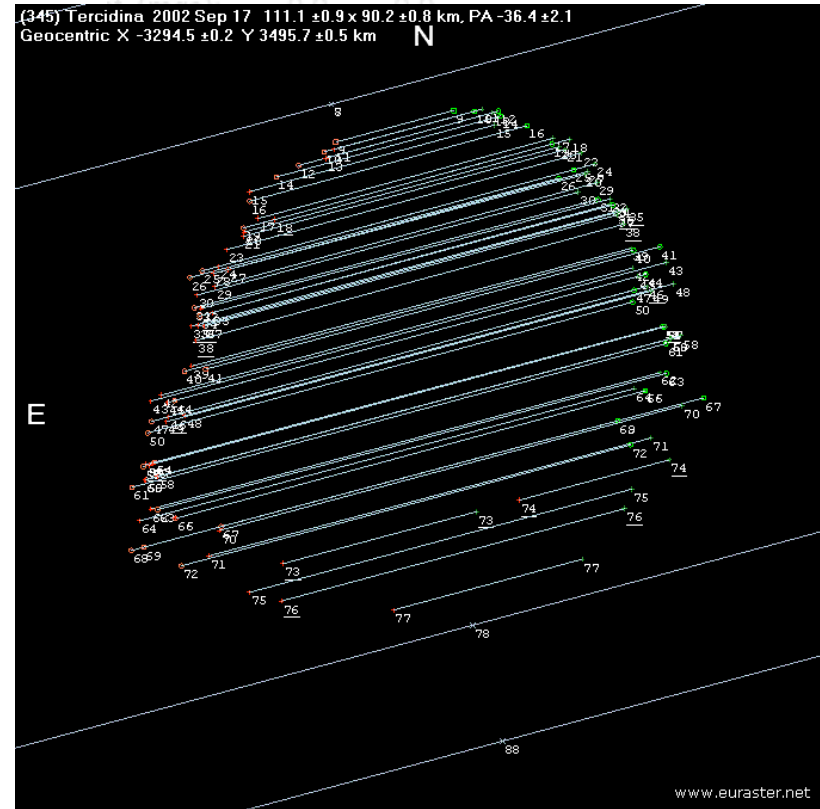
Prediction of Eris occultation with NIMA method

