

Caractérisation orbitale et physique des astéroïdes

Thuillot W., Berthier J., Vachier F., Lainey V., Arlot J.-E.,
Vaubaillon J., Colas F., Hestroffer D., Mouret S.,
Descamps P., Birlan M., Rocher P.

Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides
IMCCE – Observatoire de Paris

Collab.: OCA, Berkeley, Turin, CDS



18/10/2008

ASOV - 7-8 novembre 2005

1

Dynamique, astrométrie et photométrie des petits objets du système solaire

- modélisation orbitale => positions haute précision (t)
- prédictions et observation de phénomènes
- orientation
- morphologie
- taille
- masse
- Petits effets physiques (Yarkovsky,...)
- > 300 000 astéroïdes

- Objets bilobes / à satellite(s)
 - Objets géocroiseurs
 - GAIA-système solaire

Astrométrie à très petit champ

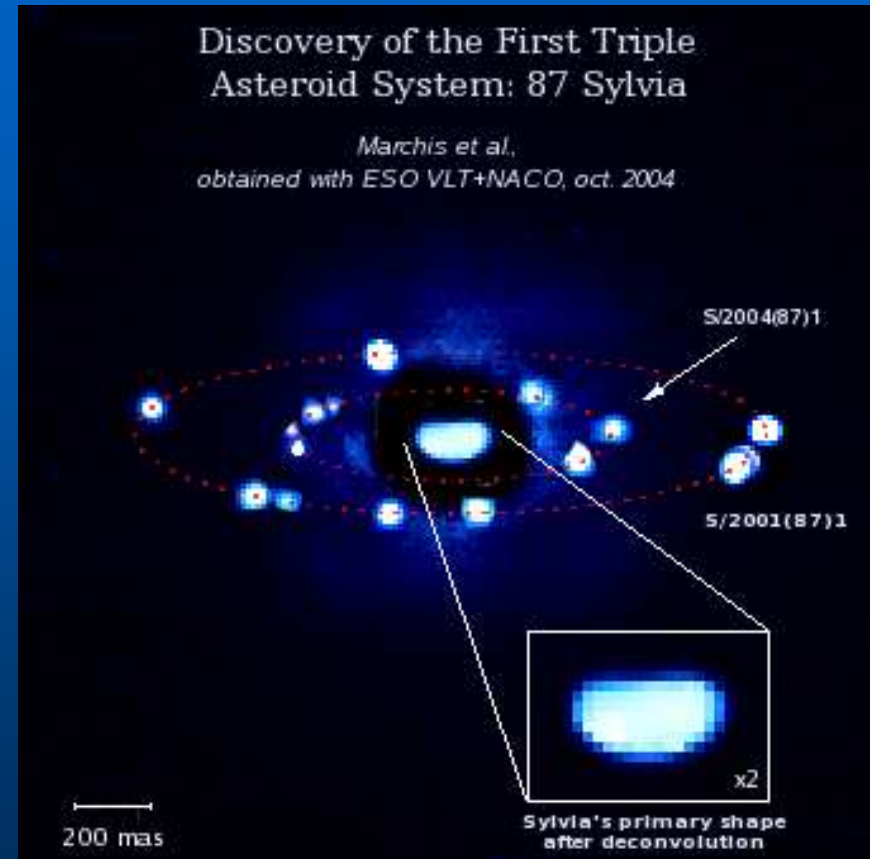
Optique adaptative

- Détection de satellites
- Calcul d'orbites
- masses et densité
- prédiction de phénomènes

87 Sylvia: première
détection d'un système à 2
satellites au VLT

Marchis, Descamps,
Hestroffer, Berthier: 2005

Observations complémentaires ?



