

Statistiques des compagnons stellaires dans le voisinage solaire



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES



Manuela Raimbault

Superviseur : Damien Ségransan



Comprendre les processus de formation et d'évolution des systèmes planétaires

1. Obtenir un grand nombre d'orbites dans un échantillon complet (planètes, naines brunes, binaires spectroscopiques)
2. Déduire les propriétés des compagnons (nombre, masse, période, séparation, excentricité)
3. Établir les distributions non biaisées
4. Comparer les observations aux modèles théoriques



Comprendre les processus de formation et d'évolution des systèmes planétaires

Quel rôle le disque joue-t-il ?

Quels sont les processus de migration ?

Comment se forment les planètes géantes ?

Et les naines brunes !



Compagnons stellaires

Planètes géantes ($M > 2 M_{\text{Jup}}$)

Naines brunes

Étoiles de très faible masse

Voisinage solaire

$d < 50 \text{ pc}$



Compagnons stellaires

Planètes géantes ($M > 2 M_{\text{Jup}}$)
Naines brunes
Étoiles de très faible masse

Voisinage solaire
 $d < 50 \text{ pc}$

Compagnons proches

$a < 5 \text{ au}$
Soit $P < 10 \text{ ans}$



Compagnons stellaires

Planètes géantes ($M > 2 M_{\text{Jup}}$)

Naines brunes

Étoiles de très faible masse

Voisinage solaire

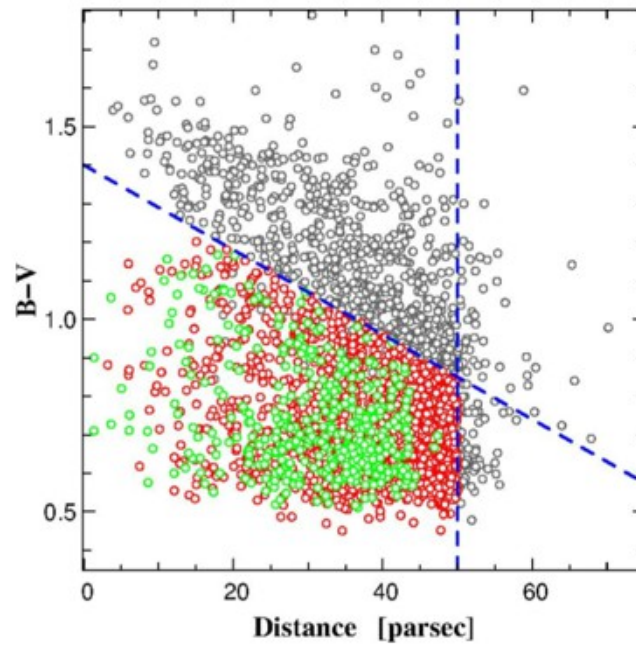
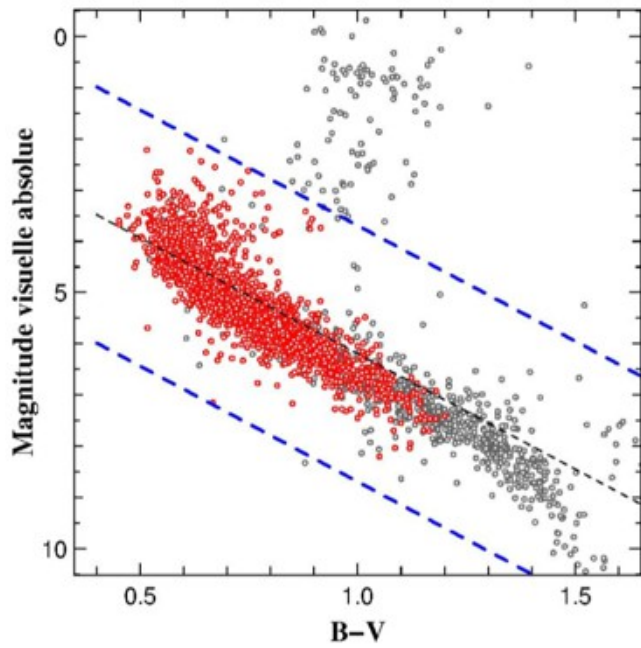
$d < 50 \text{ pc}$

Compagnons proches

$a < 5 \text{ au}$

Soit $P < 10 \text{ ans}$

Échantillon complet



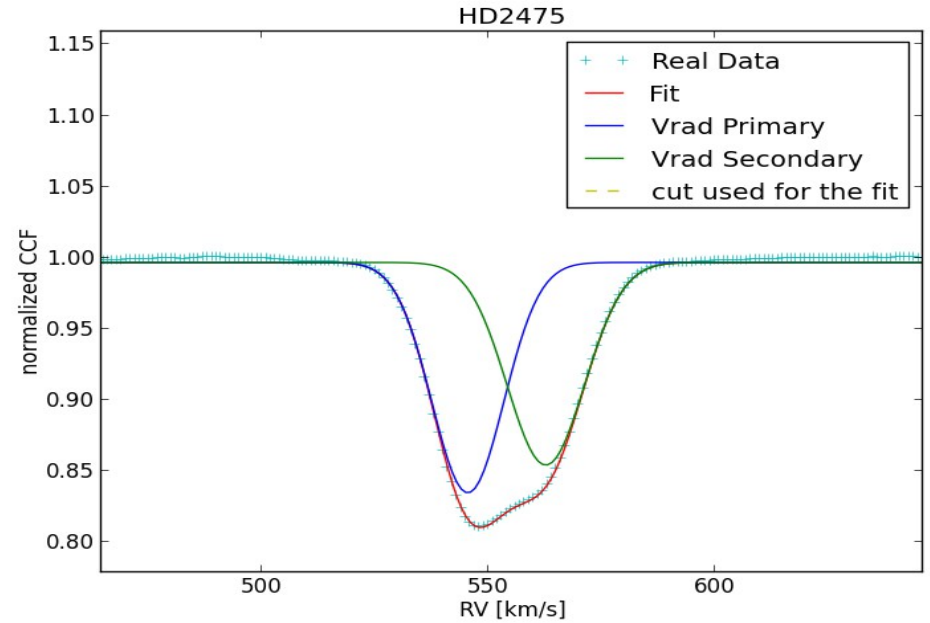
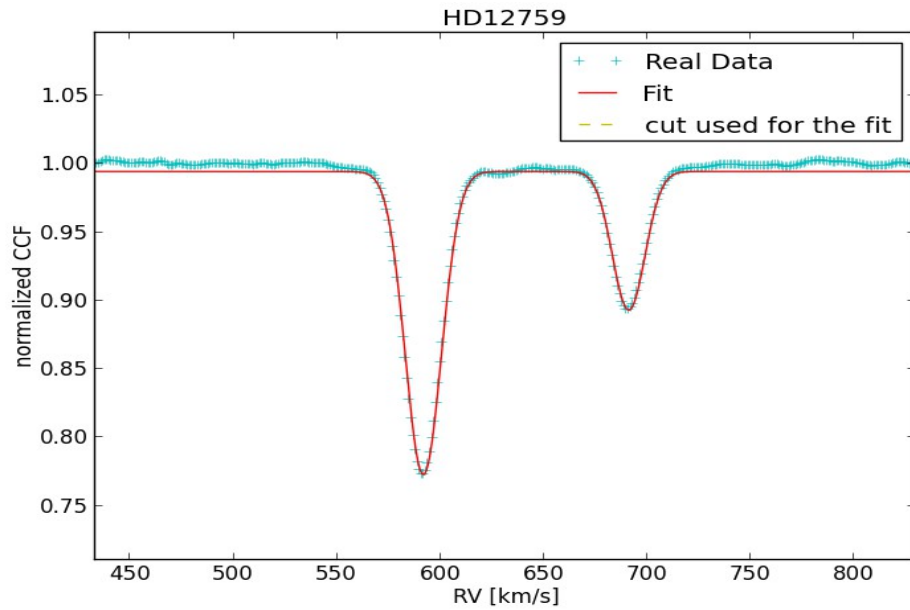
CORALIE survey

Limité en volume
20 ans de données
1647 sources

Udry et al 2000

1647 sources

Obtention des éléments orbitaux



100 SB2+

155 SB1

16 naines brunes

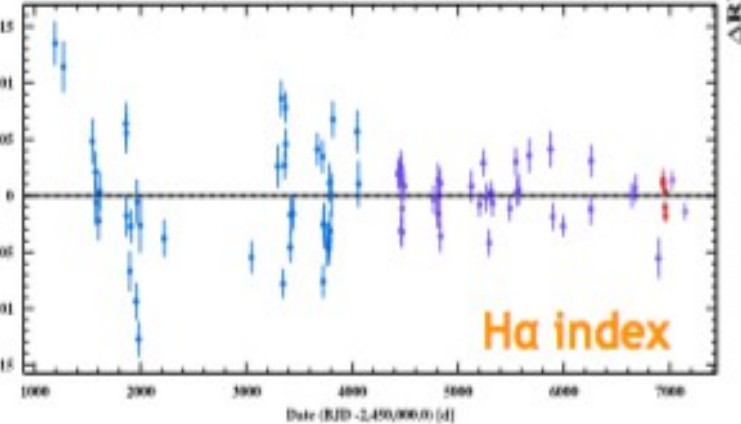
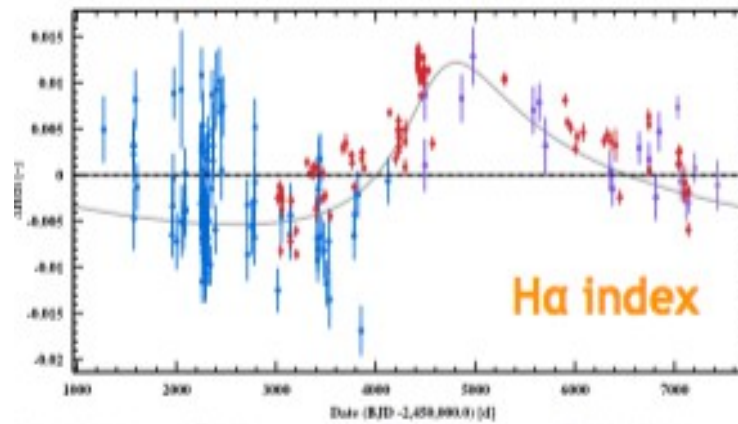
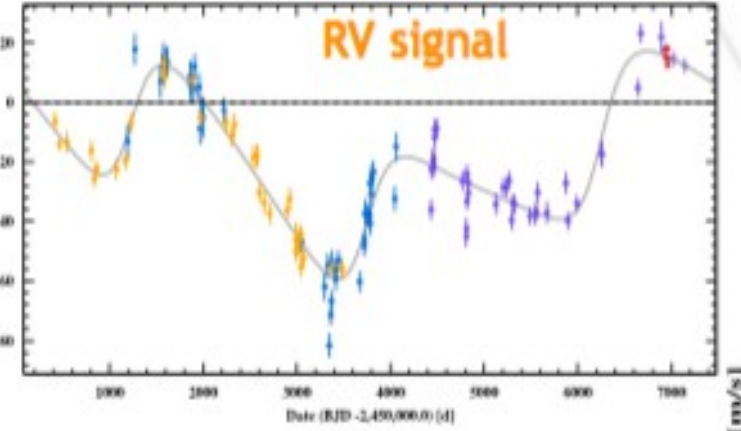
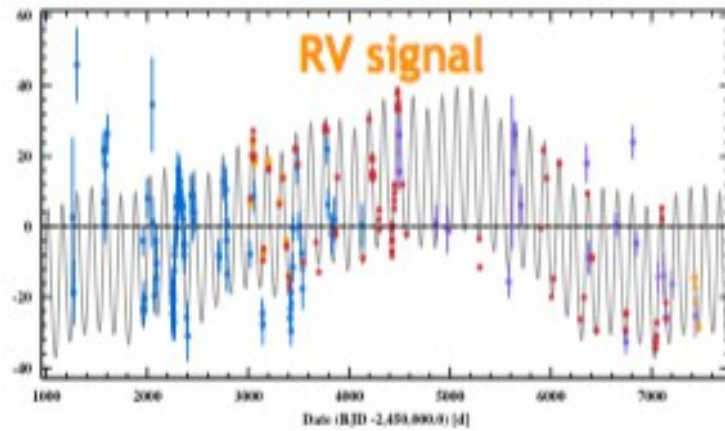
91 planètes géantes

+ 543 binaires visuelles

ORBIT [*Forveille et al. 1999*]
Programme d'ajustement d'orbites
par least-square minimization
→ SB2, SB3...