# (234) Barbara 2009 Nov 21



)Eris 29.08.2013

# (345) Tercidina 2002 Sep 17

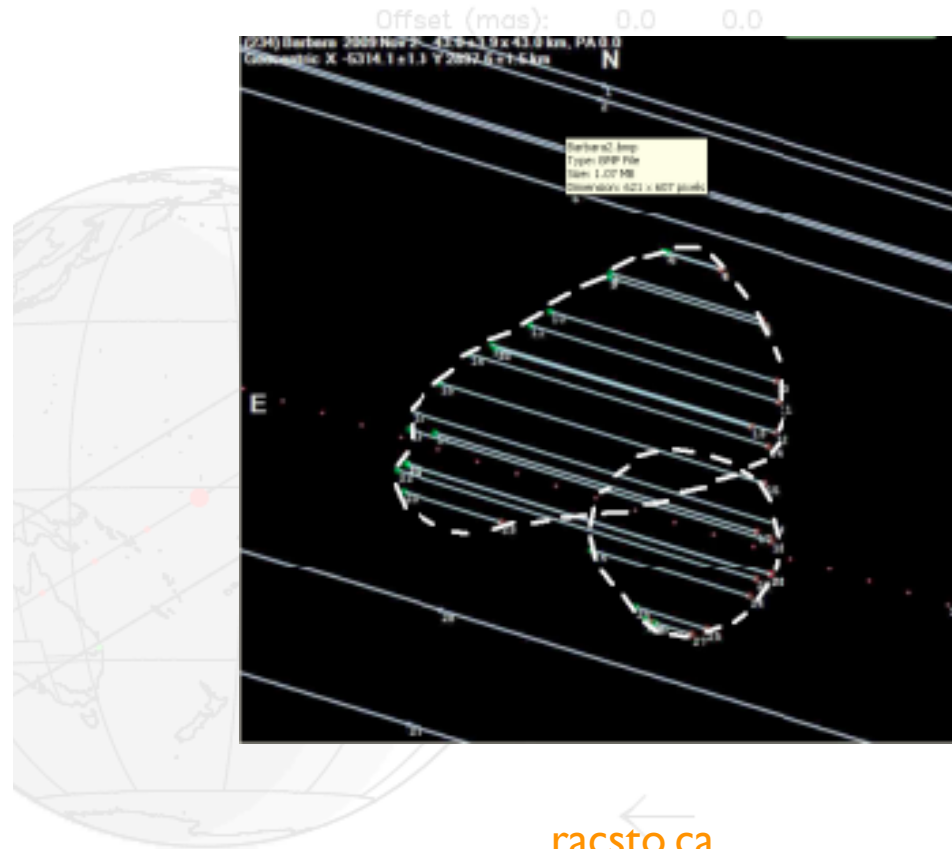
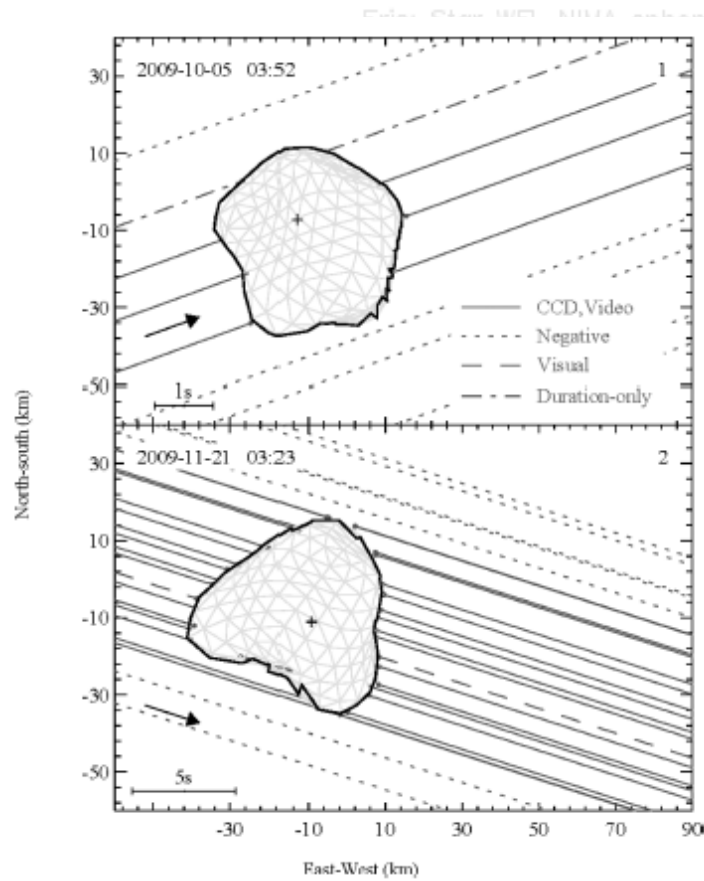


**bingo !  
plus de cordes ?**

d	m	year	h:m:s UT	ra_deg	dec_deg	z2000_candidate	C/A	P/A	vel	Delta	R*	K*	long	
29	08	2013	15 36 36.	01 42	58.5041	-3 21	17.375	0.003	328.71	-19.17	95.77	18.1	15.1	174.