Observation de phénomènes

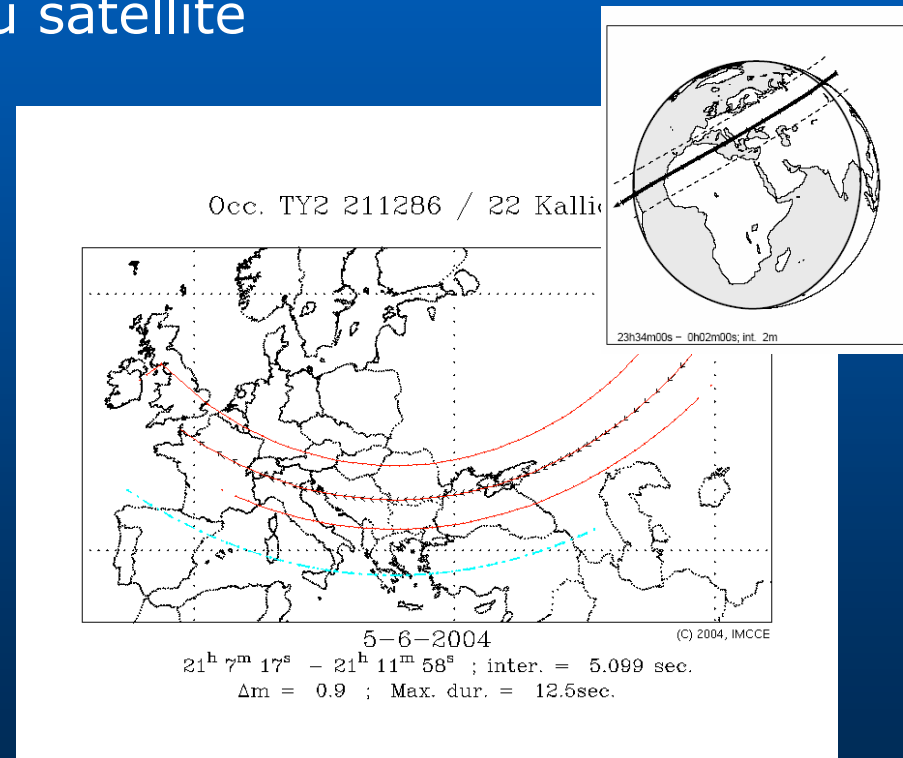
1. Courbes de rotation d'astéroïdes à satellite:

- occultations mutuelles
- taille des objets
- paramètres orbitaux du satellite

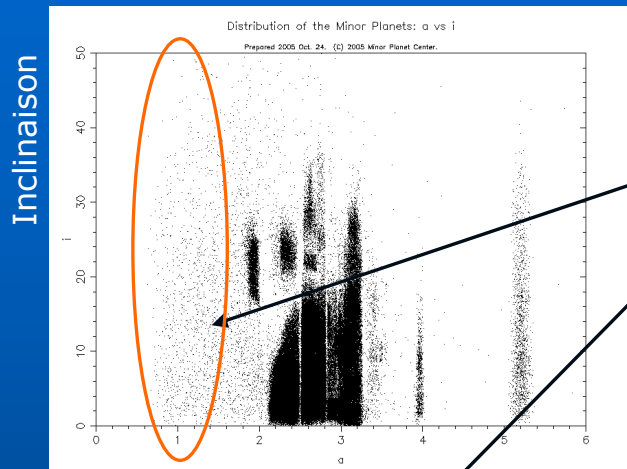
2. Occultations stellaires

- Détection de satellites
- Morphologie
- Orientation des axes

- Modélisation dynamique
- Astrométrie
- Prédictions
- Observations en réseau (EAON, IOTA)