1647 sources

Obtention des éléments orbitaux



100 SB2+

155 SB1

16 naines brunes

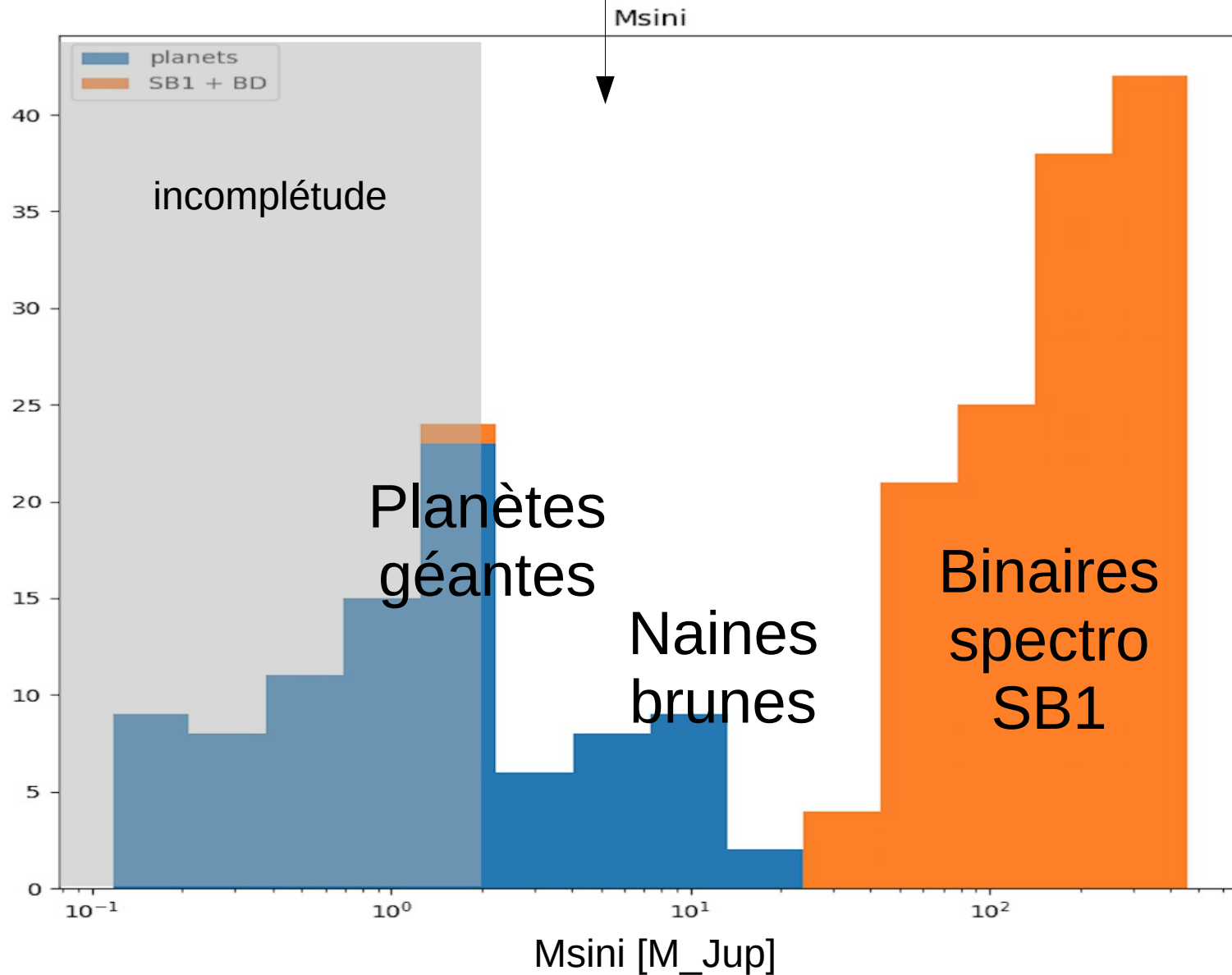
91 planètes géantes

+ 543 binaires visuelles

Raimbault et al, in prep

1647 sources

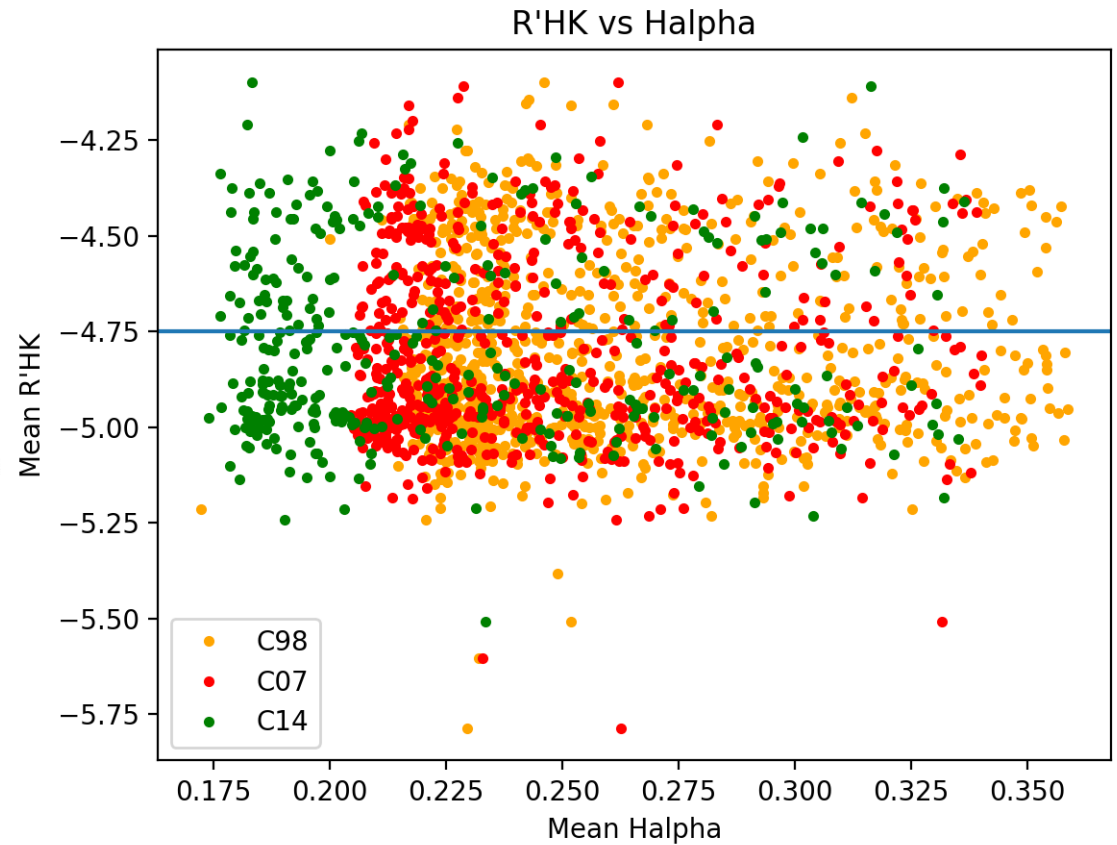
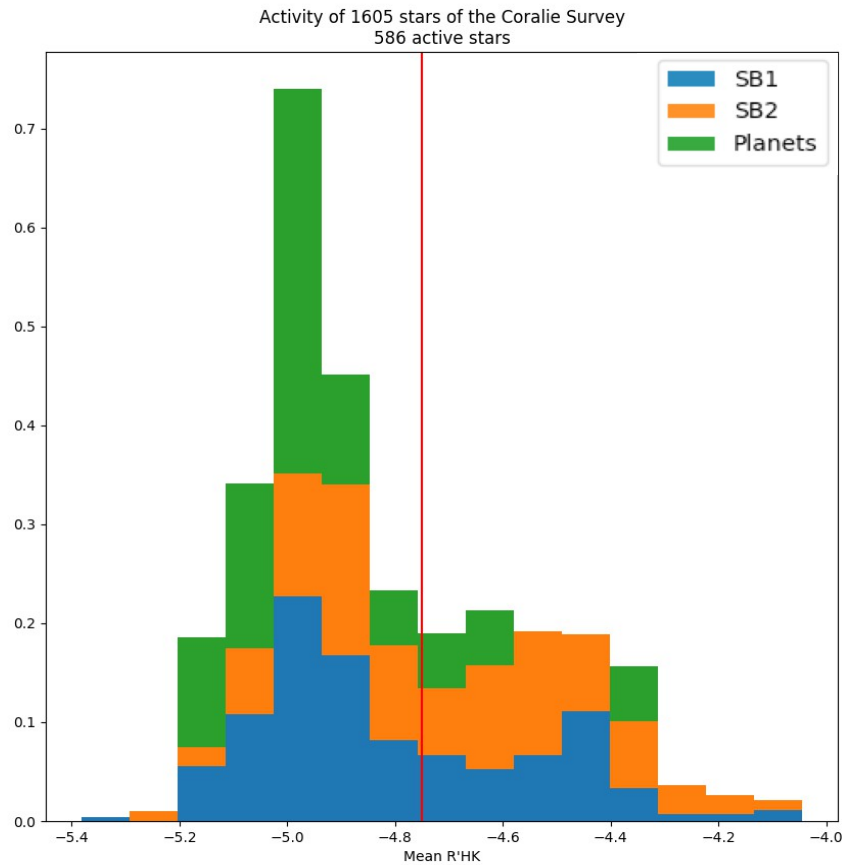
Éléments orbitaux (P,ecc,sep,Msini)