Prediction of Eris occultation with NIMA method

# DRI – Occultations



Tanga et al. 2015

bingo !  
 plus de cordes ?  
 => formes non convexes

Prediction of Eris occultation with NIMA method



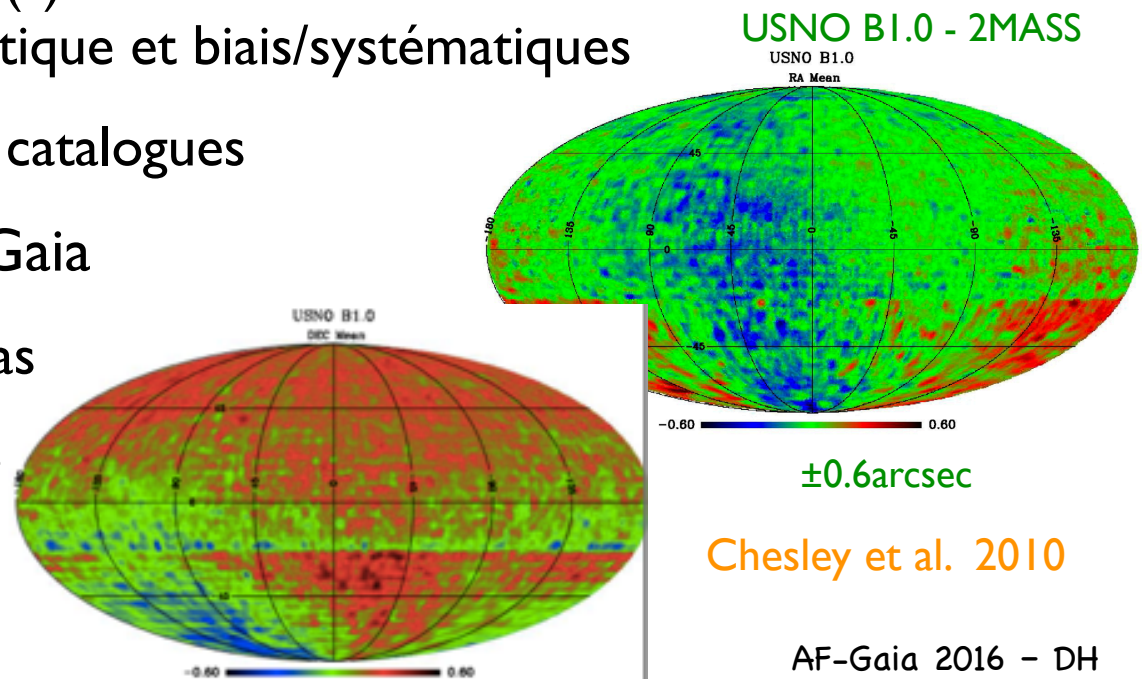
# DRI – Réductions

---

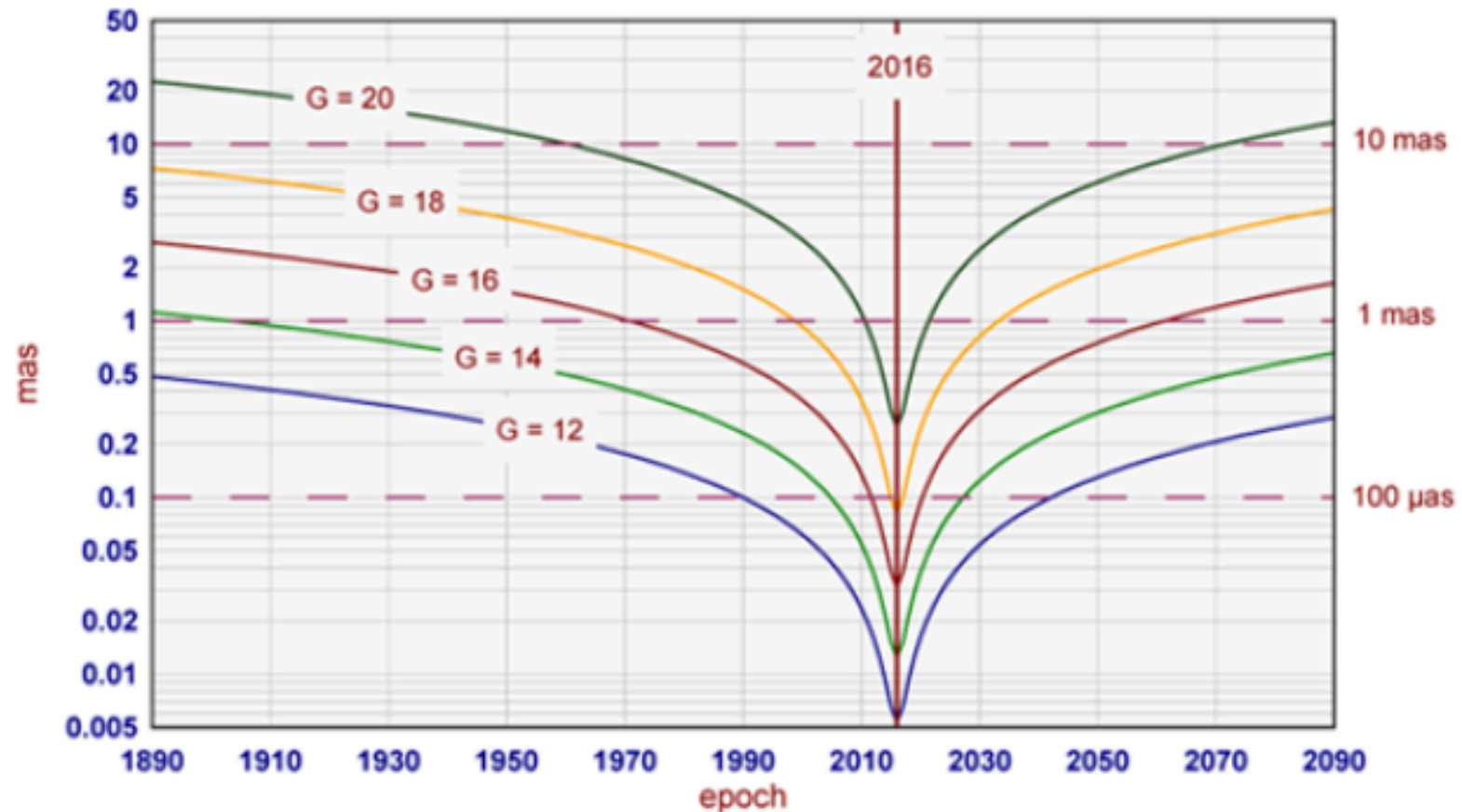
- **Occultations stellaires**
- meilleures méthode sol pour mesurer directement taille, forme, anneaux, atmosphère, ...
- limitations = prédiction trace au sol
  - ▶ **étoile** - position, parallaxe et mvt propre  
précisions et biais
  - ▶ **astéroïde** - astrométrie & éphémérides  
MPC, précision/extrapolation, dpd catalogue
  - ▶ objets > 40km (MBA)
- occultation  
=> position à 50mas au lieu de 300mas (CCD)  
nouvelles prédictions (Desmars et al. 2015)
- besoin de continuer astrométrie des TNO, maintenir éphémérides
- post-Gaia => incertitude  $\leq$  taille trace ombre au sol  
10<sup>4</sup> objets taille 10-20km avec télescopes TIm (Tanga et Delbo 2007)

# DRI – Réductions

- **Réductions astrométrique SSO**
- Actuellement réduction 30 - 100mas+
  - ▶ pointing/extraction f(magnitude)
  - ▶ effets physiques (réfraction, etc.)
  - ▶ erreurs catalogue(s) - UCAC4 USNO-BI  
précision/stochastique et biais/systématiques
  - ▶ nombre d'étoiles catalogues
- Avec le catalogue Gaia
  - ▶ précision 1-10 mas
  - ▶  $\approx 0$  erreur zonale