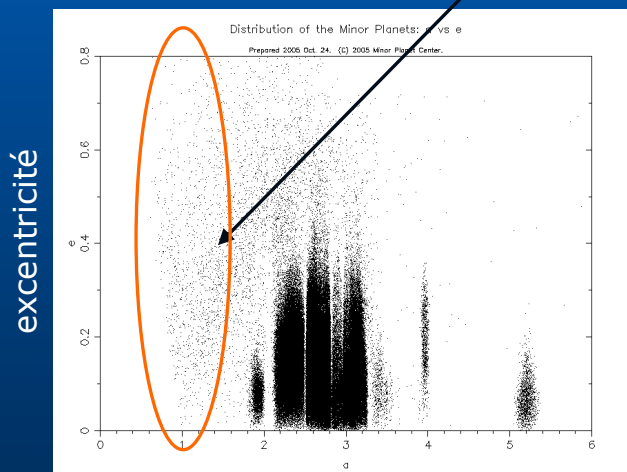


Objets géocroiseurs - NEA



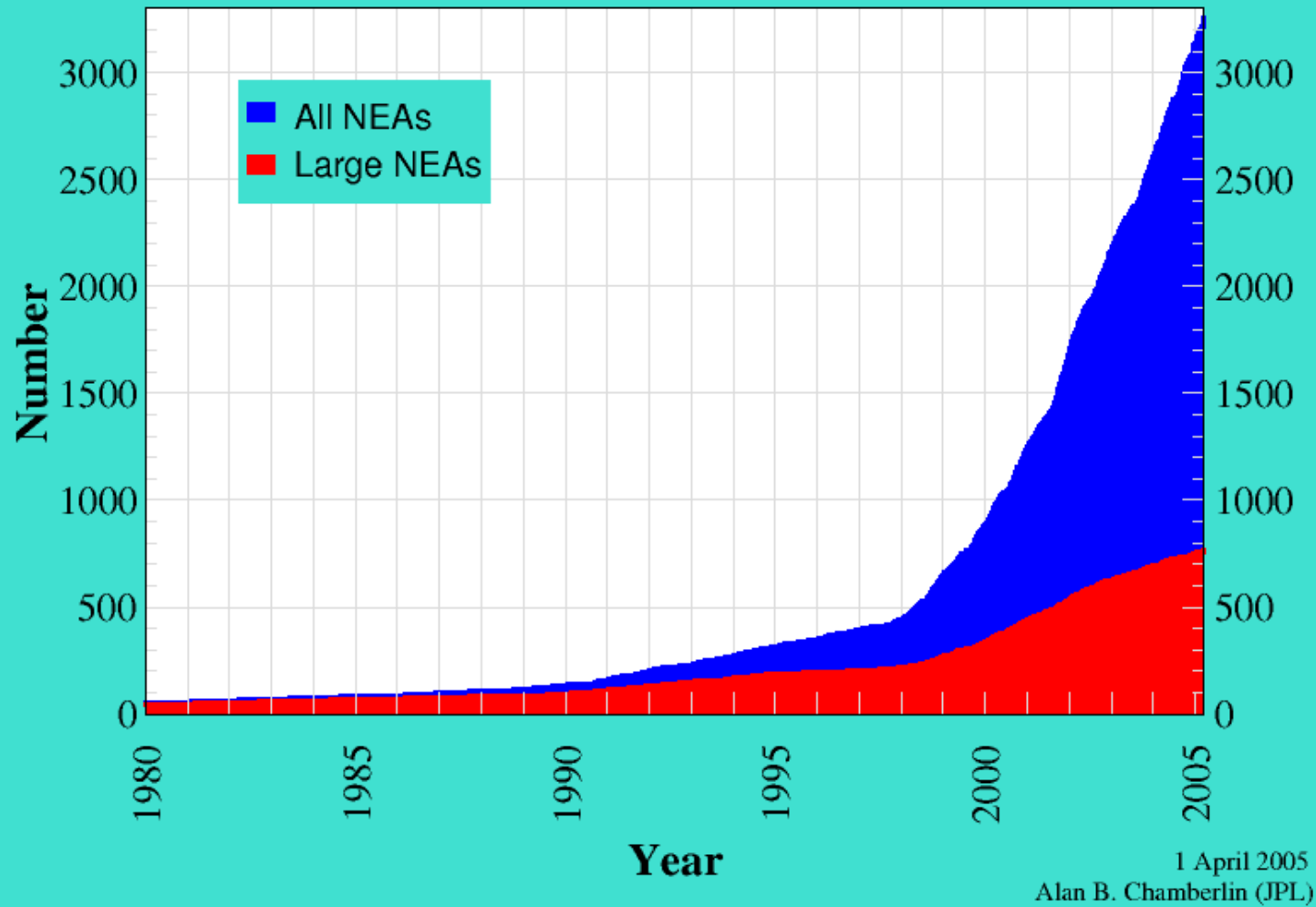
306 Apollos ($a > 1.0$ ua, $q < 1.017$ ua)
1767 Atens ($a < 1.0$ ua, $Q > 0.983$ ua)
1569 Amors ($a > 1.0$ ua, $1.017 < q < 1.3$ ua)