Définition d'un échantillon non biaisé

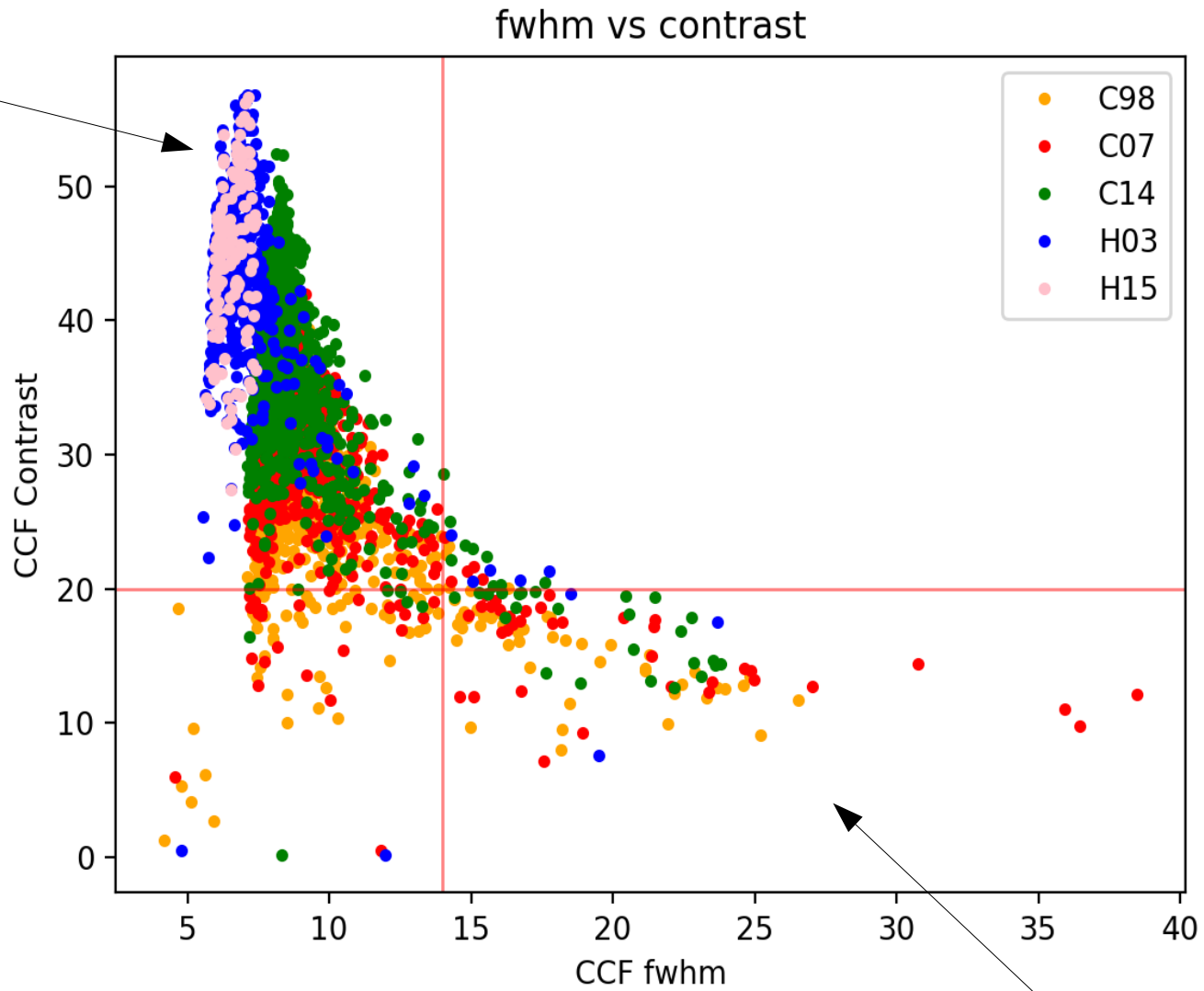
Critères plus sévères pour {planètes + binaires}

Critères relâchés pour {binaires}



Définition d'un échantillon non biaisé

Haute
précision

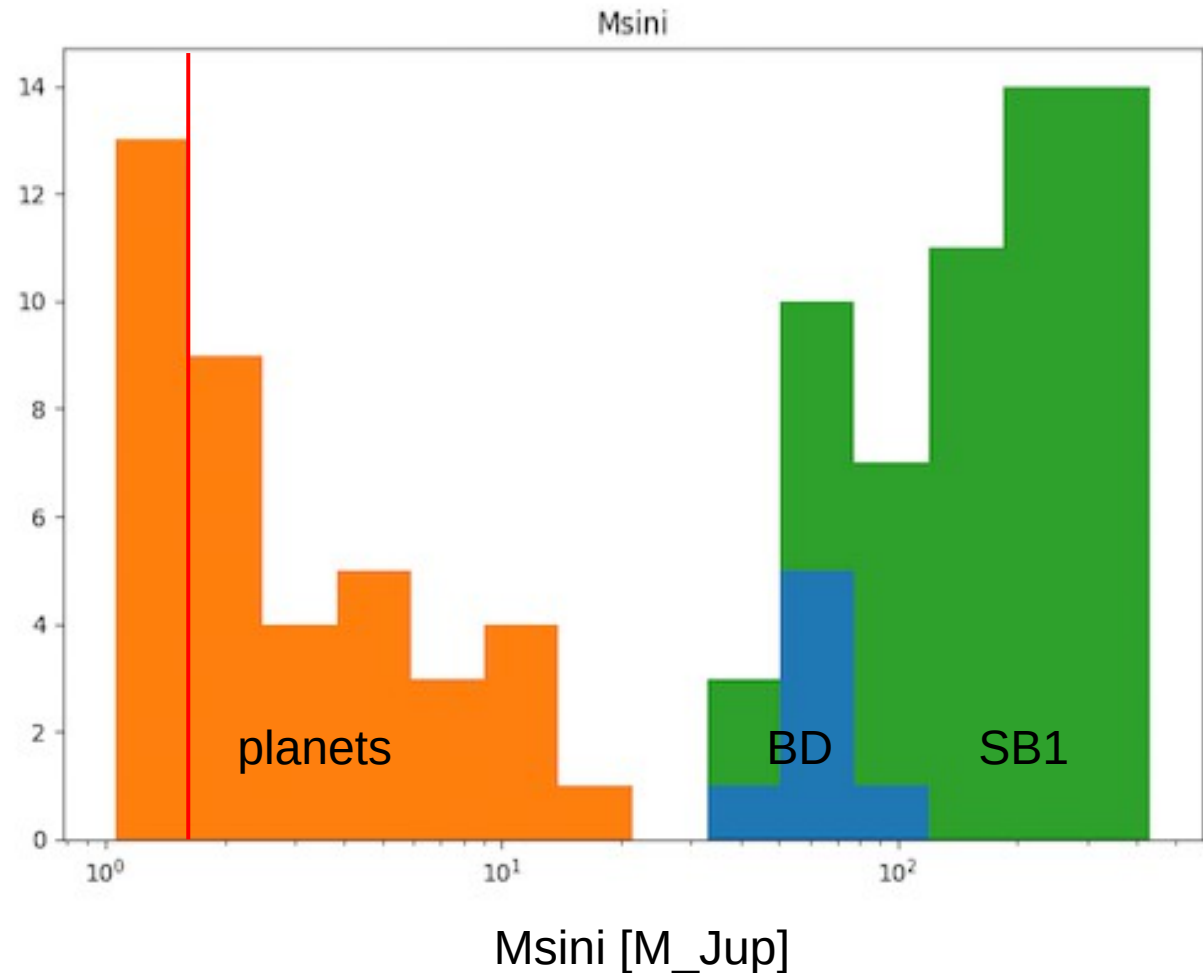


Fast-rotators

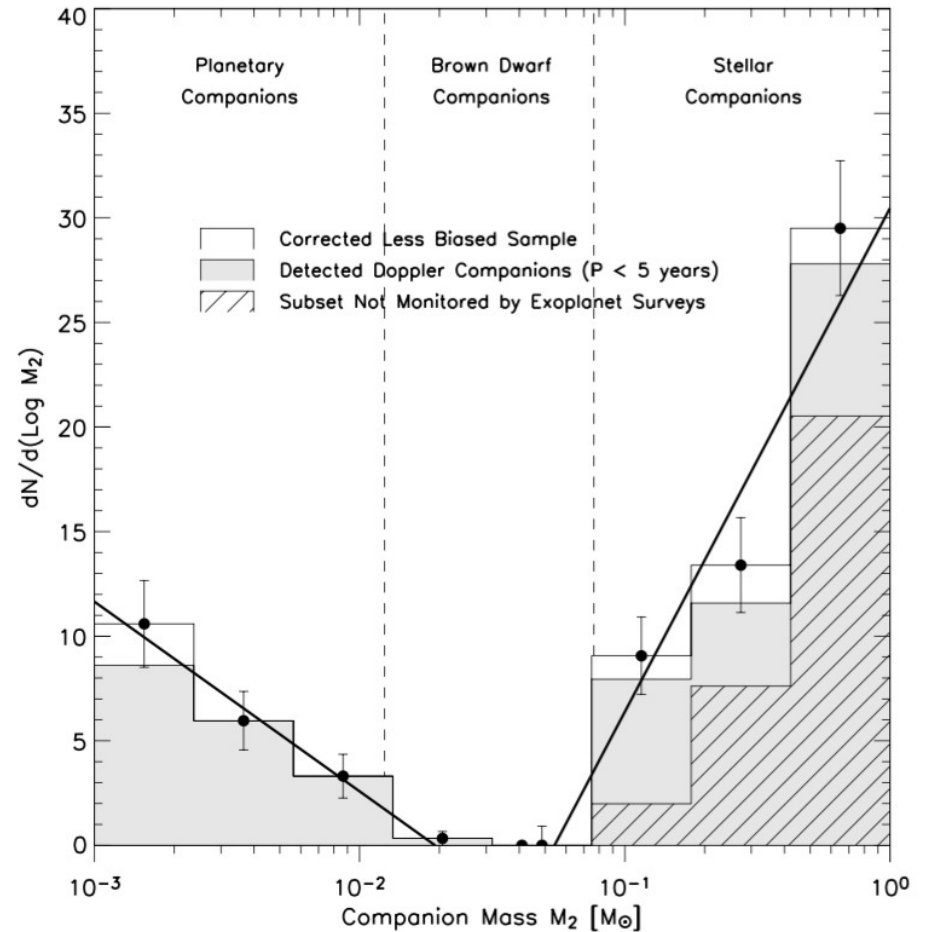
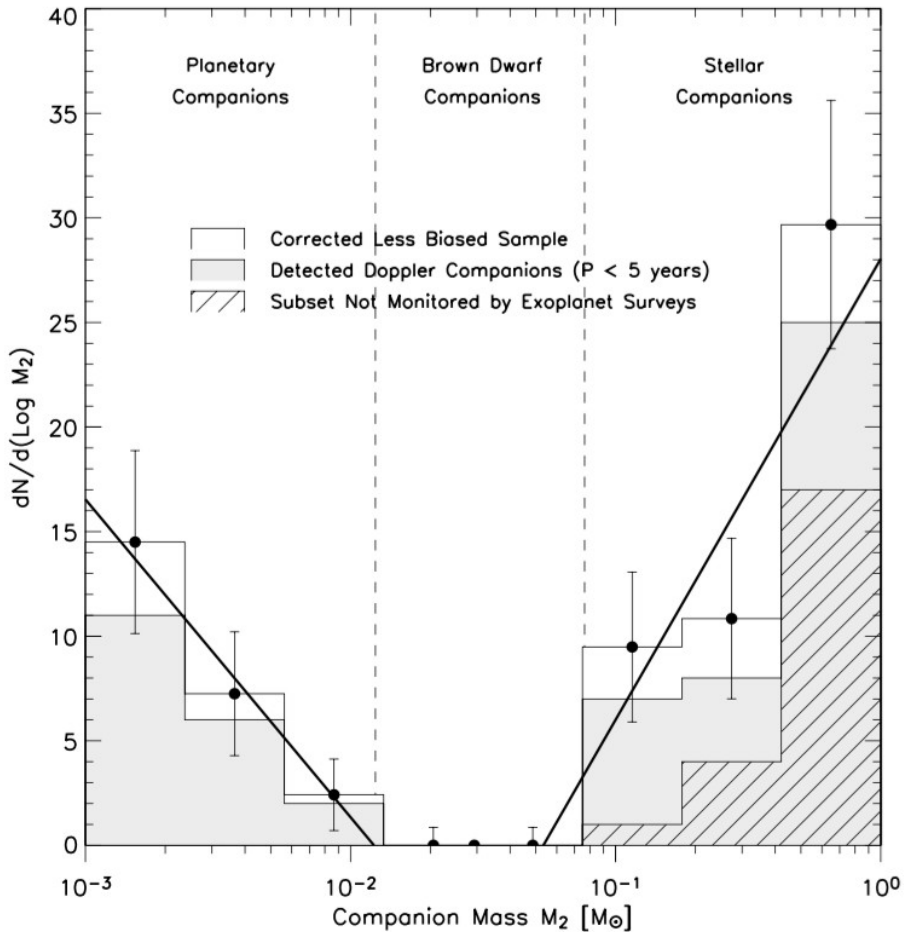
Échantillon à haute précision

Permet de comparer les planètes aux binaires

- $\sigma(\text{RV}) < 10 \text{ m/s}$
- $\text{sn50} > 50$
- $\text{Contraste} > 30$
- $\log(R'_{\text{HK}}) < -4.75$
- $\text{fwhm} < 14 \text{ km/s}$
- Pas de SB2