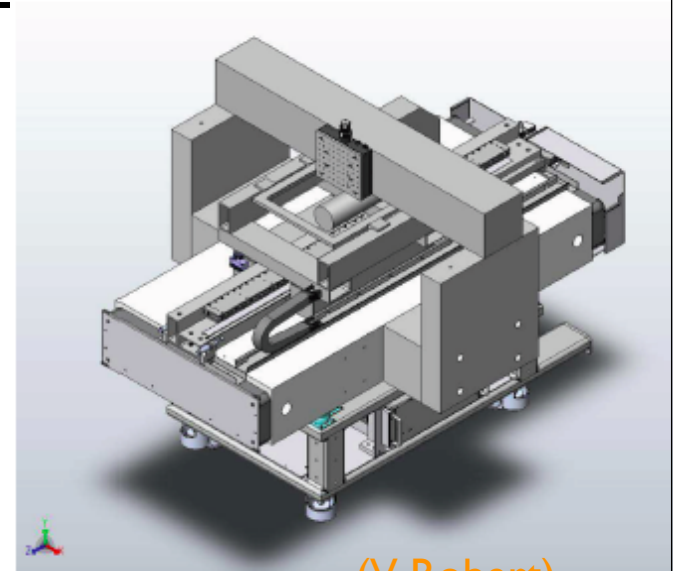
# DRI – Réductions



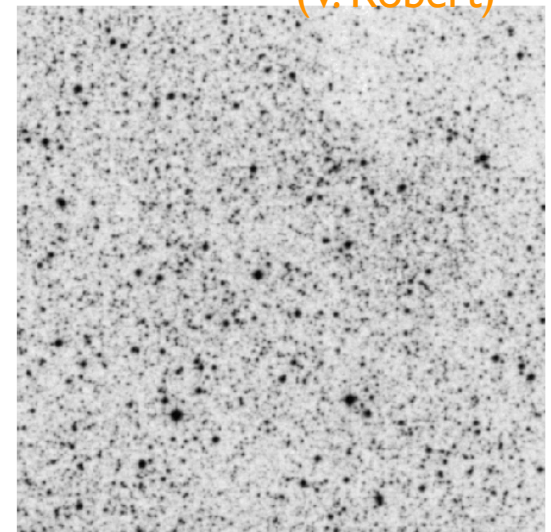
(F. Mignard)

# DRI – Réductions

- **Aller dans le passé**
- projet NAROO - numérisation de plaques
  - ▶ tests machine DAMIAN satellites à 70 mas (Robert et al. 2011, 2015, 2016)
- re-réduction avec catalogue Gaia
  - ▶ bonne astrométrie sur des observations fin 19ème siècle
  - ▶ plaques en bonne condition, et metadata
- pre-discovery plaques de Schmidt



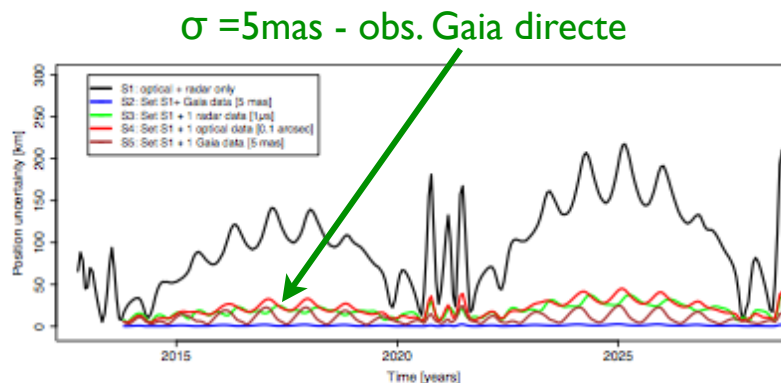
(V. Robert)



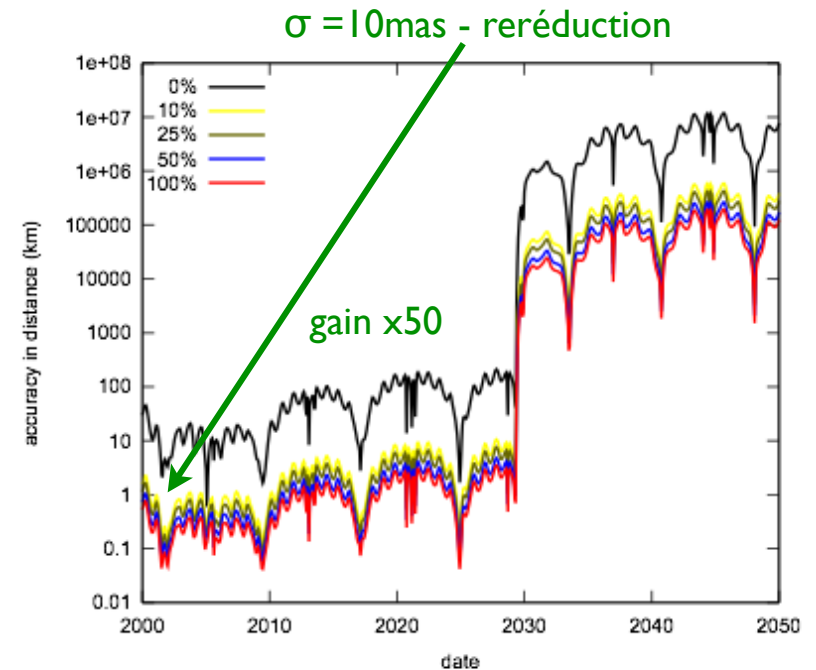
New softwares and new reference catalogues will allow to identify most of these unknown objects.