683 PHA (Potentially Hazardous Asteroids
MOID ≤ 0.05 ua $H \leq 22$)



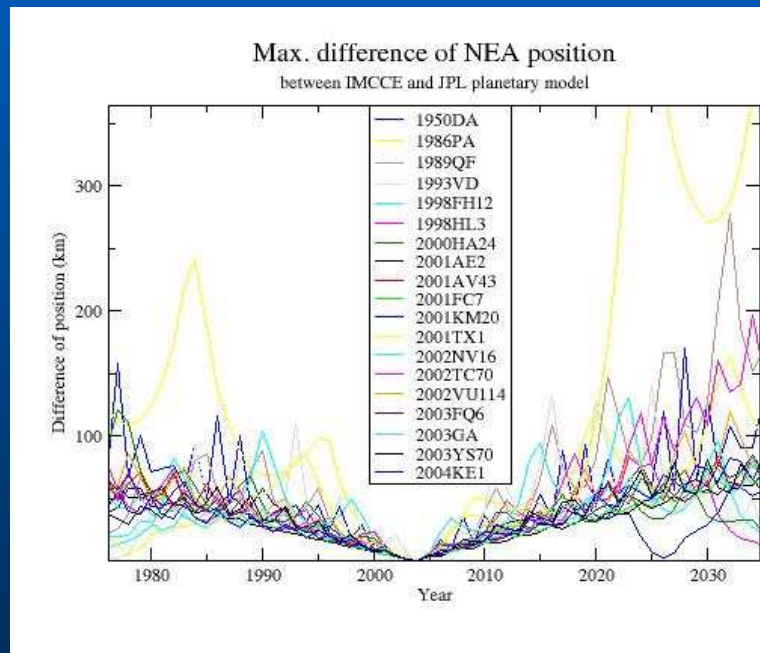
Demi-grand axe

Known Near-Earth Asteroids 1980-Jan through 2005-Mar



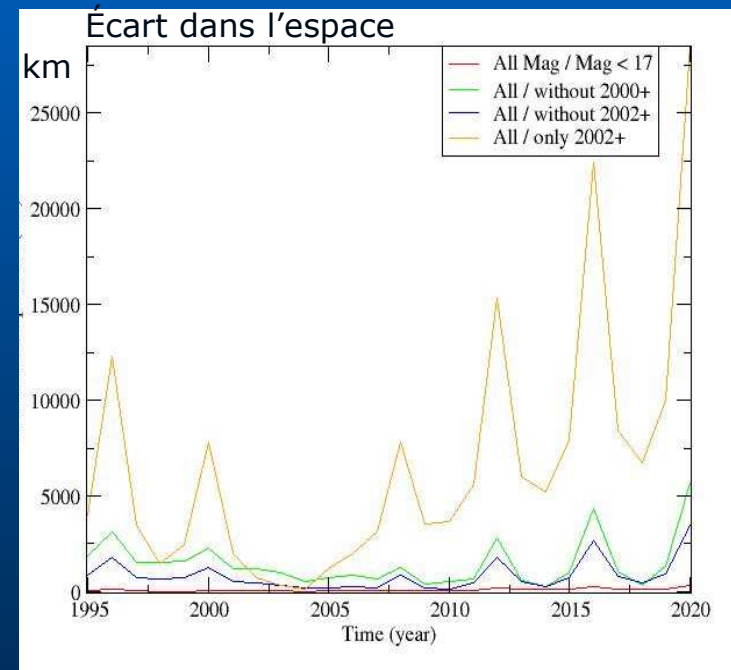
Objets géocroiseurs - NEA

Effet des perturbations planétaires sur les orbites de plusieurs « croiseurs de Mars » :
2 différentes théories du mouvement de Mars



Thuillot, Vaubaillon et al. 2004

Effet des lacunes de données d'observation sur l'orbite De 4179 Toutatis



GAIA – Système solaire

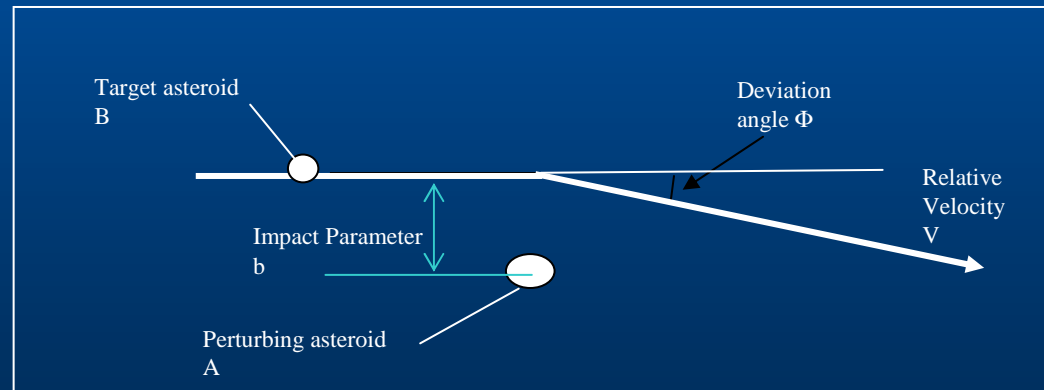
2011-2015

$V \leq 20$

champ $0.9^\circ \times 0.7^\circ$

- Taxonomie, masses, paramètres d'orientation, orbites
- Diamètres, forme, densité 1000 astéroïdes
- Tests relativité générale 300 astéroïdes (précession périhélie)
- $5 \cdot 10^5$ objets du système solaire nouveaux

- observation de rapprochements: détermination de **100 masses**



Suivi Sol de GAIA

Un « Follow-up GAIA pour éviter la perte d'informations

- Détection d'événements transitoires
- SN, GRB
 - Nécessité d'un **réseau d'observation sur alerte**
- Objets géocroiseurs
 - Nécessité d'un **suivi à court terme** : éphémérides

Apport de l'OV

■ Observations sur alerte

- VOEvent
- Coordination de réseaux d'observation
- Pilotage d'instruments automatisés ou robotisés
- Science on alert & Follow-up mission GAIA

