

Analyse de la distribution des différences de vitesse entre galaxies membres de paires isolées.

Laurent Nottale et Pierre Chamaraux
Observatoire de Paris-Meudon

Infos et Références: <http://luth.obspm.fr/~luthier/nottale>

Résumé

- Un catalogue de 596 paires de galaxies isolées a été constitué à partir des paires identifiées par Nilson dans le catalogue UGC de galaxies (Uppsala General Catalog). Il considère que deux galaxies forment une paire isolée si elles sont proches angulairement, de magnitudes similaires et éloignées de tout autre objet de l'UGC. Nous avons collecté les données les plus récentes de vitesses radiales optiques et radio 21 cm dans les catalogues HyperLeda et NED (NASA/IPAC Extragalactic Database) et d'autres données utiles pour établir ce nouveau catalogue de paires de Nilson.
- Nous analysons alors statistiquement cet échantillon de paires de galaxies dans l'optique d'étudier leur dynamique. De telles paires isolées constituent des systèmes képlériens (corps central + particule-test) équivalents à des systèmes planétaires (étoile + une planète), mais à des échelles de masses et de distances extragalactiques (dans un rapport 10^{11} avec les échelles planétaires).
- La difficulté d'une telle analyse vient du fait qu'on n'a accès qu'à un instantané des orbites (alors qu'elles peuvent être suivies au cours du temps pour les planètes et exoplanètes) et qu'à des projections de l'interdistance (2 composantes projetées sur le plan du ciel sur 3) et de l'intervitesse (1 composante mesurée sur 3, la composante radiale).
- Cependant, il est possible d'élaborer des méthodes de déprojection qui permettent de remonter à l'information sur les distributions statistiques originelles de ces quantités. Nous présenterons des résultats préliminaires de cette analyse qui confortent l'existence statistiquement significative d'un pic de probabilité pour l'intervitesse vraie autour de 150 km/s, c'est-à-dire à la même valeur que le pic principal de la distribution observée des vitesses des exoplanètes.
- Ce pic est le niveau fondamental prévu par les modèles de formation et d'évolution des structures gravitationnelles prenant en compte les effets de relativité d'échelle.

Méthodes statistiques de déprojection. 1.

* Distribution de probabilité de la vitesse radiale v_z (pour une vitesse v donnée) :

$$p(v_z) = \frac{1}{v}$$

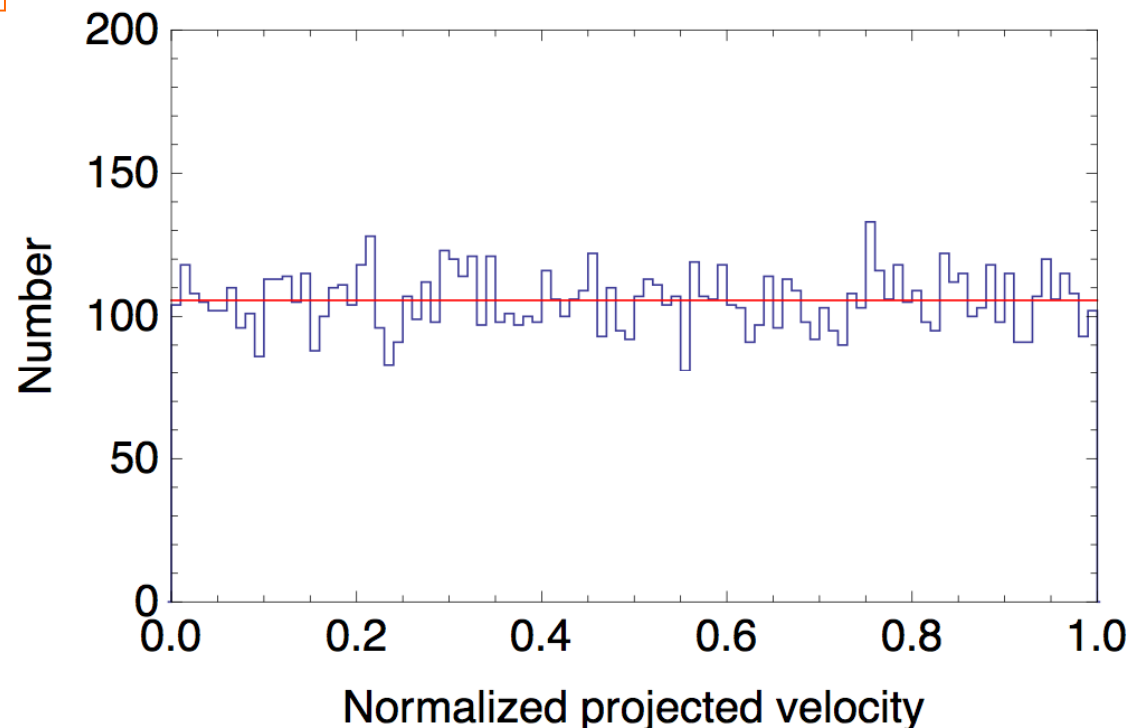
Densité de probabilité constante !