# DRI – Réductions

- **Aller dans le futur**
- astrométrie CCD, NEO Apophis
  - ▶ avec SSO DR2+
  - ▶ avec catalogue Gaia



**Fig. 8.** Evolution of the position uncertainty (given by its geocentric distance) of asteroid Apophis considering several different sets of observations.



**Fig. 9.** Evolution of the position uncertainty of asteroid Apophis by considering that a certain percentage of optical observations could be reduced with Gaia stellar catalogue, i.e. with an accuracy of 10 mas (see text).

Desmars et al. 2013

# DRI – Réductions

---

- **Aller dans le futur**
- re-réductions ou simulations avec DRI, ou TGAS
  - ▶ en cours astéroïdes GBOT, TNO occultations, etc.
  - ▶ réajustement
  - ▶ corrections empiriques catalogues (UCAC, 2MASS, USNO, etc.)



# Alertes Gaia-FUN

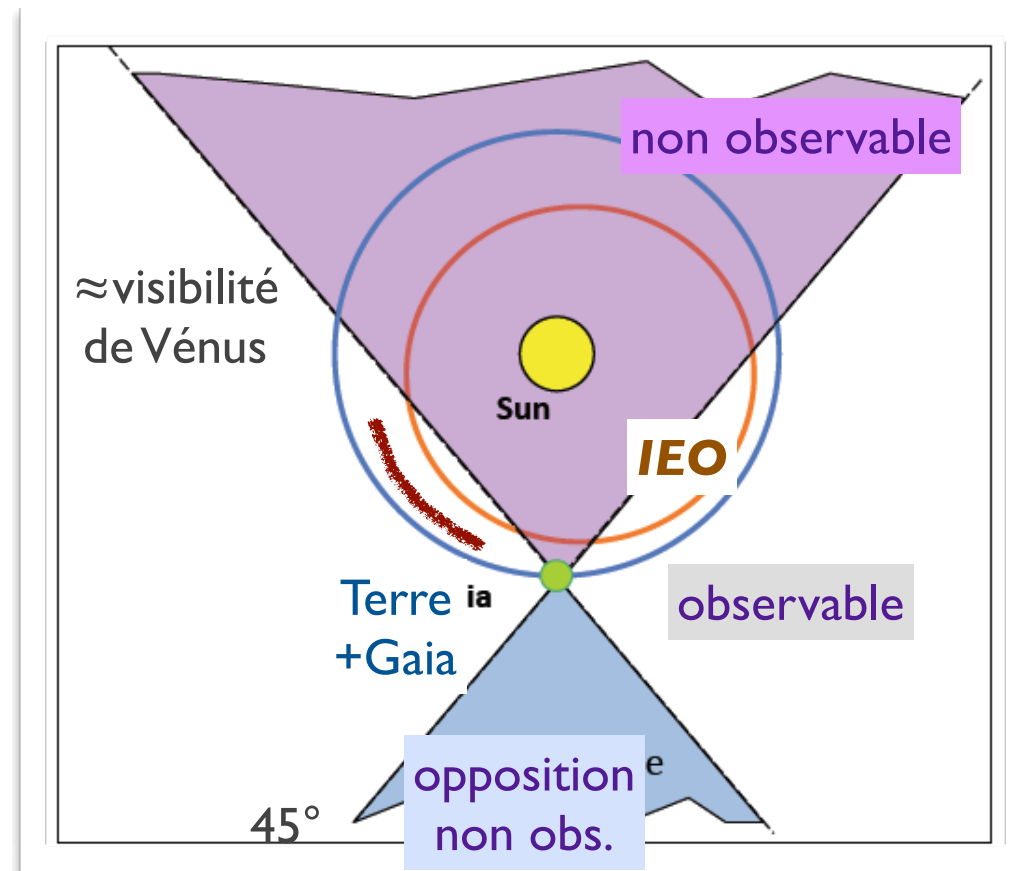


- activités OHP au T120
  - ▶ GBOT & QSO (S. Bouquillon, F. Taris)
  - ▶ Alertes scientifiques
  - ▶ photométriques (M. Dennefeld)
  - ▶ astrométriques Gaia-FUN-SSO (W Thuillot, B. Carry, P. David, S. Eggl, M. Delbò)
  - ▶ Runs d'observation 4 nuits tous les 2mois



# Alertes Gaia-FUN

- Magnitude limite  $G \leq 20.7$
- Nouvelles découvertes
  - ▶ MBA, TNO, satellites, ...  
**NEO**
- Loi de balayage fixe  
=> assurer follow-up



(F. Mignard + D. Hestro)