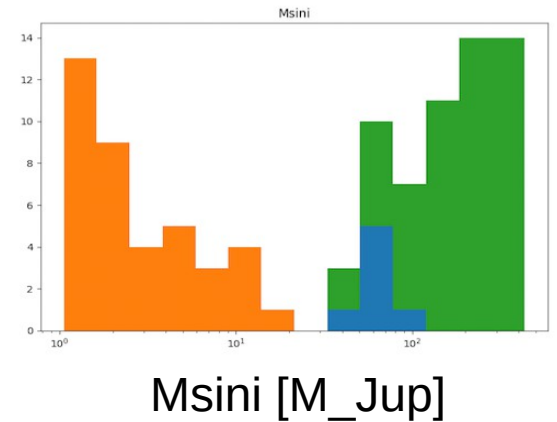
Échantillon à haute précision

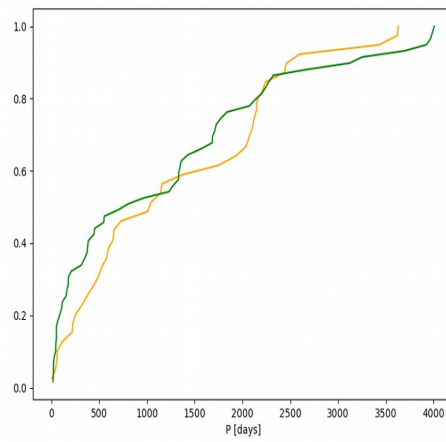
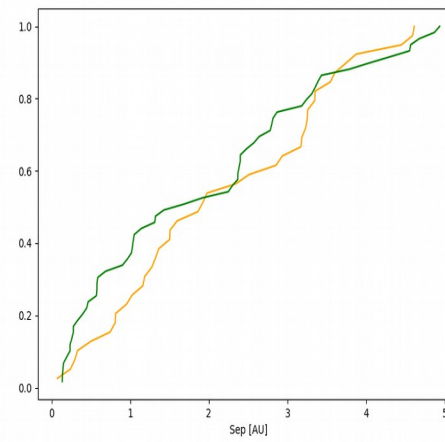
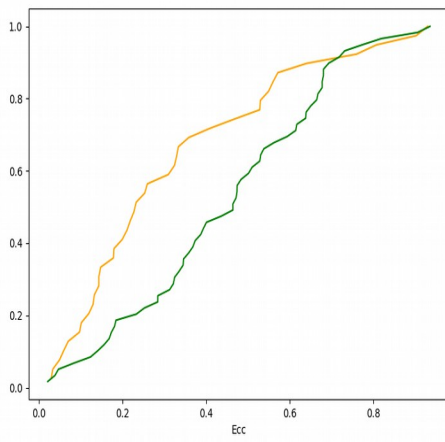
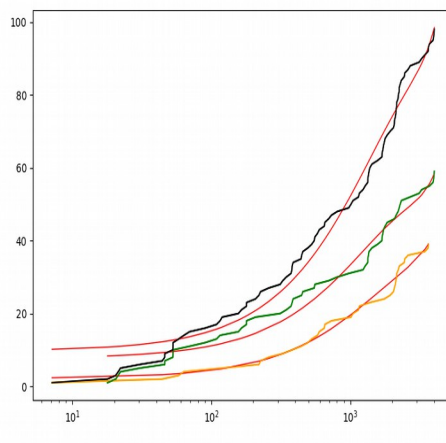
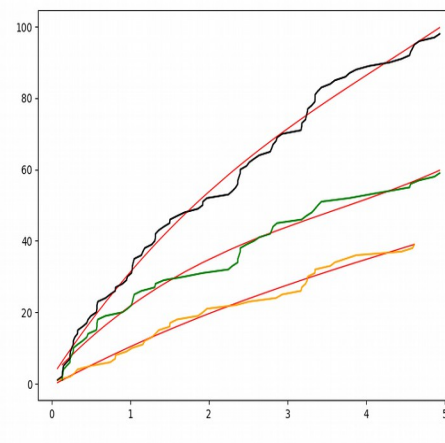
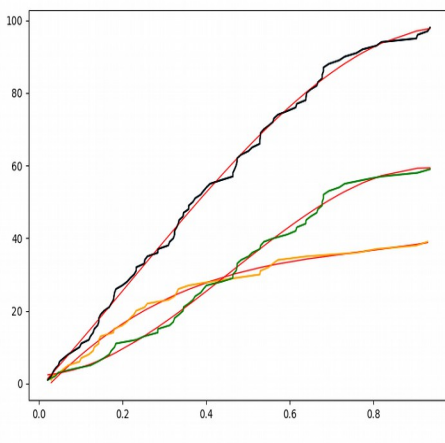
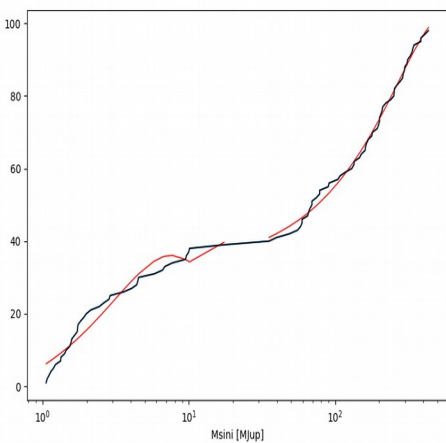
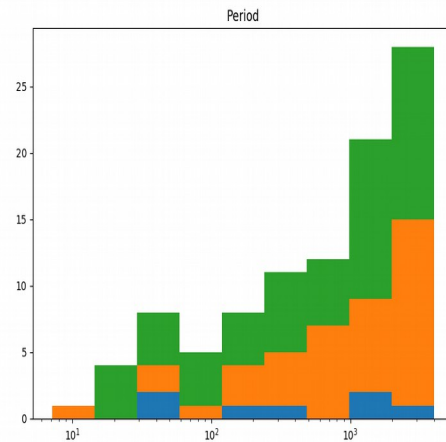
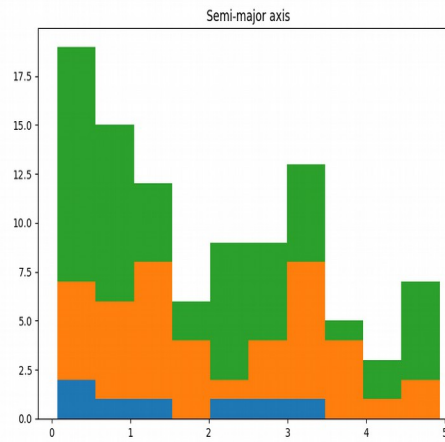
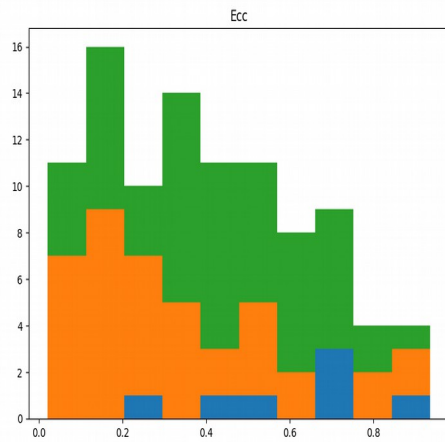
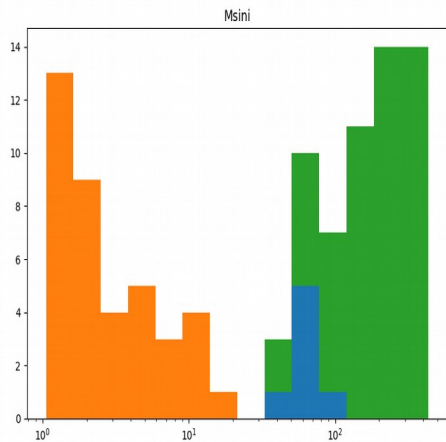


Grether & Lineweaver 2006

Désert des naines brunes

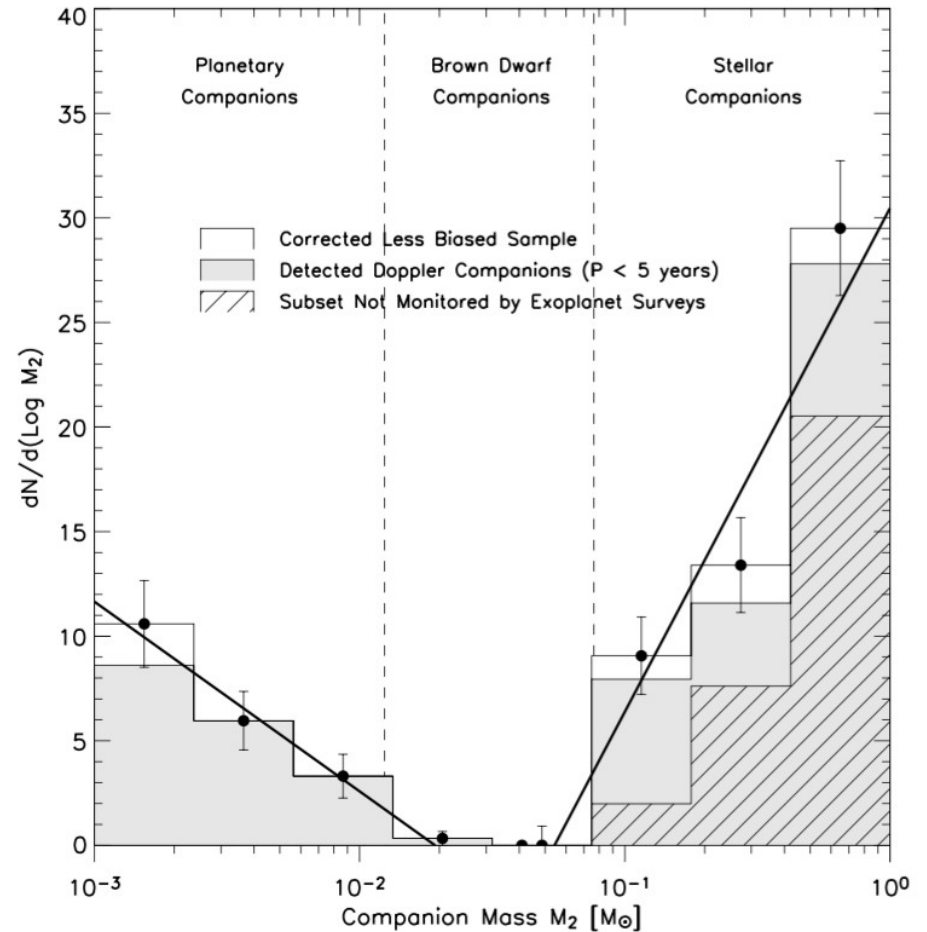
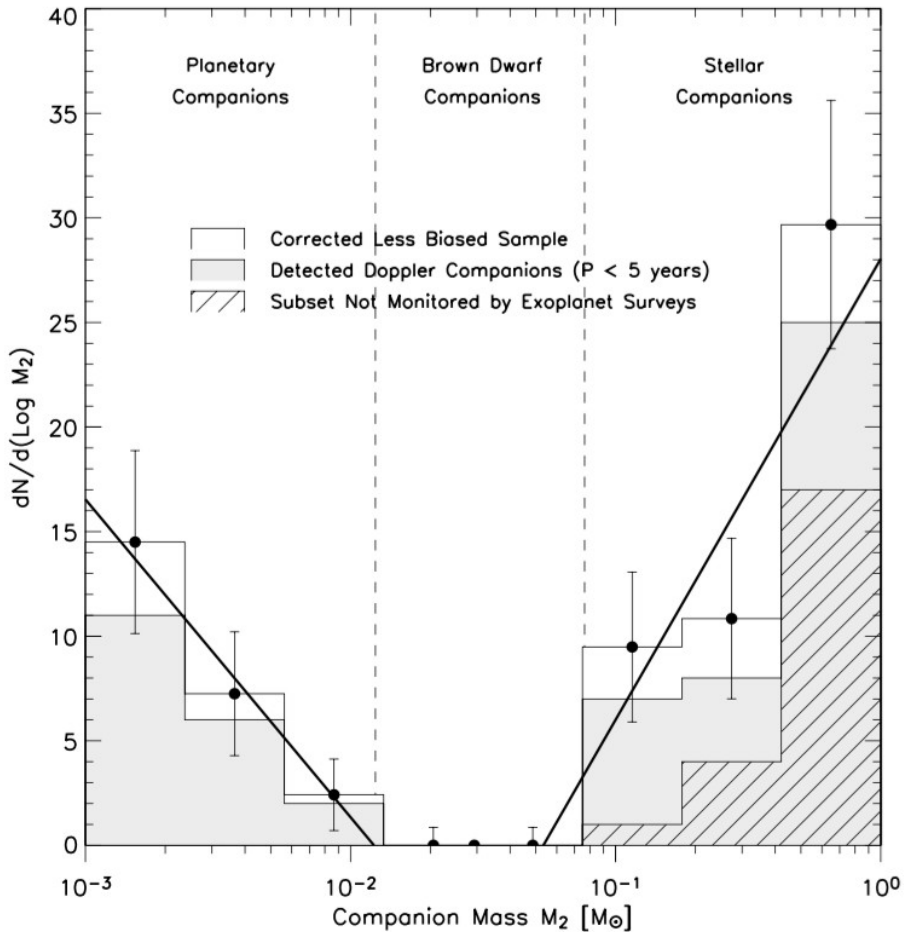
$$31^{+25}_{-18} M_{\text{Jup}}$$