v étant la vitesse « vraie » 3D :

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$$

* Vérification par
simulation numérique
(10561 points random) →

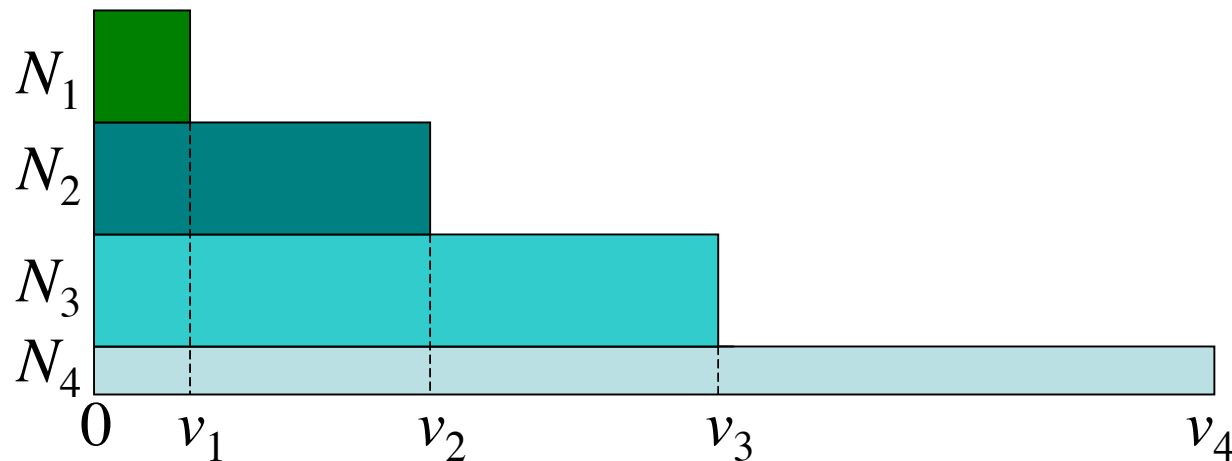
* Idem pour les inter-
distances projetées x, y
(avec $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$)
On pose: $r_p^2 = x^2 + y^2$



Méthodes statistiques de déprojection. 2.

* Application à la déprojection de v_z , x et y :

Les N_v galaxies situées à vitesse v vont se répartir uniformément entre 0 et v
→ la distribution projetée est monotone non-croissante et les valeurs de N sont données par les différences de surface :



→ la distribution de probabilité de v (déprojetée) est obtenue à partir de la dérivée de la distribution de probabilité de la vitesse projetée v_z :