# Alertes Gaia-FUN

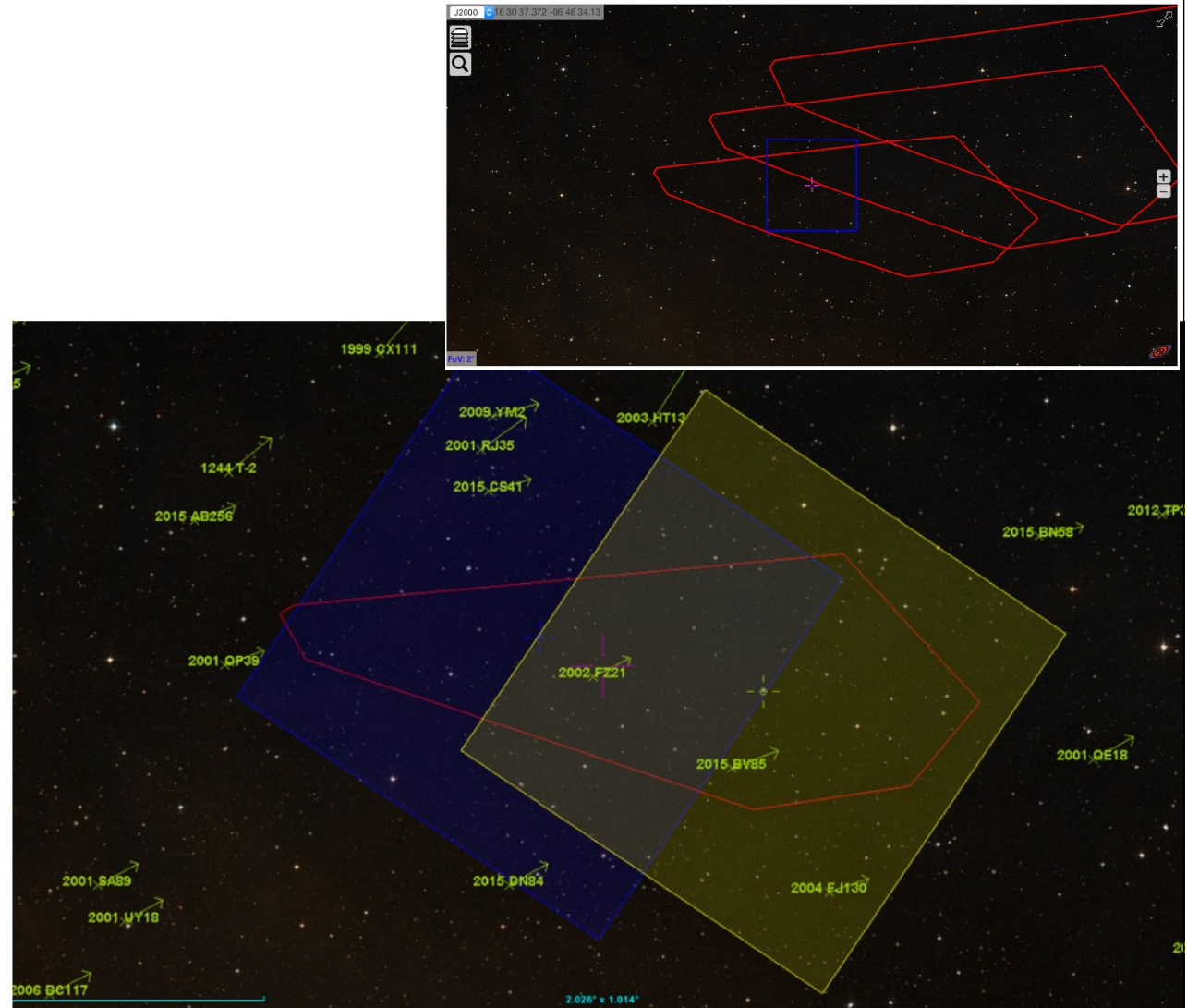


## ► Réseau

- 70 télescopes enregistrés, préparations, tests, ateliers, échanges avec MPC, ...
- en veille

# Alertes Gaia-FUN

- Test sur cible Gaia I 158
- confirmation C2PU  
tél. OCA
- 2002 FZ 21 à 1arcsec  
de la prédicton
- valide dissemination  
d'alertes et  
éphémérides  
topocentriques dédiées

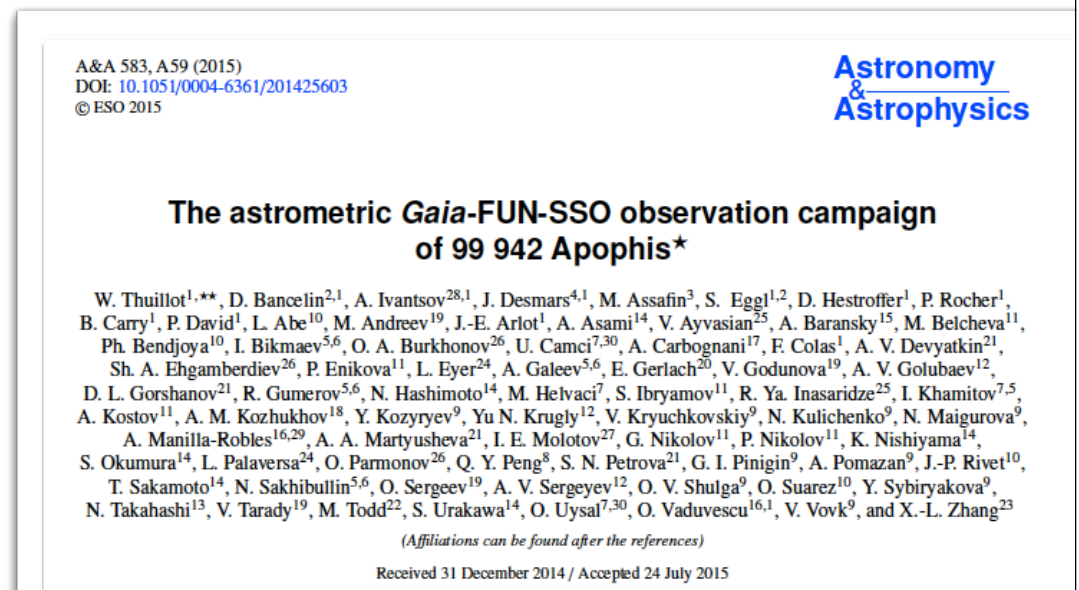


(B. Carry + P. David)

# Alertes Gaia-FUN

## ► Campagnes d'observations

- Apophis (Thuillot et al. 2015)  
condition visibilité  
réduction UCAC4  
sigma  $\approx 75$ mas
- 10aine astéroïdes GBOT,  
mais mag. 20-22 difficile
- en attente d'alerte Gaia !..



# à suivre

---

- RDV dans ( $\pm$ )un an :
  - ▶ /<sup>st</sup> light sur NAROO
  - ▶ /<sup>st</sup> alert réseau Gaia-FUN-SSO
  - ▶ /<sup>st</sup> SSO astrométrie dans Gaia DR2