■ Fouille d'archives

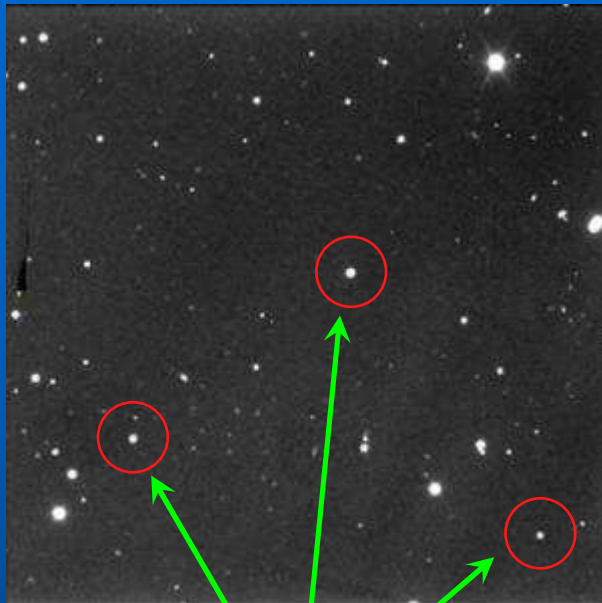
- Sélection , accès
- Extraction d'objets
- Identification => SkyBoT (Sky Body Tracker)

SkyBoT : outil d'identification

Champ et date donnés: objets présents ?

- Existant : non équivalent
 - MPC Checker
 - IN JPL
- Ephéméride pré calculée (1949-2019)
- Eléments orbitaux ASTORB (Lowell Obs.)
- Accès via Web Service (www.imcce.fr)
- Modes Resolver/Cone search
- Implémentation dans Aladin en cours de finalisation

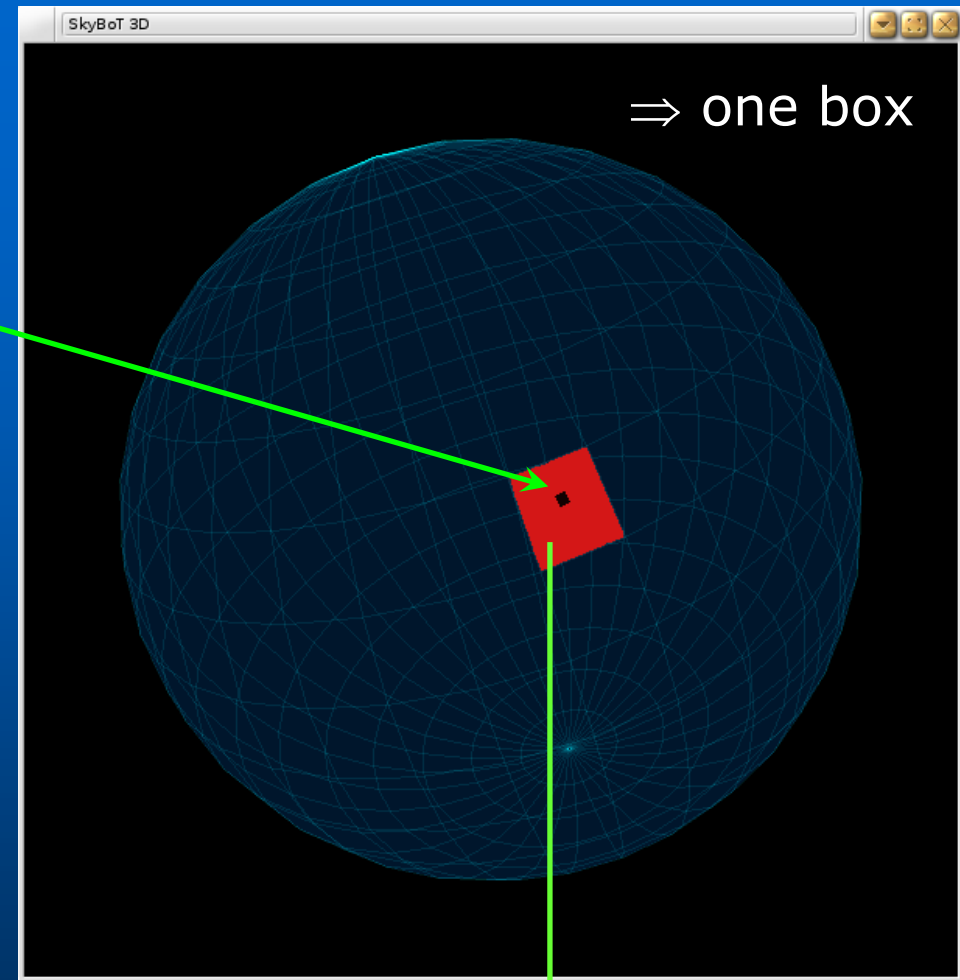
Field of view + Date



Interpolation of the ephemeris
⇒ Astrometric J2000 geocentric
equatorial coordinates

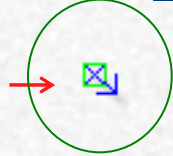
List of the asteroids in the FOV:
Phocaea, Danae, Maritima

Position on the celestial sphere

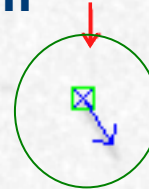


Aladin + SkyBoT

1995 WL4



Jungmann



Aladin interface sidebar showing a list of objects with coordinates and names. A green circle highlights the bottom portion of the list.