$$P_v(v) = -v \left[\frac{dP_{v_z}(v_z)}{dv_z} \right]_v$$

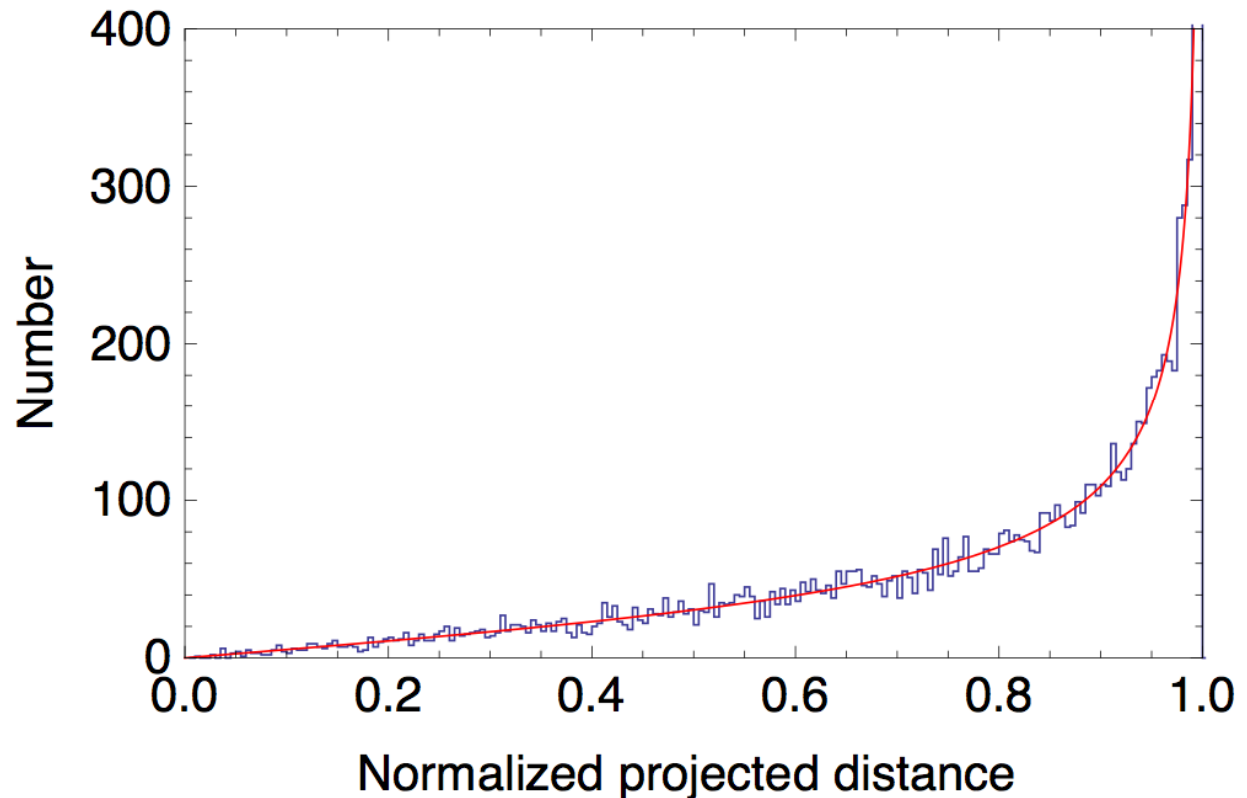
Idem pour x et y

Méthodes statistiques de déprojection. 3.

* Distribution de probabilité de l'interdistance projetée (pour une interdistance vraie r donnée):

$$p(r_p) = \frac{dP(r_p)}{dr_p} = \frac{r_p}{r \sqrt{r^2 - r_p^2}}$$

* Vérification par simulation numérique (10561 vecteurs orientés au hasard) →



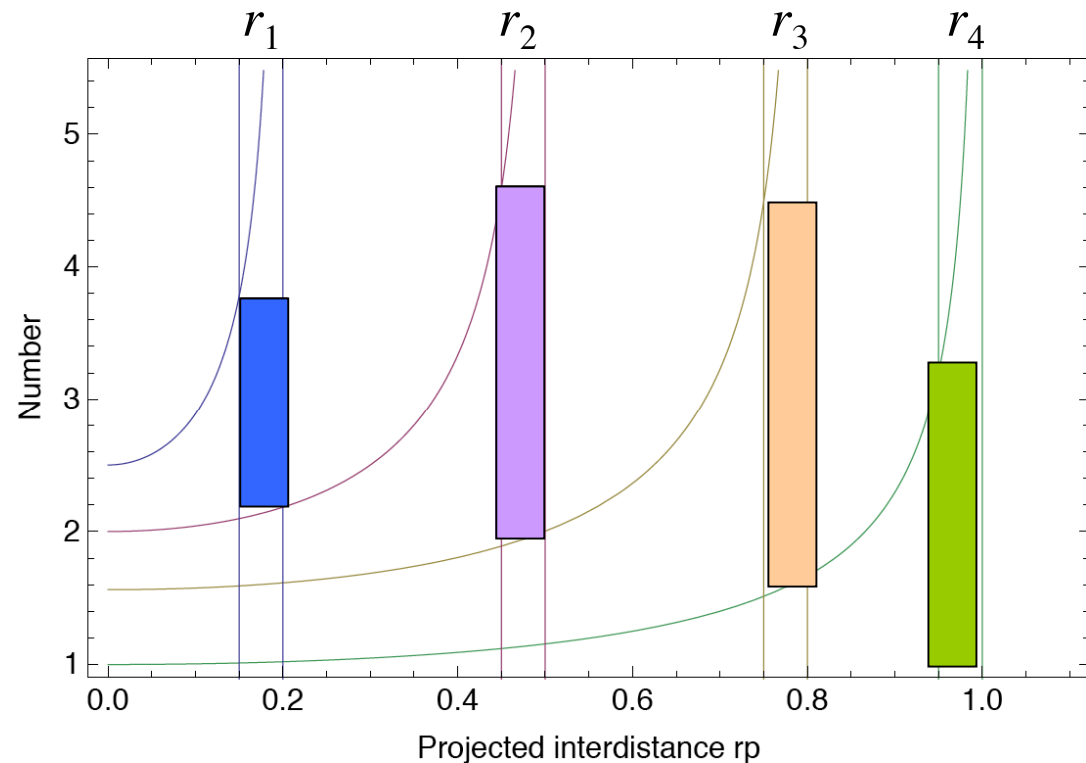
Méthodes statistiques de déprojection. 4.

* **Application à la déprojection de r_p :** ($r_p^2 = x^2 + y^2$)

La distribution projetée montre un pic prononcé en $r_p = r \rightarrow$ récupération normalement plus précise de l'information. Connaissant $P_r(r)$, la distribution projetée est donnée par :

$$P_{r_p}(r_p) = r_p \int_{r_p}^{\infty} \frac{P_r(r) dr}{r \sqrt{r^2 - r_p^2}}$$

Pas d'inversion analytique de cette formule. Mais la construction d'un algorithme de déprojection est possible. Les N_r galaxies d'interdistance r se répartissent entre 0 et r suivant la distribution connue $\rightarrow$ les valeurs de N sont données par les différences de surface entre les différentes courbes $P_{r_i}(r_p)$:



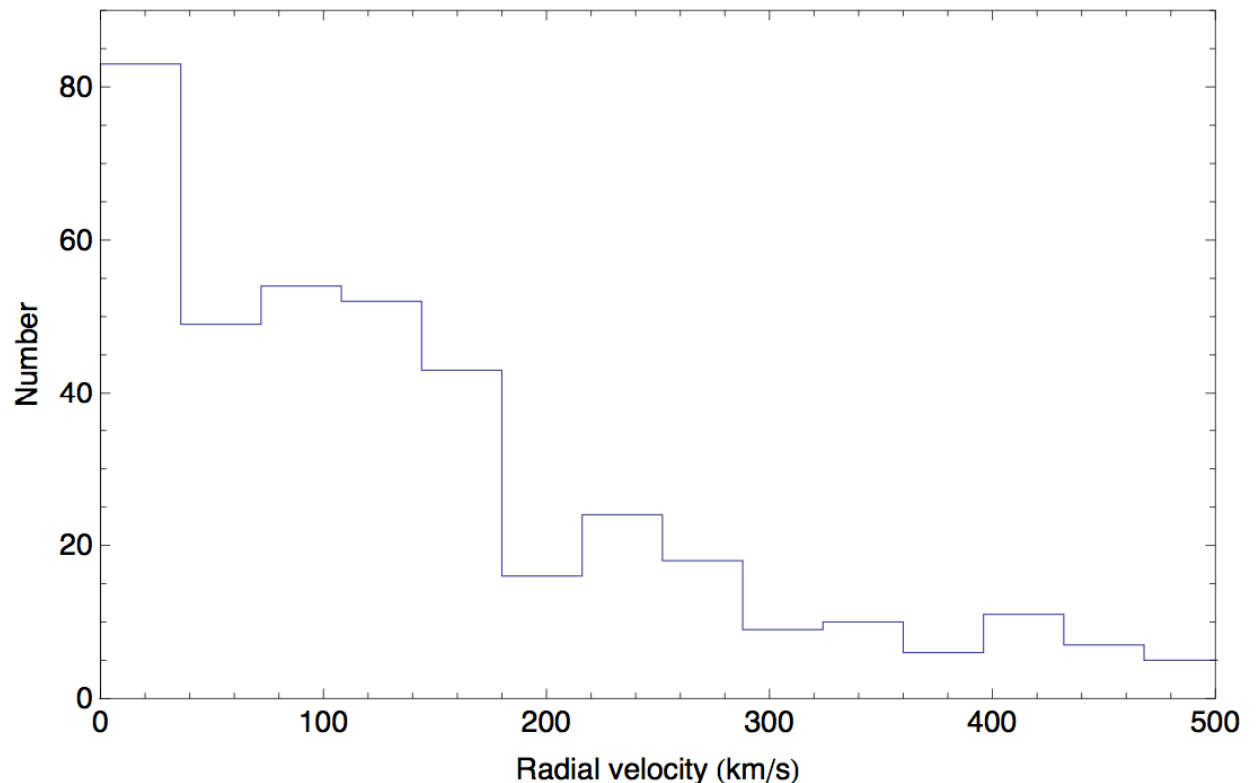
Application au catalogue de paires de Nilson

Résultats préliminaires : utilisation des *vitesses optiques*.

A venir : *vitesses radio HI 21 cm* (plus précises). Problème avec les vitesses HI : confusion des paires serrées --> en cours d'analyse...

Echantillon : 387
paires avec
 $\Delta v_r(\text{opt}) < 500$
km/s. Incertitude
moyenne sur les
intervitesses :
40 km/s.

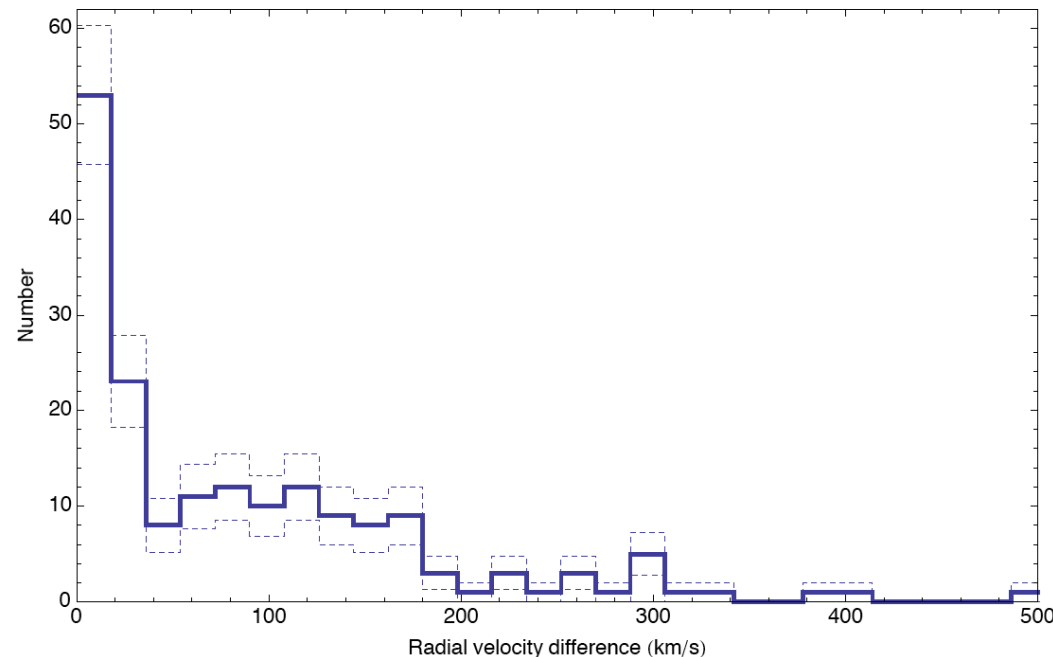
Histogramme —>



Prise en compte des fluctuations

Problème : non monotone. Prise en compte des fluctuations statistiques ($\sqrt{n}$) $\rightarrow$ OK.

