

Problème à N corps: application aux exoplanètes

Jean Schneider - LUTH

- Problématique
- Projet de web-service

Problématique

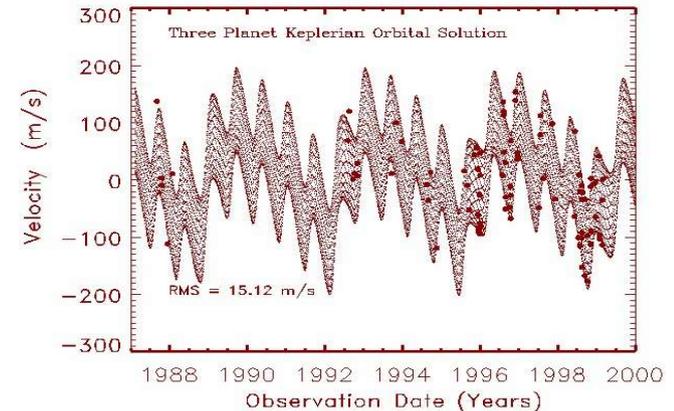
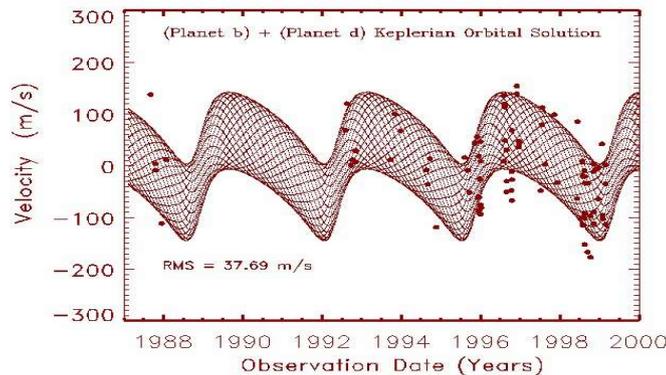
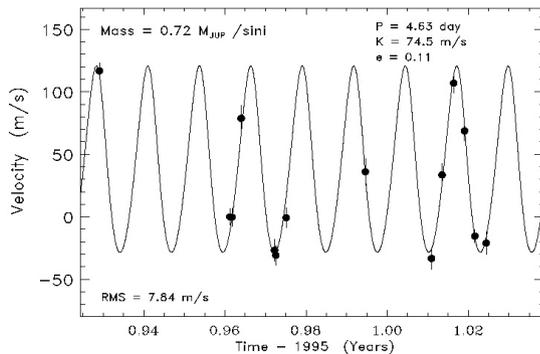
- Les orbites des exoplanètes sont déduites de mesures de vitesses radiales (et dans quelques années de mesures astrométriques).

- Procédure: fit « keplerien »

ajuster $VR_K(t, M \cdot \sin i, a, e, \omega)$ à la série de données $VR(t_i)$

- S'il y a plusieurs planètes:

$$VR_K(t, M \cdot \sin i, a, e, \omega) \text{ ---> } \sum VR_K(t, M_n \cdot \sin i_n, a_n, e_n, \omega_n)$$



Problématique

- Problème 1:

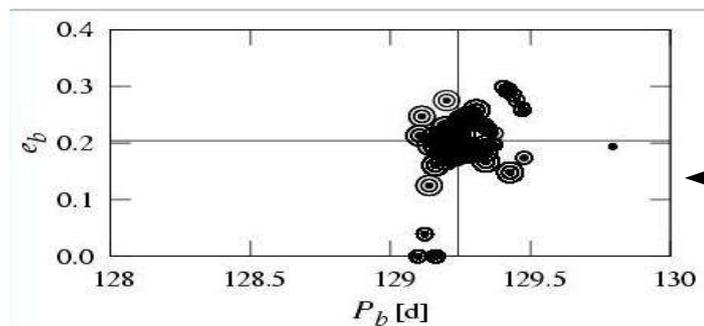
Le fit publié n'est pas toujours le meilleur.