40441
-
1279
-
1999-
1999-20

Aladin interface sidebar showing data servers and search options. A green circle highlights the bottom portion of the sidebar.

Data servers :

- VizieR Catalogs
- Surveys in VizieR
- Missions in VizieR
- Simbad
- NED
- Others..
- SDSS.
- SkyBot
- FoV

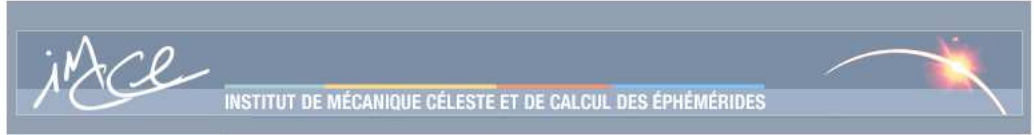
Search options: se (by IMCCE), Grab coord, this server

* SUBMIT * History Reset Clear Close

Note: This is a copy of the Asteroid Observing Serv

Column	Value
recno	40441
Planet	40441
Name	Jungmann
CompName	E. Bowell
H	15.20 mag
G	0.15
B-V	mag
Diam	km
IRASclass	
CrossCode	0
OrbitCode	0
SurveyCode	0
MPCCode	0
LowellCode	0
FlagCode	0
Narc	4868
Nobs	262
Epoch	2005-08-18 "Y:M:
M	181.650592 deg
omega	154.532741 deg
Omega	187.026870 deg
i	6.888930 deg
e	0.25789514
a	2.54380672 AU
DateOrb	2005-07-07 "Y:M:
CEU	6e-02 arcsec
dCEU	-1e-04 arcsec
DateCEU	2005-09-24 "Y:M:
PEU0	1e-01 arcsec
DatePEU0	2006-04-14 "Y:M:
PEU1	2e-01 arcsec
DatePEU1	2011-08-23 "Y:M:
PEU2	3e-01 arcsec
DatePEU2	2015-08-12 "Y:M:
mod	*
modDate	2005-06-19 "Y:M:

Ephemeride [Ephemeride](#)



EPHEMERIDES -> RESULTS

- Jump to the IMCCE ephemeris web server
- Signification of the calculated parameters
- Results file in ascii format

```

*****
EPHEMERIS OF SOLAR SYSTEM BODIES
*****

```

```

Asteroid 40441 Jungmann
Source: numerical integration
Planetary theory DE405/LE405
Astrometric J2000 coordinates
Frame center: geocenter
Relativistic perturbations, coordinate system 0
Equatorial coordinates (R.A, Dec.)

```

Date UTC	R.A	Dec.	Distance	V.Mag	Phase	Elong.	muRacosDE	muDE
h m s	h m s	o ' "	au.		o	o	"/s	"/s
2005-09-21T12:00:00.00	11 21 53.55921 +02 12 55.9020		4.183432140	21.11	2.61	351.67	0.134E-01	-0.518E-02
2005-09-22T12:00:00.00	11 23 10.81013 +02 5 28.2641		4.180719692	21.12	2.80	351.05	0.134E-01	-0.518E-02
2005-09-23T12:00:00.00	11 24 28.01410 +01 58 0.2148		4.177840090	21.13	2.99	350.43	0.134E-01	-0.519E-02
2005-09-24T12:00:00.00	11 25 45.16870 +01 50 31.7940		4.174793120	21.14	3.18	349.81	0.134E-01	-0.519E-02
2005-09-25T12:00:00.00	11 27 2.27127 +01 43 3.0439		4.171578601	21.15	3.38	349.18	0.134E-01	-0.520E-02
2005-09-26T12:00:00.00	11 28 19.31900 +01 35 34.0080		4.168196391	21.16	3.57	348.55	0.134E-01	-0.520E-02
2005-09-27T12:00:00.00	11 29 36.30890 +01 28 4.7314		4.164646395	21.17	3.76	347.93	0.134E-01	-0.520E-02
2005-09-28T12:00:00.00	11 30 53.23785 +01 20 35.2605		4.160928563	21.18	3.96	347.30	0.133E-01	-0.520E-02
2005-09-29T12:00:00.00	11 32 10.10260 +01 13 5.6427		4.157042898	21.19	4.15	346.66	0.133E-01	-0.520E-02
2005-09-30T12:00:00.00	11 33 26.89978 +01 5 35.9267		4.152989452	21.19	4.34	346.03	0.133E-01	-0.521E-02
2005-10-01T12:00:00.00	11 34 43.62590 +00 58 6.1623		4.148768337	21.20	4.53	345.40	0.133E-01	-0.521E-02
2005-10-02T12:00:00.00	11 36 0.27739 +00 50 36.4000		4.144379729	21.21	4.73	344.76	0.133E-01	-0.521E-02
2005-10-03T12:00:00.00	11 37 16.85055 +00 43 6.6914		4.139823874	21.22	4.92	344.12	0.133E-01	-0.520E-02
2005-10-04T12:00:00.00	11 38 33.34168 +00 35 37.0887		4.135101095	21.22	5.11	343.48	0.133E-01	-0.520E-02
2005-10-05T12:00:00.00	11 39 49.74701 +00 28 7.6443		4.130211801	21.23	5.30	342.84	0.133E-01	-0.520E-02

Fill the form and submit to calculate new ephemerides:

Load a file of dates... Browse...