Exemple (vitesses
radio précises
 $\sigma_v < 12$ km/s,
Résultat provisoire)
 $\rightarrow$



Mais les différences vont donner des valeurs de P négatives.

Solutions :

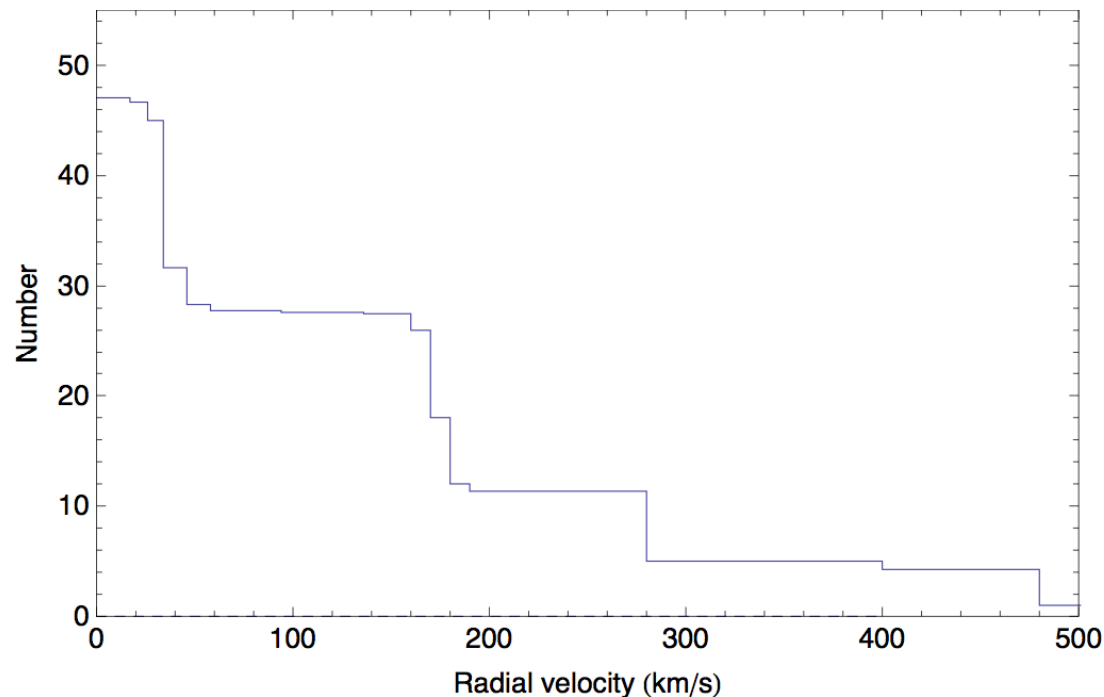
- Utiliser des intervalles variables qui assurent la monotonie
- Moyenne glissante de l'histogramme
- Ajustement de l'histogramme par un polynôme monotone

Histogramme des vitesses radiales

$V_r(\text{opt})$. Méthode des intervalles variables :

$\text{bins} = \{17, 9, 8, 12, 12, 36, 42, 24, 10, 10, 10, 60, 30, 80, 40, 80, 40, 40, 40\} \text{ km/s}$

(Optimisation : intervalles de tailles minimale telles qu'il n'y ait jamais de croissance, pour éviter les $P(v) < 0$).