Une deuxième planète peut être cachée dans les données

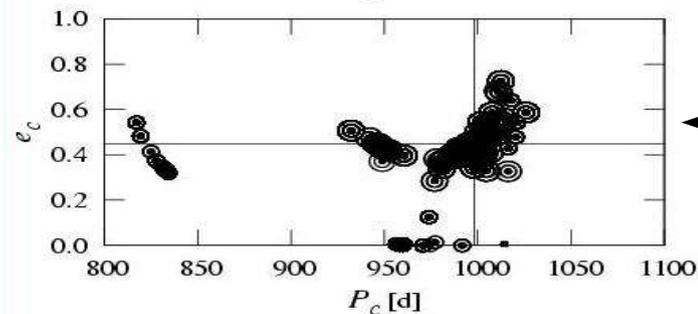
Exemple: GOZDZIEWSKI K. & MIGASZEWSKI C. , 2005

Astron. & Astrophys. , 449 , 1219:

Planète HD 208487 b



← Planète déjà publiée (planète b)



← Nouvelle planète (planète c)

Problématique

- Problème 2: les planètes interagissent entre elles.

==> La loi du mouvement n'est pas keplerienne.

Un fit correct du point de vue keplerien peut donner lieu
à une configuration dynamiquement instable

Exemple: GOZDZIEWSKI K. KONACKI M. & MACIEJEWSKI A. , 2005
Orbital Configurations and Dynamical Stability of Multi-Planet Systems around
Sun-Like Stars HD 202206, 14 Her, HD 37124 and HD 108874 Apj sous presse

Problématique

- Problème 2: les planètes interagissent entre elles.

Orbital parameter	Fit V (stable) HD 82943 (2:1 MMR)		Fit VIII (stable) HD 82943 (3-planet)		
	b	c	b	c	d
$m_2 \sin i$ [MJ]	1.461	1.728	1.679	1.867	0.487
a [AU]	0.748	1.186	0.751	1.197	2.125
e	0.448	0.268	0.386	0.110	0.018
i [deg]	90.00	90.00	90.0	90.0	90.0
ω [deg]	126.82	138.35	118.08	144.47	114.61
Ω [deg]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$M(t_0)$ [deg]	359.23	336.85	2.65	345.24	79.76
V_0 [m/s]		13.66		14.60	
V_1 [m/s]		-7.72		-0.73	
$(\chi_v^2)^{1/2}$		1.39		1.27	
rms [m/s]		7.98		7.36	

Projet de web-service

- $VR(t_i)$ $\xrightarrow{\text{Fit en ligne}}$ Solution orbitale (M_k, P_k, e_k, \dots)