SkyBoT: suite

- + Satellites naturels (+planètes)
 - + Comètes
 - + Objets « observateurs »
-
- Procédures de fouilles d'archives
 - Exploitation sur des surveys

First Byurakan Survey (FBS)

Survey spectral du ciel de l'hémisphère nord

- 17000 deg² de couverture à hautes latitudes galactiques
- obs. de Byurakan (Arménie) – Schmidt 1m prisme-objectif de 1.5°
- image = 15 000 à 20 000 objets ~20 000 000'objets sur 2100 plaques

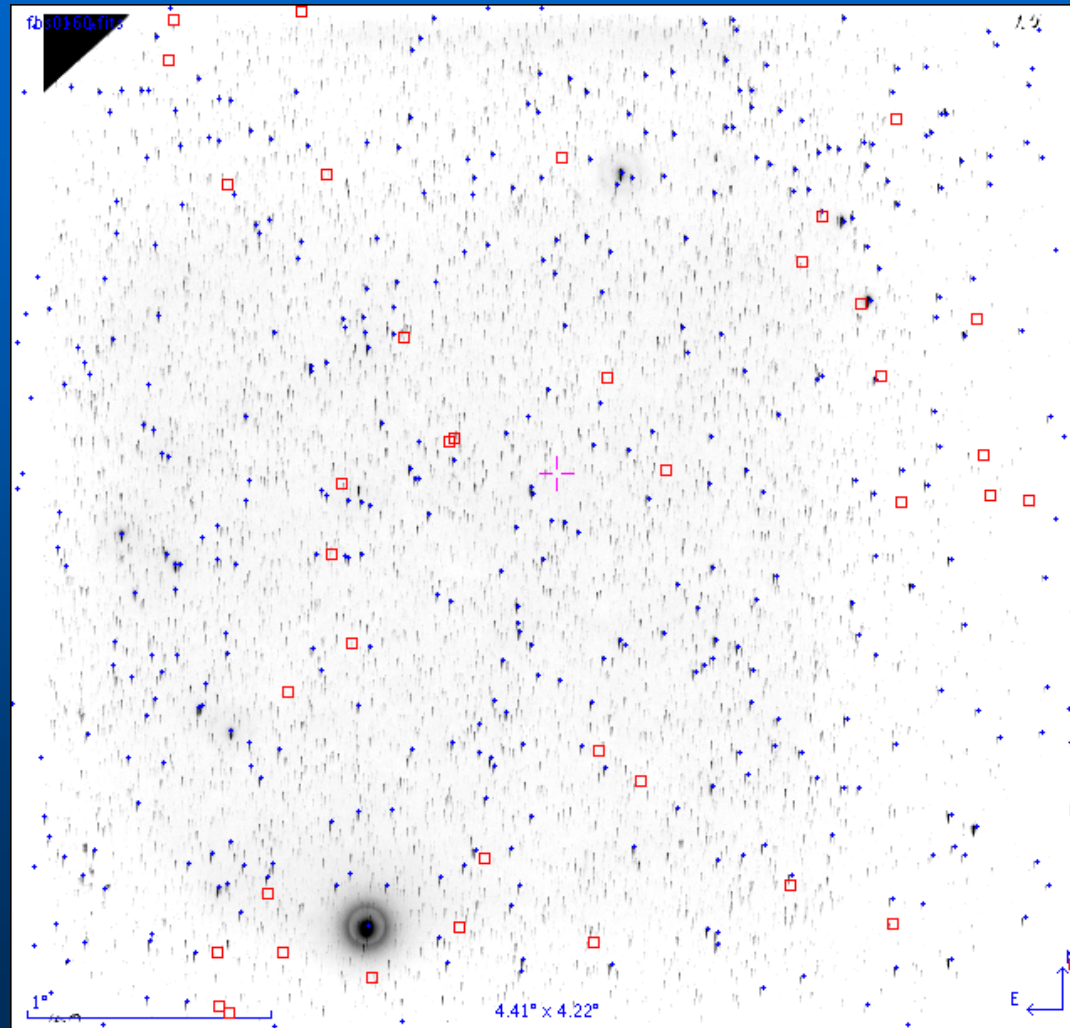
Objectifs du projet

- ◆ recherche et identification des astéroïdes dans les images
- ◆ extraction des spectres et vérification de leur composition solaire
- ◆ création d'une base de données
- ◆ analyse des spectres (identification de familles)