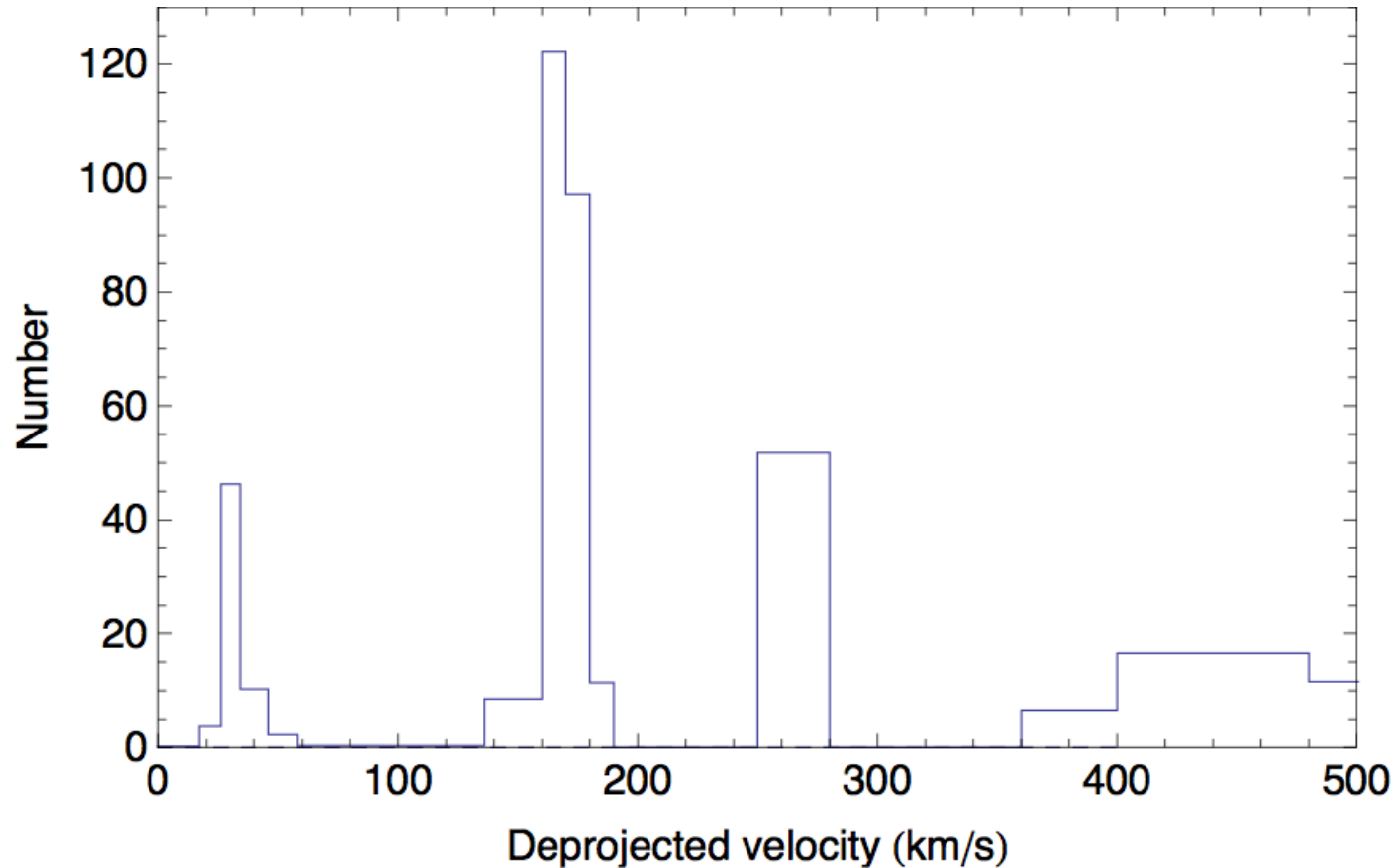


Inconvénients de la méthode :

- résolution sur v dégradée (augmentation de la largeur des bins)
- largeur des pics sous-estimée

Distribution des vitesses déprojetées

Déprojection (méthode bins variables), résultat :