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<VOTABLE xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:noNamespaceSchemaLocation="xmlns=http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.1">
<DEFINITIONS><COOSYS ID="J2000" system="eq_FK5" equinox="J2000"/></DEFINITIONS>
<RESOURCE ID="yCat_3185" name="III/185">
<DESCRIPTION>Catalog of precise radial velocities of 21 near-by
stars</DESCRIPTION>
<FIELD name="HR" ucd="meta.id" datatype="short" width="4"></FIELD>
<FIELD name="JD-2440000" ucd="TIME_DATE" datatype="double" width="9"
precision="4" unit="d">
<DESCRIPTION>Epoch (Barycentric JD-2440000)</DESCRIPTION>
</FIELD>
<FIELD name="RV" ucd="spect.dopplerVeloc" datatype="double" width="8"
precision="1" unit="m/s">
<DESCRIPTION>Precise Radial Velocity</DESCRIPTION>
</FIELD>
<FIELD name="e_RV" ucd="stat.error" datatype="float" width="5"
precision="1" unit="m/s">
<DESCRIPTION>Internal (standard) error of RV</DESCRIPTION>
</FIELD>
<TABLE><DATA><TABLEDATA>
<TR><TD>509</TD><TD>4532.0394</TD><TD>-62.0</TD><TD>44.5</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>4534.0144</TD><TD>-44.7</TD><TD>24.3</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>4621.7426</TD><TD>30.4</TD><TD>24.0</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>4653.7394</TD><TD>-0.1</TD><TD>14.8</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>4654.7233</TD><TD>-9.6</TD><TD>16.1</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>4771.1344</TD><TD>-19.8</TD><TD>15.2</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>4913.9804</TD><TD>-14.8</TD><TD>17.3</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