■ Planets
■ BD
■ Binaries

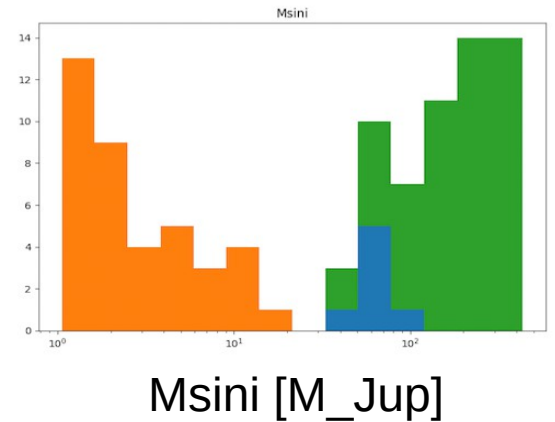
Échantillon à haute précision



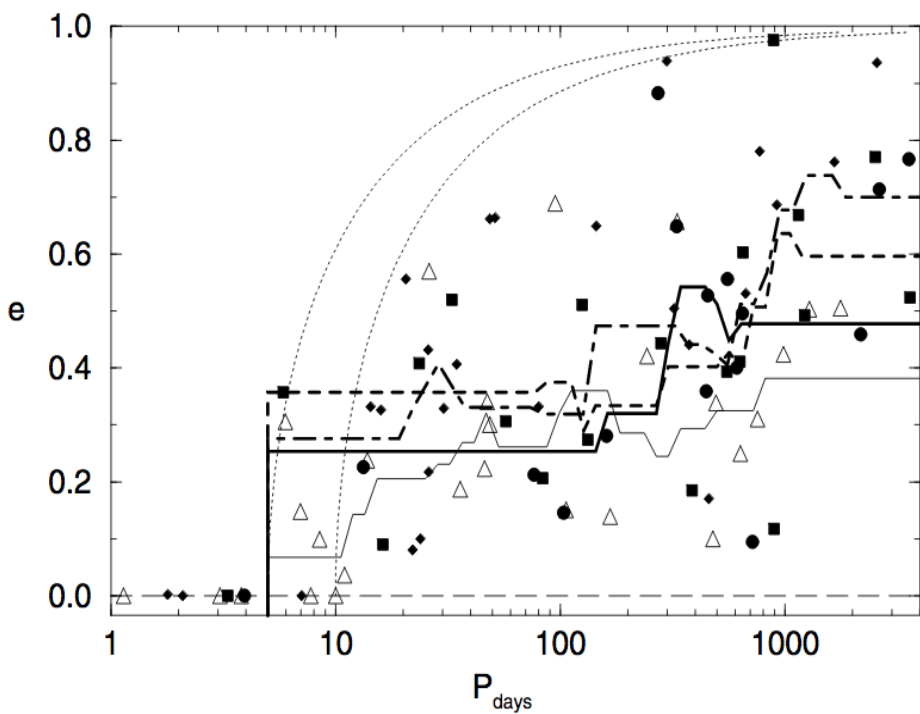
Grether & Lineweaver 2006

Désert des naines brunes

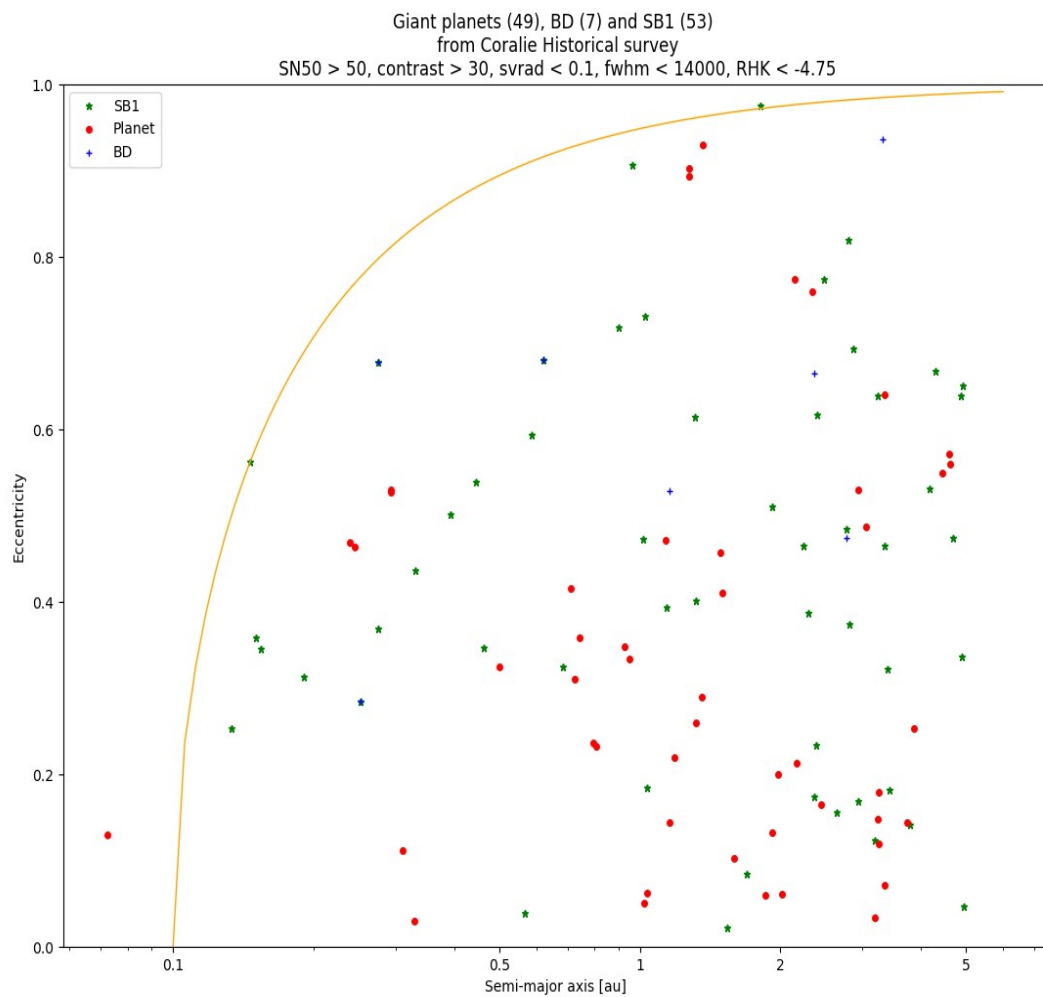
$$31^{+25}_{-18} M_{\text{Jup}}$$



Échantillon à haute précision

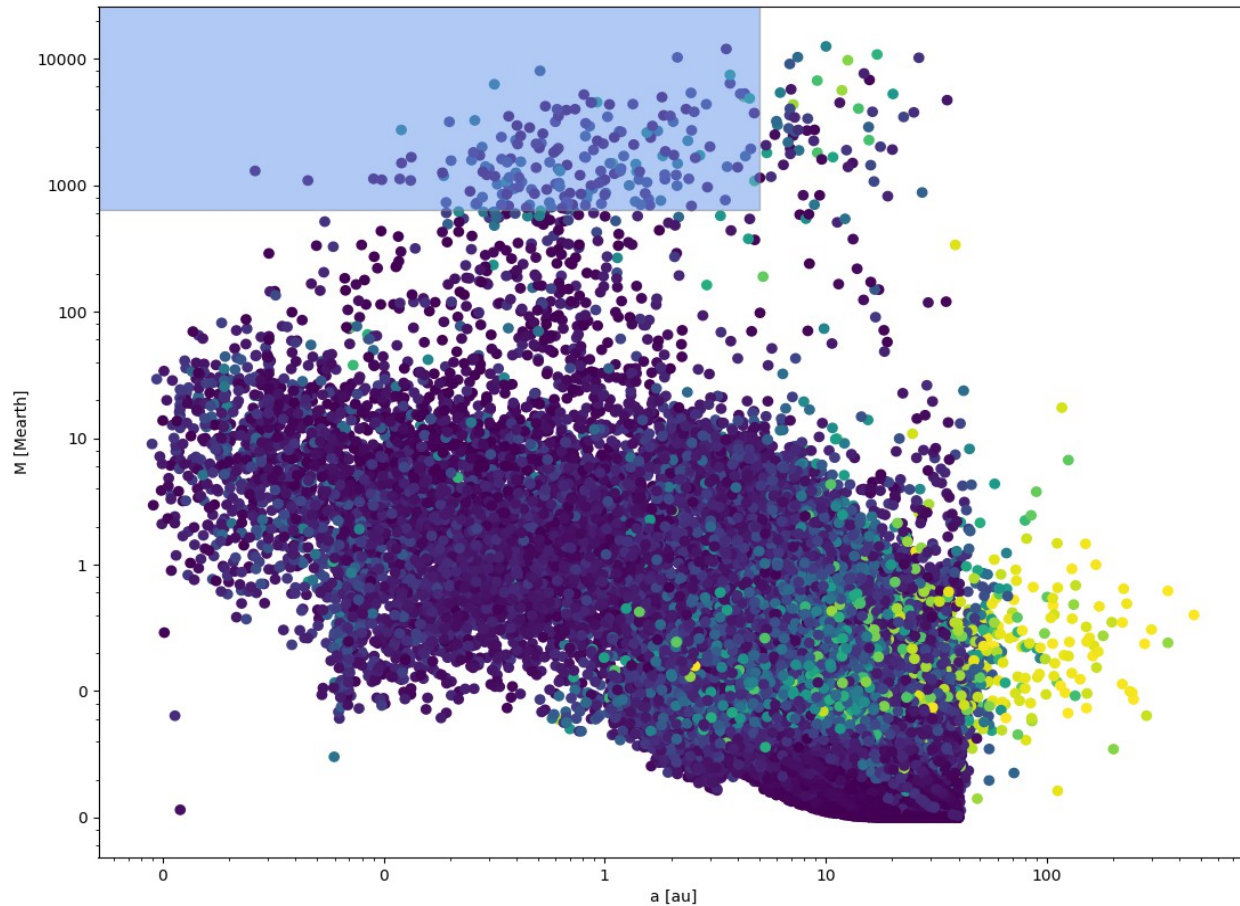


Halbwachs et al 2005



Planètes

Comparaison aux modèles



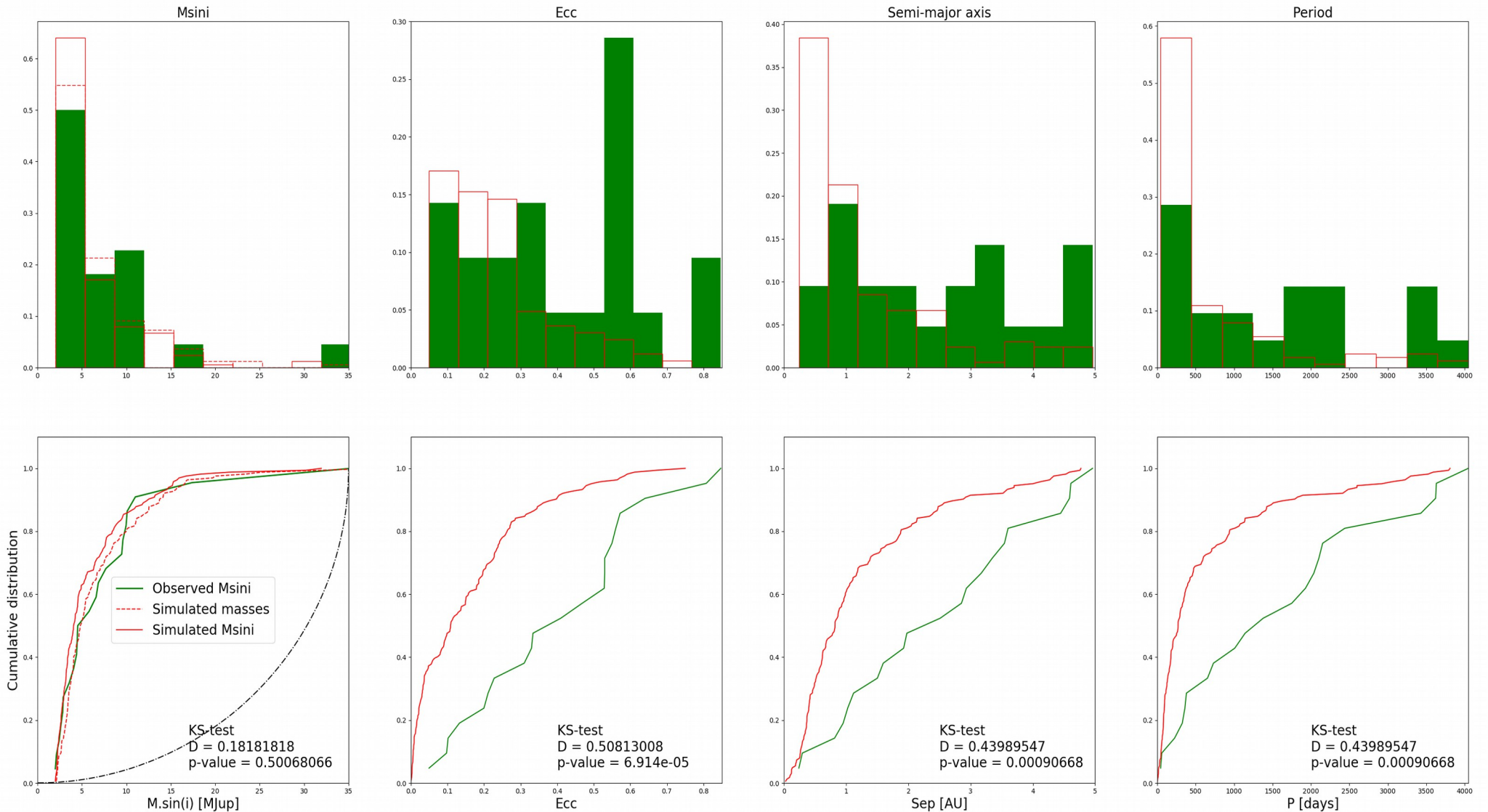
Mordasini et al 2019

Population synthétique de planètes t 978 systèmes planétaire.
Chaque simulation commence avec 100 embryos de 0.01 Mearth.
L'âge de la population est 5 Gyr.

Planètes

Comparaison aux modèles

Giant planets (21), BD (7) and SB1 (62)
from Coralie Historical survey
SN50 > 50, contrast > 20, svrad < 0.01, fwhm < 14000, RHK < -4.75 sep < 5 AU from Coralie Historical survey