Mise en oeuvre du projet :

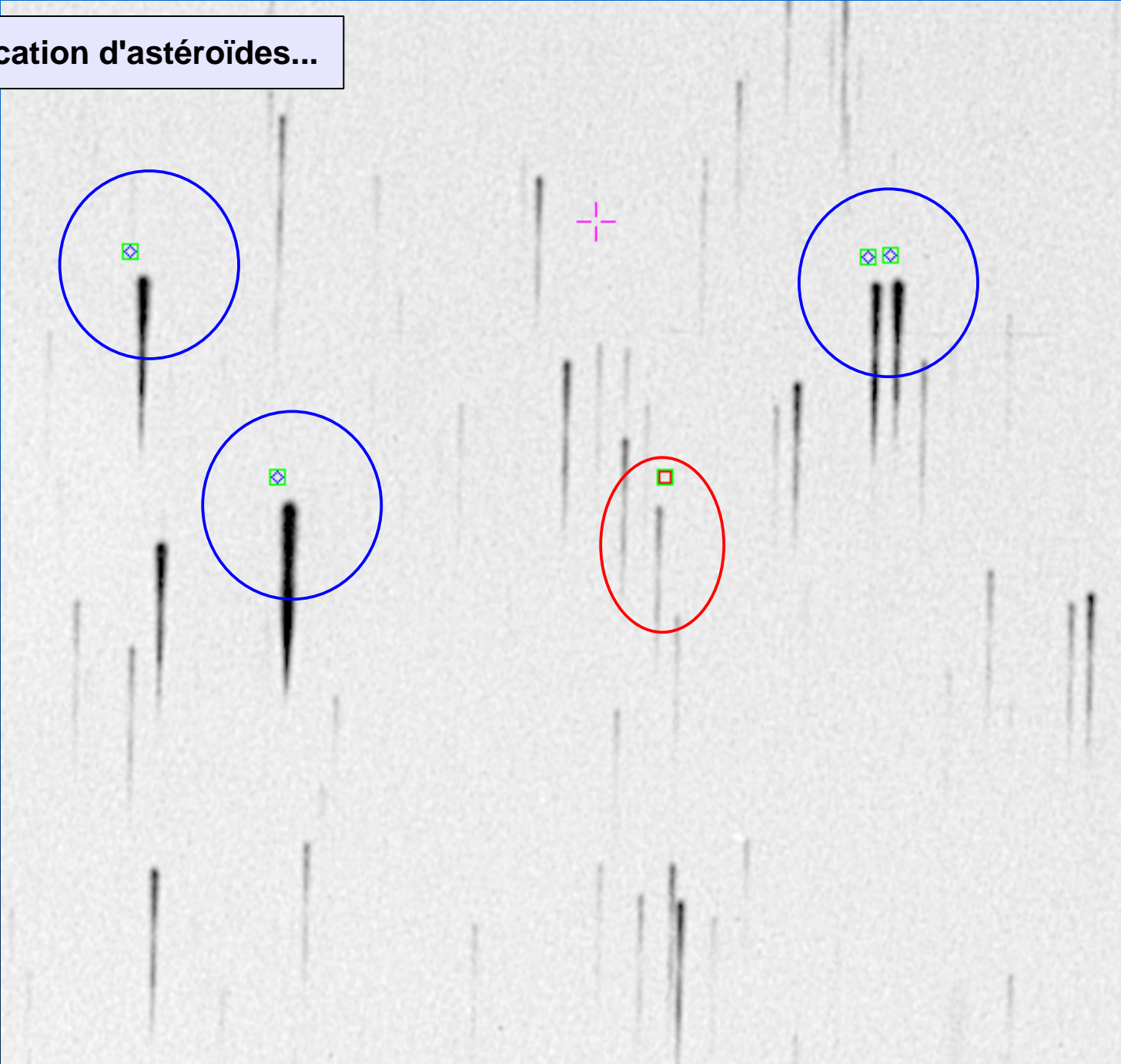
- images : base de données FBS (Byurakan Obs.)
- recherche et identification : Aladin (CDS) + SkyBoT (IMCCE)
- analyse des spectres : Service d'Aéronomie

First Byurakan Survey (FBS)



- Astéroïdes
- ◇ Tycho stars

Identification d'astéroïdes...



Autres axes OV

- **Bases de données:**
 - Paramètres dynamiques et physiques « Simbad système solaire »
 - Astrométrie (NSDC, APDB, comètes, Essaims météoritiques)
- **Ephémérides** www.imcce.fr en VOTable
- **Web services :**
 - Exploitation d'observations astrométriques: ajustement de modèles dynamiques (satellites naturels,...)
 - Astrométrie petit champ