>4926.8559</TD><TD>4.3</TD><TD>13.4</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>4957.9003</TD><TD>-4.9</TD><TD>15.9</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>5148.1106</TD><TD>-17.0</TD><TD>11.7</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>5166.0837</TD><TD>0.6</TD><TD>10.9</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>5213.0444</TD><TD>-6.7</TD><TD>9.5</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>5276.9056</TD><TD>-27.2</TD><TD>13.2</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>5711.7222</TD><TD>16.2</TD><TD>16.6</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>5712.7997</TD><TD>24.3</TD><TD>12.5</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>5712.8239</TD><TD>-11.0</TD><TD>10.0</TD></TR>
<TR><TD>509</TD><TD>5902.0747</TD><TD>-14.8</TD><TD>12.4</TD></TR>
</TABLEDATA></DATA></TABLE>
</RESOURCE>
</VOTABLE>
```

t_i $VR(t_i)$ $Err(t_i)$

collaboration Goździewski

Solution orbitale =

- 1) N planètes indépendantes: rapide
 - 2) N planètes en interaction: très lent
- ==> parallélisation (ex. GRID5K)

Insertion dans le catalogue des Exoplanètes

- Accessible sur vo.obspm.fr/exoplanetes/encyclo/catalog-main.php

The Extrasolar Planets Encyclopaedia
Established since February 1995

Home | **Interactive Catalog** | Bibliography | Research | Meetings | Other Sites

Interactive Extra-solar Planets Catalog

Maintained by © 2006 [Jean Schneider](#) (CNRS-LUTH, Paris Observatory)
Technical support : [Cyril Dedieu](#)

For the use of this catalog [README](#) first.

1. Candidates detected by radial velocity (update : 22 March 2006)