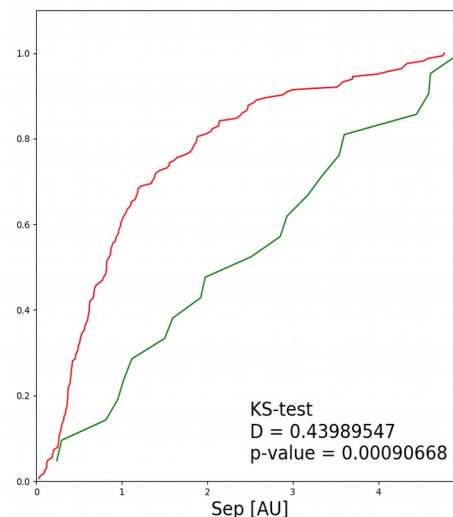
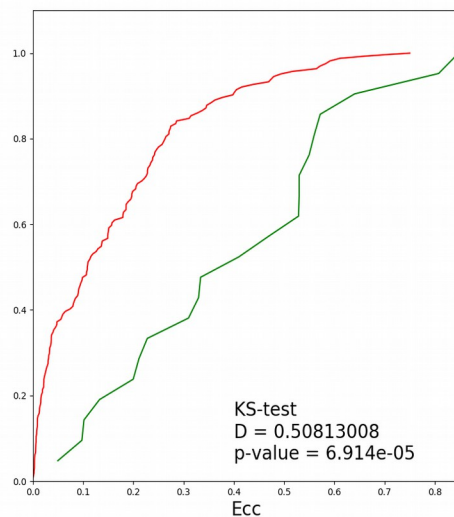
Planètes

Comparaison aux modèles

Excès de faibles excentricités et séparations dans les modèles.

Explications possibles :

- problème dans la modélisation de l'excentricité et des processus migratoires
- disques plus massifs car estimation de la masse des poussières via $M_{\text{dust}} / M_{\text{ga}}$ erronée → moindre migration des planètes



Binaires

Comparaison aux modèles

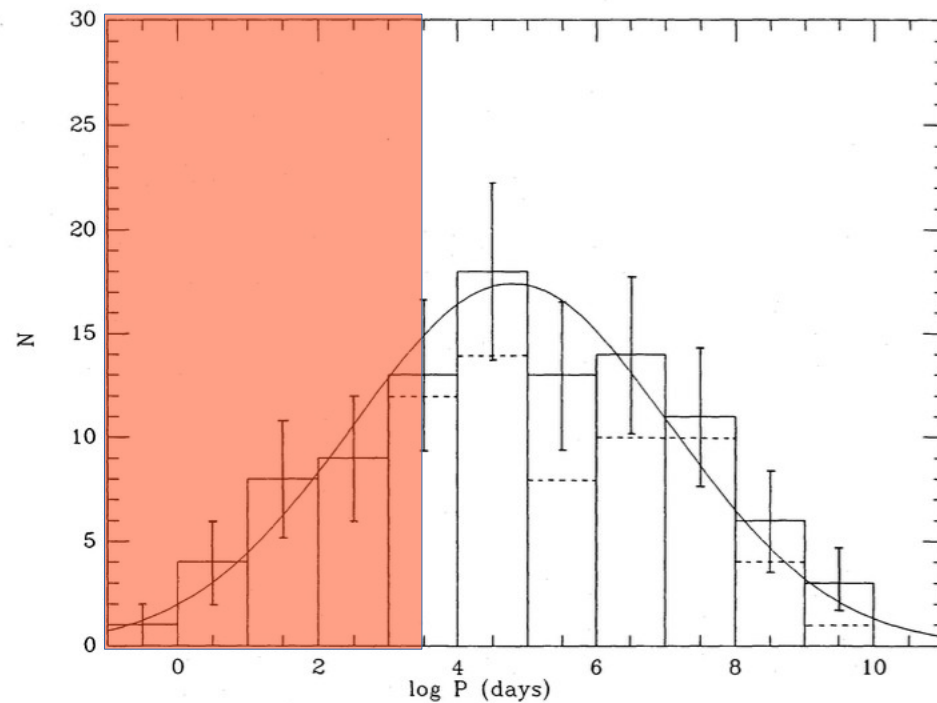
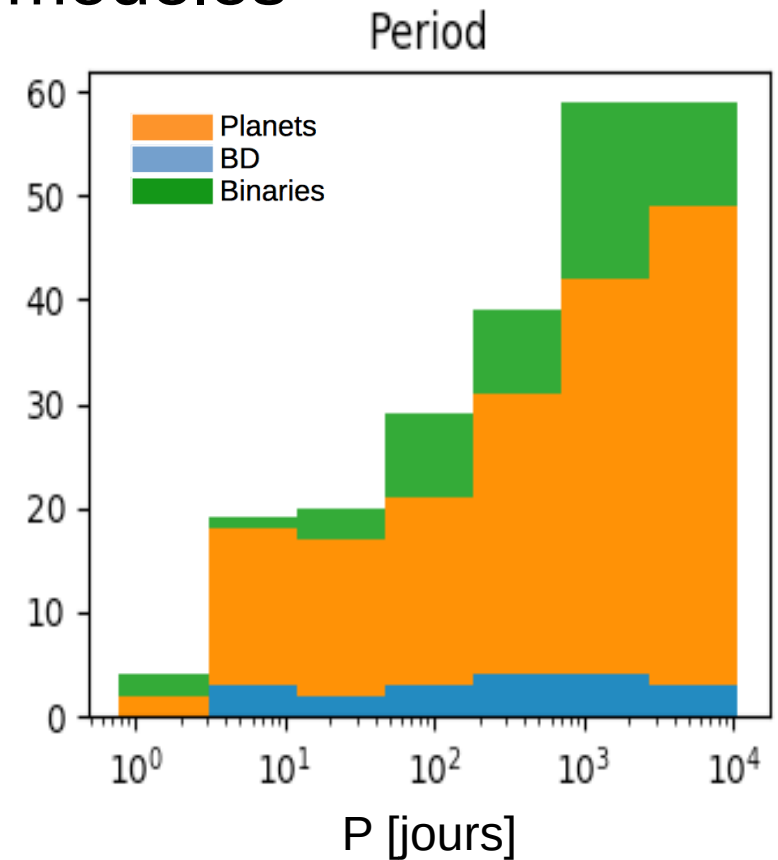


Fig. 7. Period distribution in the complete nearby G-dwarf sample, without (dashed line) and with (continuous line) correction for detection biases. A Gaussian-like curve is represented whose parameters are given in the text