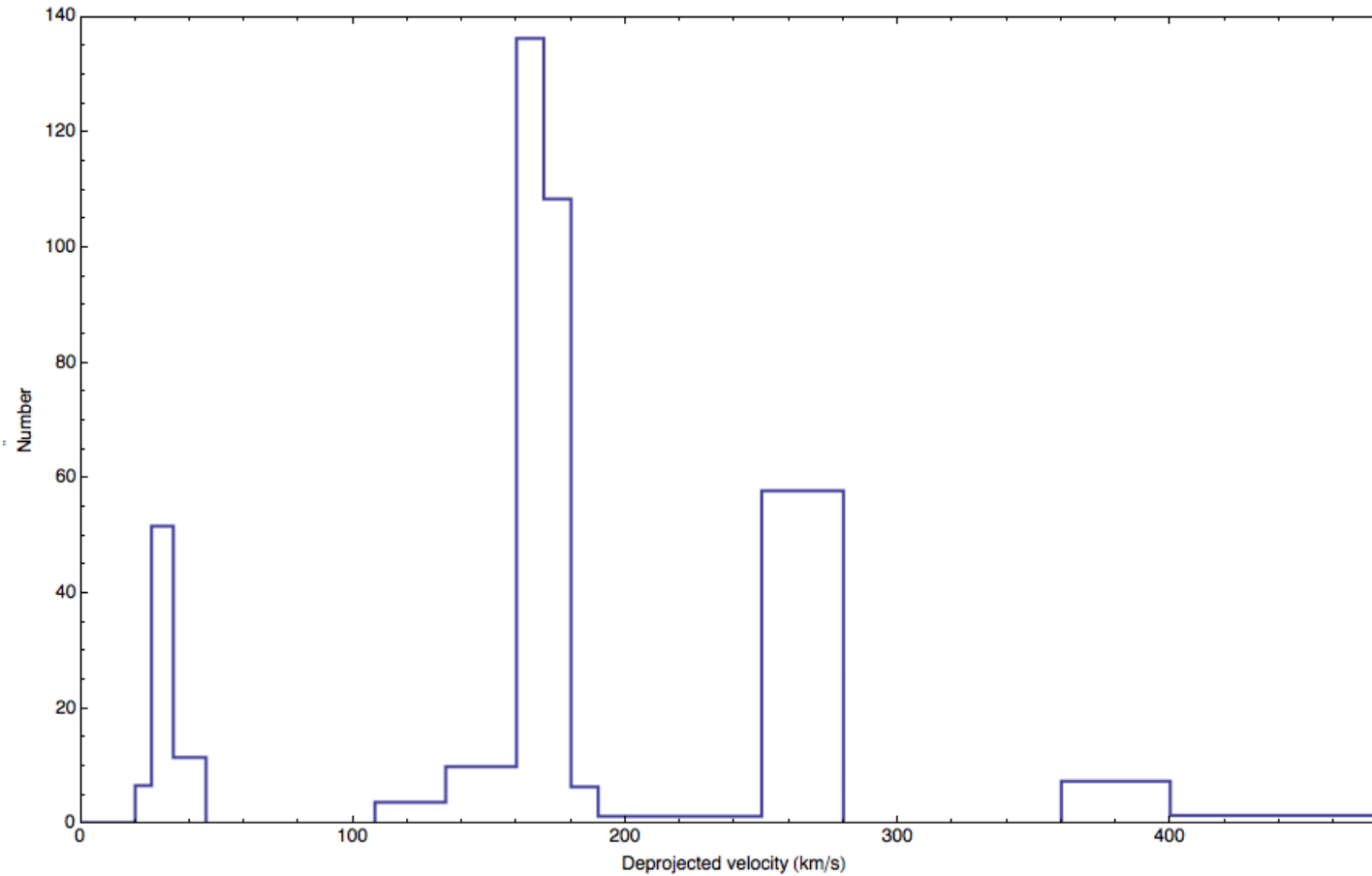
Pics de probabilité bien définis pour :

20-50 km/s, 140-180 km/s, 250-280 km/s, (400-480 km/s ?)

Mais : mauvaise résolution sur ces pics, trop étroits (biais dû à la méthode)

Le pic à 450 est douteux : peut être dû à la coupure à 500 km/s...

Vérification : nouvel échantillon (400 gals. $\Delta V < 530$ km/s)



Suppression du pic à ≈ 450 km/s (dû à un biais)