<< Back to the Index Catalog | Data Catalog | **Histograms** | Correlation Diagrams | Planet Table

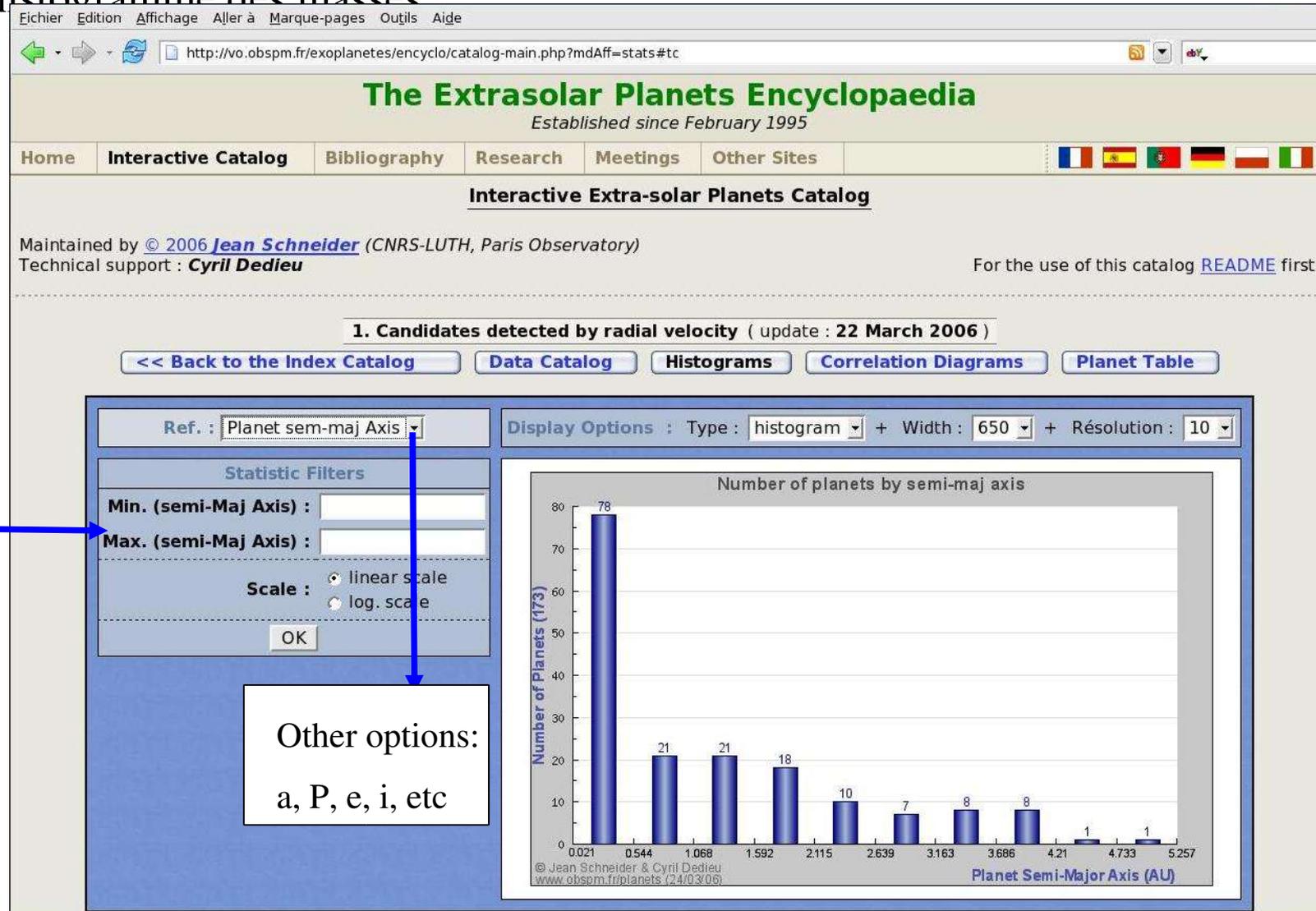
(sorted by **increasing period of the closest planet**) **Statistics** : 149 planetary systems / 173 planets / 18 multiple planet systems

PLANET	M _[.sin i] (M _{JUP}) - stats	PERIOD (days) - stats	SEM-MAJ AXIS (AU) - stats	ECC.	INCL.	STATUS	DISCOV. (year)	UPDATE
OGLE-TR-56 b	1.45	1.2119189	0.0225	0	81	R	2002	22/08/05
OGLE-TR-113 b	1.35	1.4324758	0.0228	0	-	R	2004	13/04/05
OGLE-TR-132 b	1.19	1.689857	0.0306	0	85	R	2004	13/04/05
Gliese 876 d	0.023	1.93776	0.0208067	0	-	R	2005	22/08/05
c	0.56	30.1	0.13	0.27	? 84	R	2000	19/12/05
b	1.935	60.94	0.20783	0.0249	84	R	2000	19/12/05
HD 189733 b	1.15	2.218573	0.0313	0	85.79	R	2005	14/03/06
HD 212301 b	0.45	2.457	0.036	0	-	S	2005	31/01/06
HD 73256 b	1.87	2.54858	0.037	0.03	-	R	2003	28/02/06
GJ 436 b	0.067	2.6441	0.0278	0.17	-	R	2004	11/04/05
55 Cnc e	0.045	2.81	0.038	0.174	-	R	2004	11/04/05
b	0.784	14.67	0.115	0.0107	-	R	1996	09/01/06
c	0.217	43.93	0.24	0.44	-	R	2002	11/04/05
d	3.92	4517.4	5.257	0.377	-	R	2002	11/04/05
HD 63454 b	0.38	2.81782	0.036	0	-	R	2005	22/08/05
HD 149026 b	0.36	2.8766	0.042	0	85.3	R	2005	13/02/06

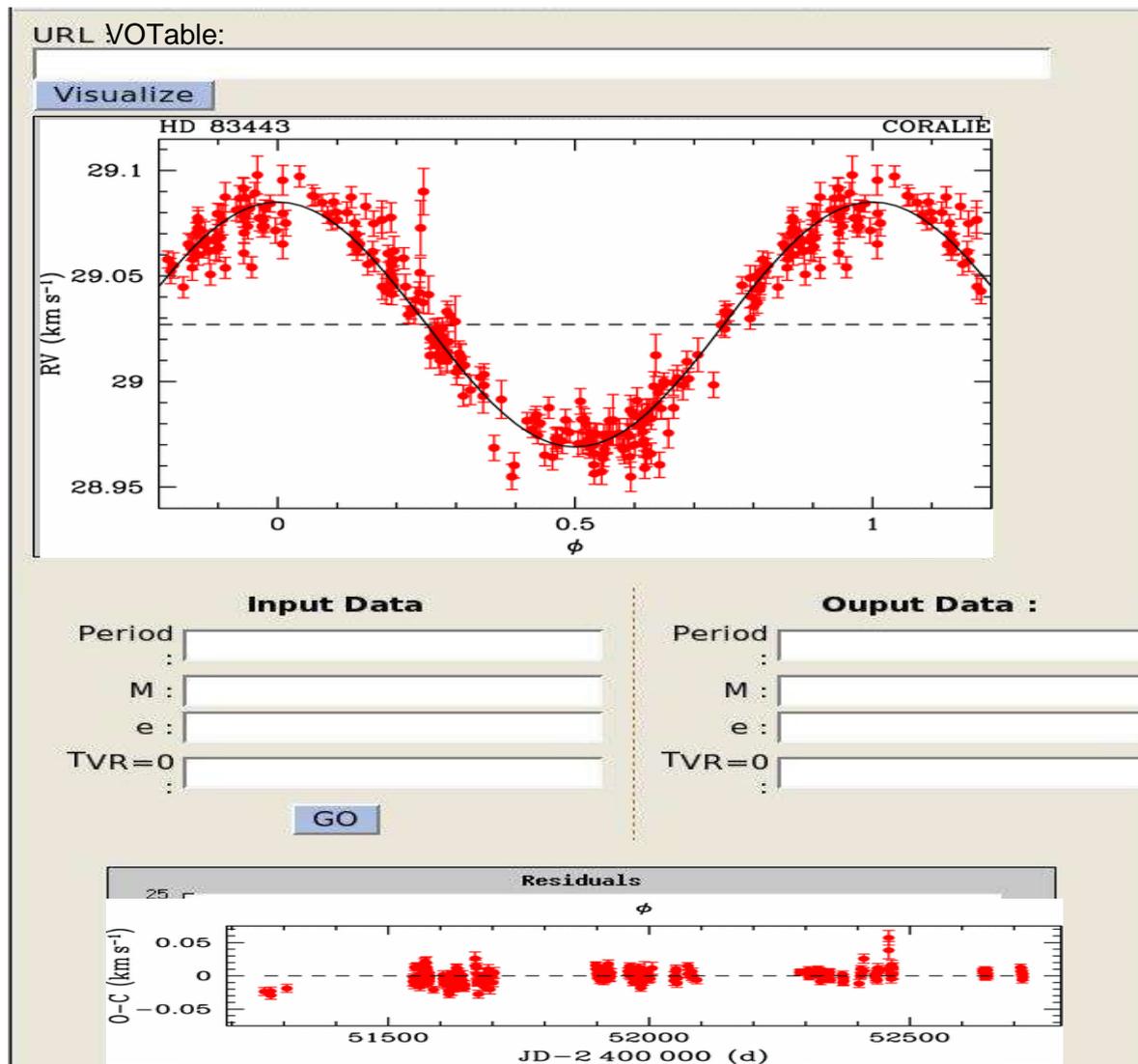
Output options

Insertion dans le catalogue des Exoplanètes

- Exemple: histogramme des masses



Insertion dans le catalogue des Exoplanètes



Autres projets

- Fit de modèles d'atmosphères (code ARTY L. Chevalier)
- Production de courbes de lumière stellaire réfléchi par la planète F(t) le long de sa révolution orbitale (cf L. Chevallier)