Duquennoy & Mayor, 1991

164 étoiles F7 à G9 sélectionnées dans Gliese, complet dans 25 pc

→ 37 orbites de binaires

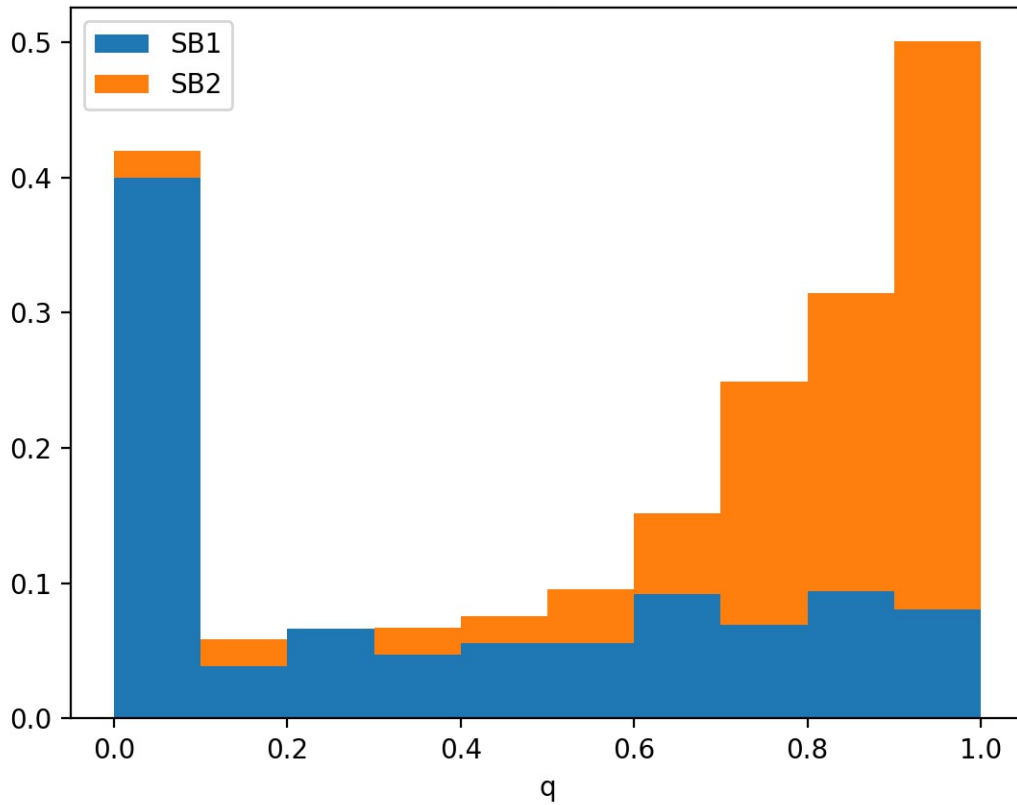
Dans Coralie, on attend 370 précision CORAVEL, 400-500 car plus précis

Gaussienne unimodale de médiane 180 ans
(Binaires spectroscopiques et visuelles)

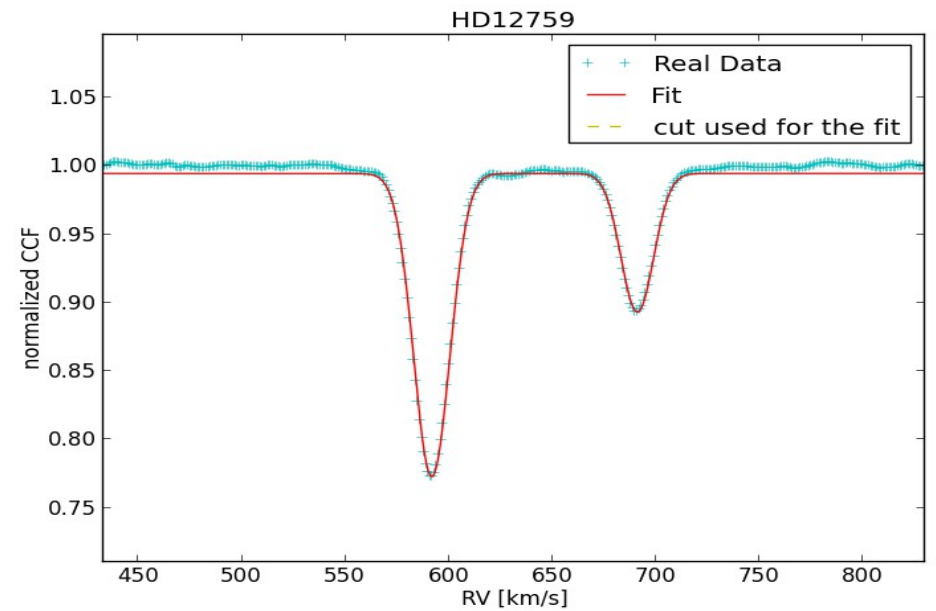
Binaires

Comparaison aux modèles

SB2, SB1, BD and planets mass ratio



$$q = M2 / M1 = K1 / K2$$



Binaires

Comparaison aux modèles

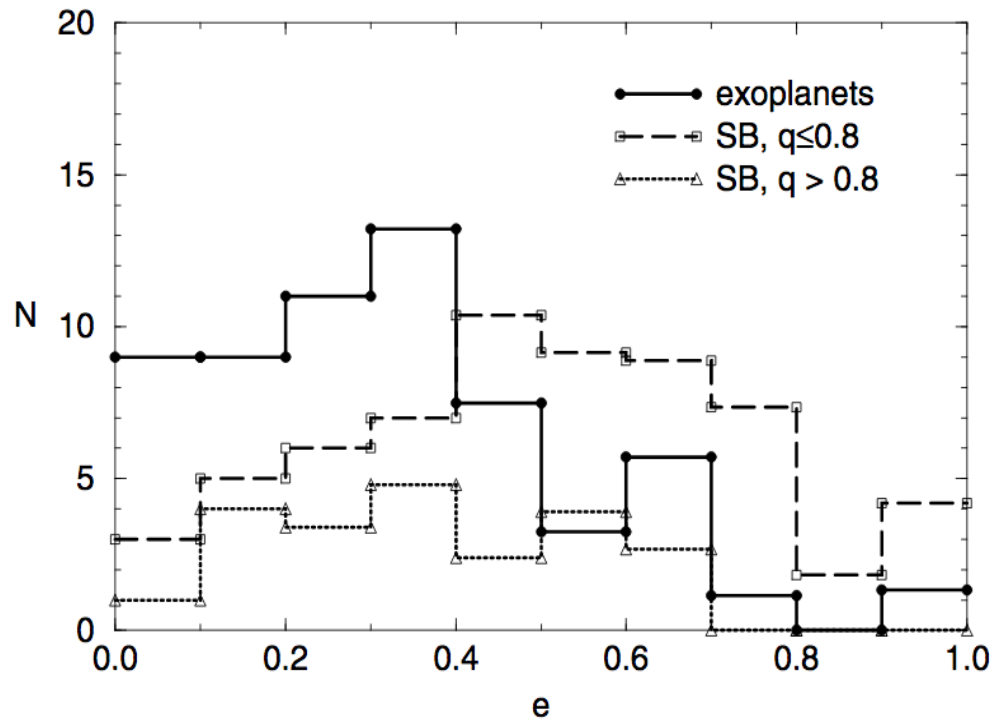
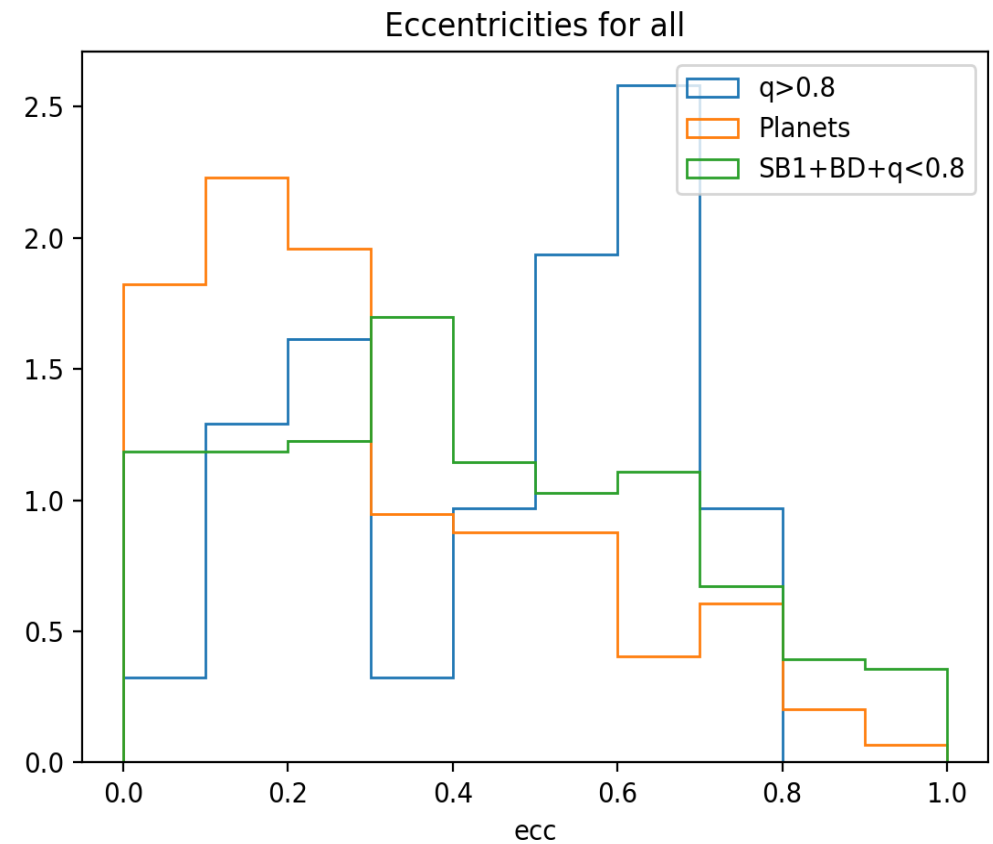


Fig. 7. Distribution of the eccentricities of SB and planets corrected for tidal circularization.

Halbwachs et al. 2005



Binaires

Comparaison aux modèles

Modèles de formation les plus récents : *Bate et al, 2000*



Extension du programme historique vers les naines K

Sources non observées dans le programme historique

$d < 50$ pc

$V < 10.5$

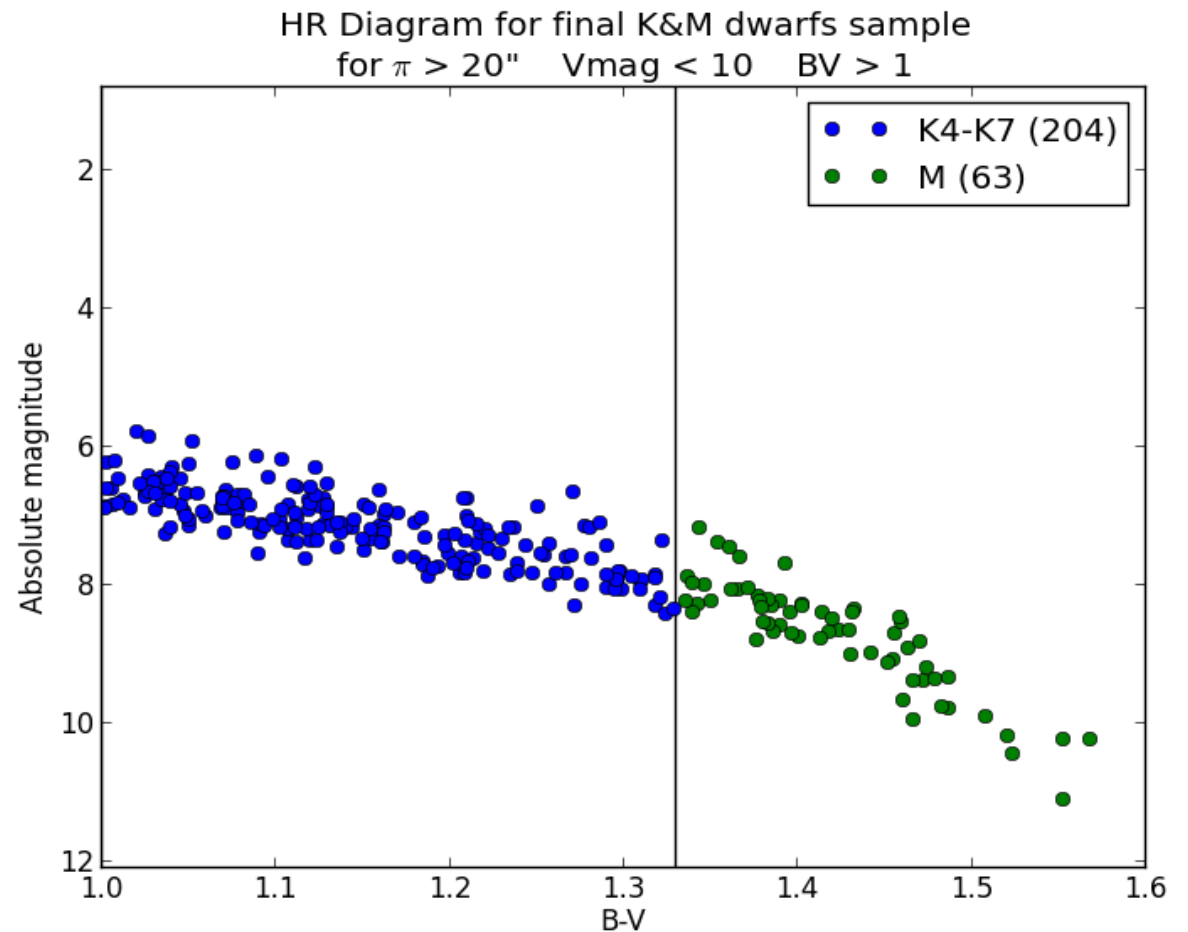
$B-V > 1$ (type spectral K)

Résultats :

1 nouvelle planète

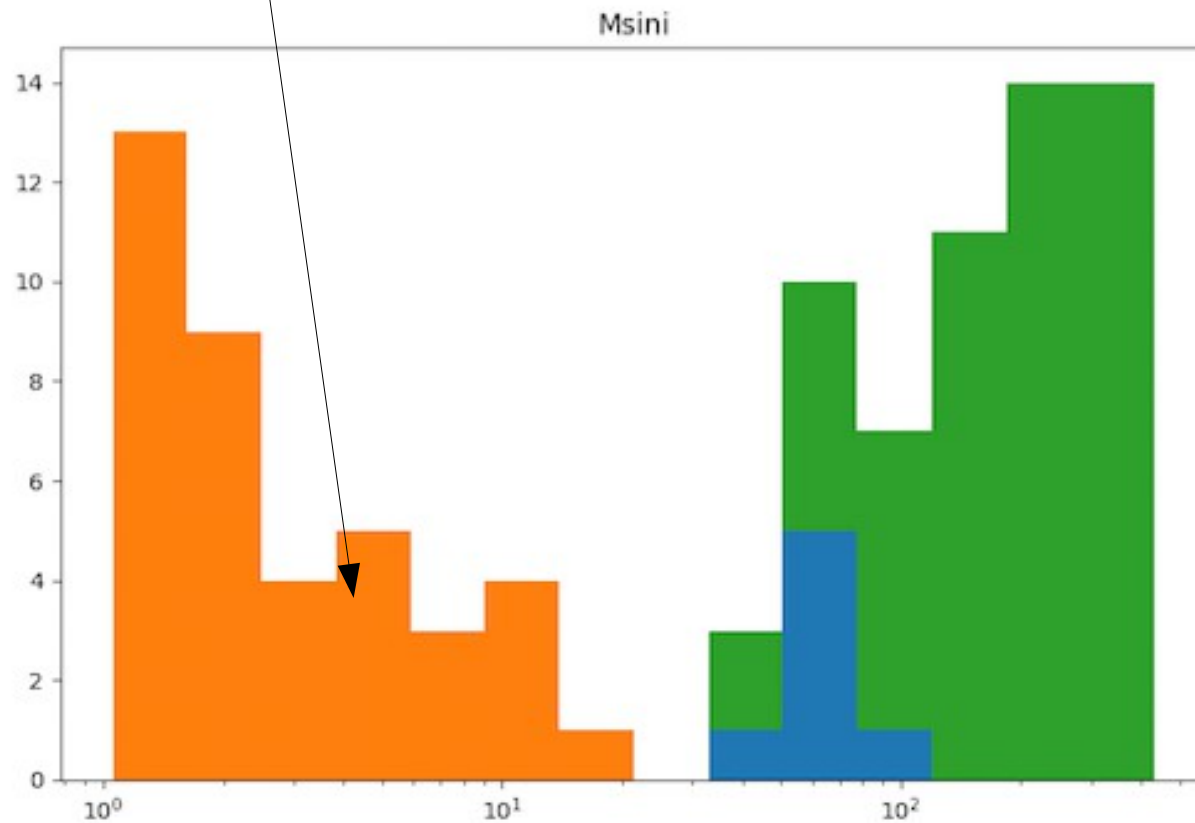
1 nouvelle NB

5 nouvelles SB



The Coralie survey for southern extrasolar planets XIX *

Nine new giant planets at separation shorter than 5 AU

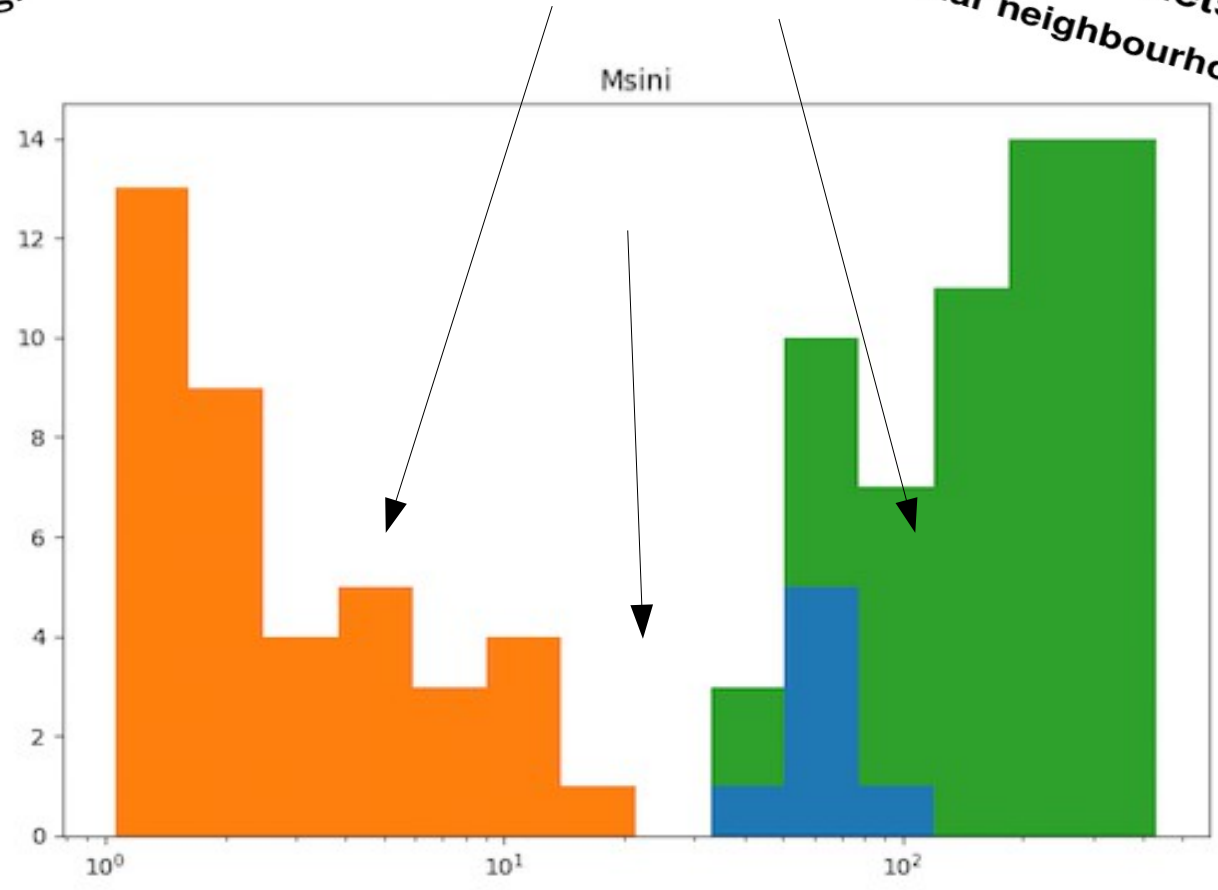


The CORALIE survey for southern extrasolar planets

XX. Multiplicity among solar-type stars in the solar neighbourhood.

The Coralie survey for southern stars

Nine new giant planets at separation

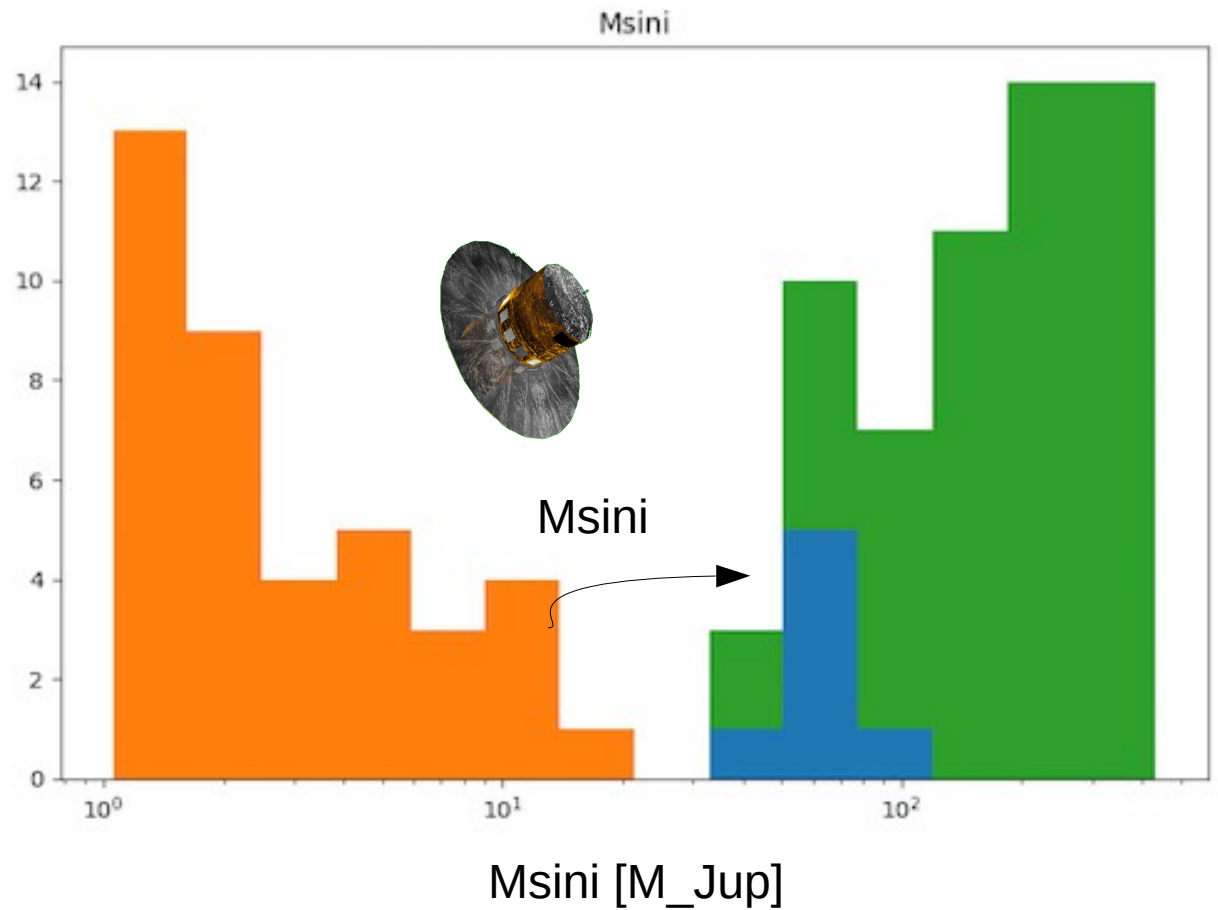


Perspectives

Sahlmann 2011

Astrométrie Hipparcos :

$M_{\text{sini}} \rightarrow$ Masse réelle



Holl et al, in prep

Prediction of Gaia astrometric brown dwarf detection around FGK stars



Conclusions & Perspectives

Contrainte des modèles de formation planétaire
(accrétion de cœur, fragmentation gravitationnelle)

Formation des binaires : fragmentation gravitationnelle

Astrométrie + Vitesses radiales → masses réelles

GAÏA ne sera pas sensible à l'activité ni aux étoiles jeunes
→ question du désert des naines brunes résolue