Pic à 150 km/s plus large

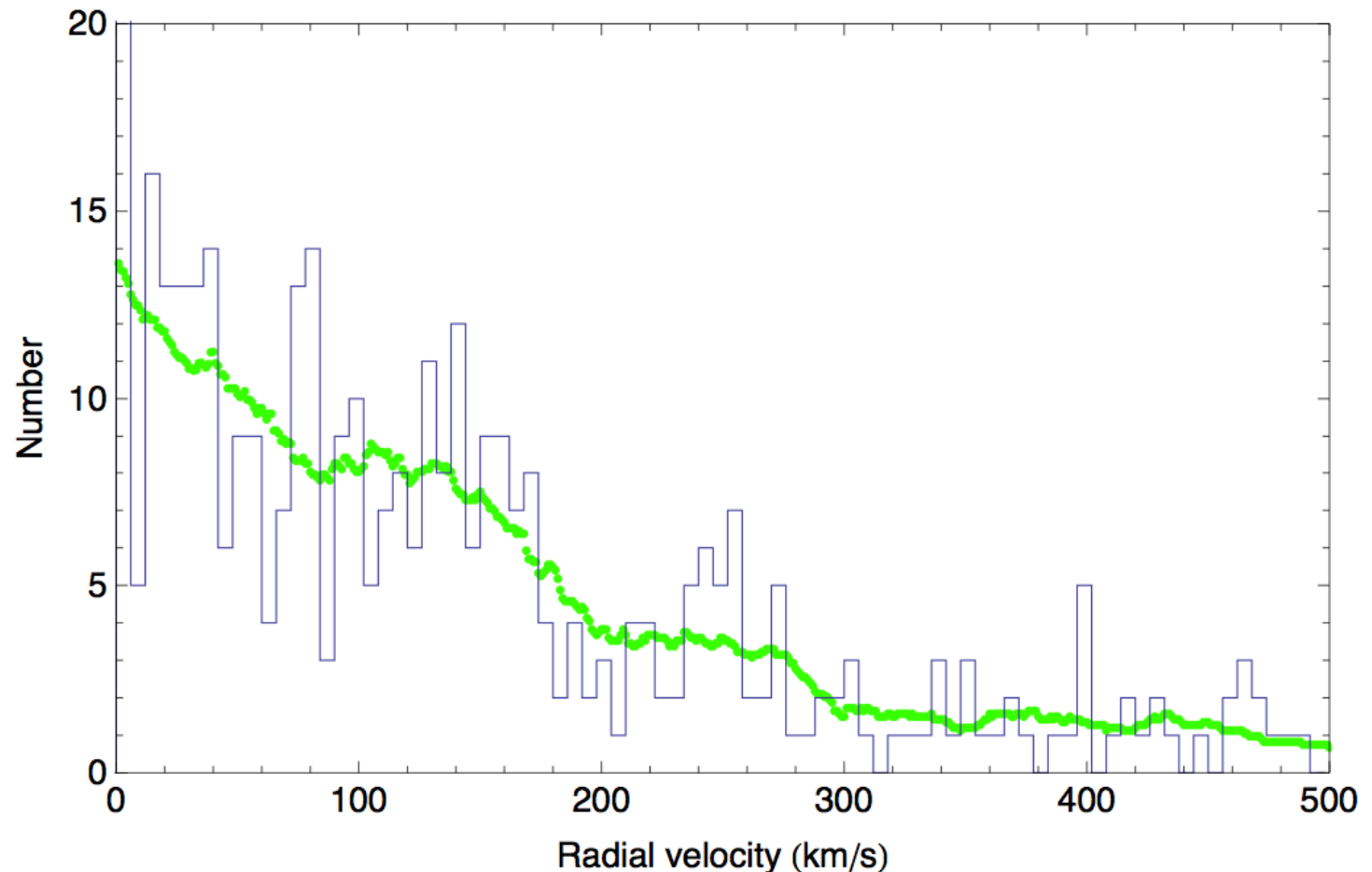
Moyenne glissante de l'histogramme

Moyenne glissante des valeurs de l'histogramme : largeur 2×40 km/s, décalage 1 km/s (+ correction au bord)

Assure la quasi-monotonie sans perte de résolution sur la vitesse

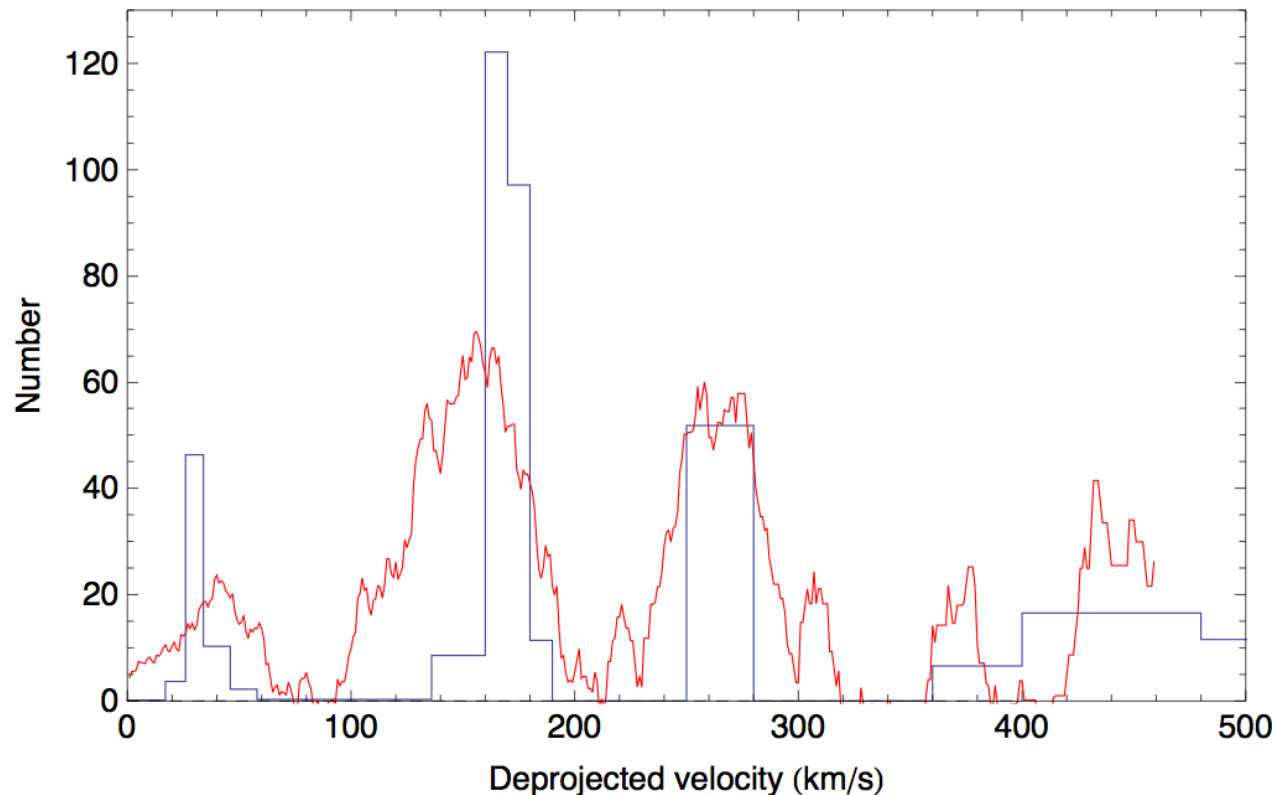
Résultat sur
Vopt Nilson
(387 paires
 $\Delta V <$
500 km/s)

—>



Déprojection moyenne glissante

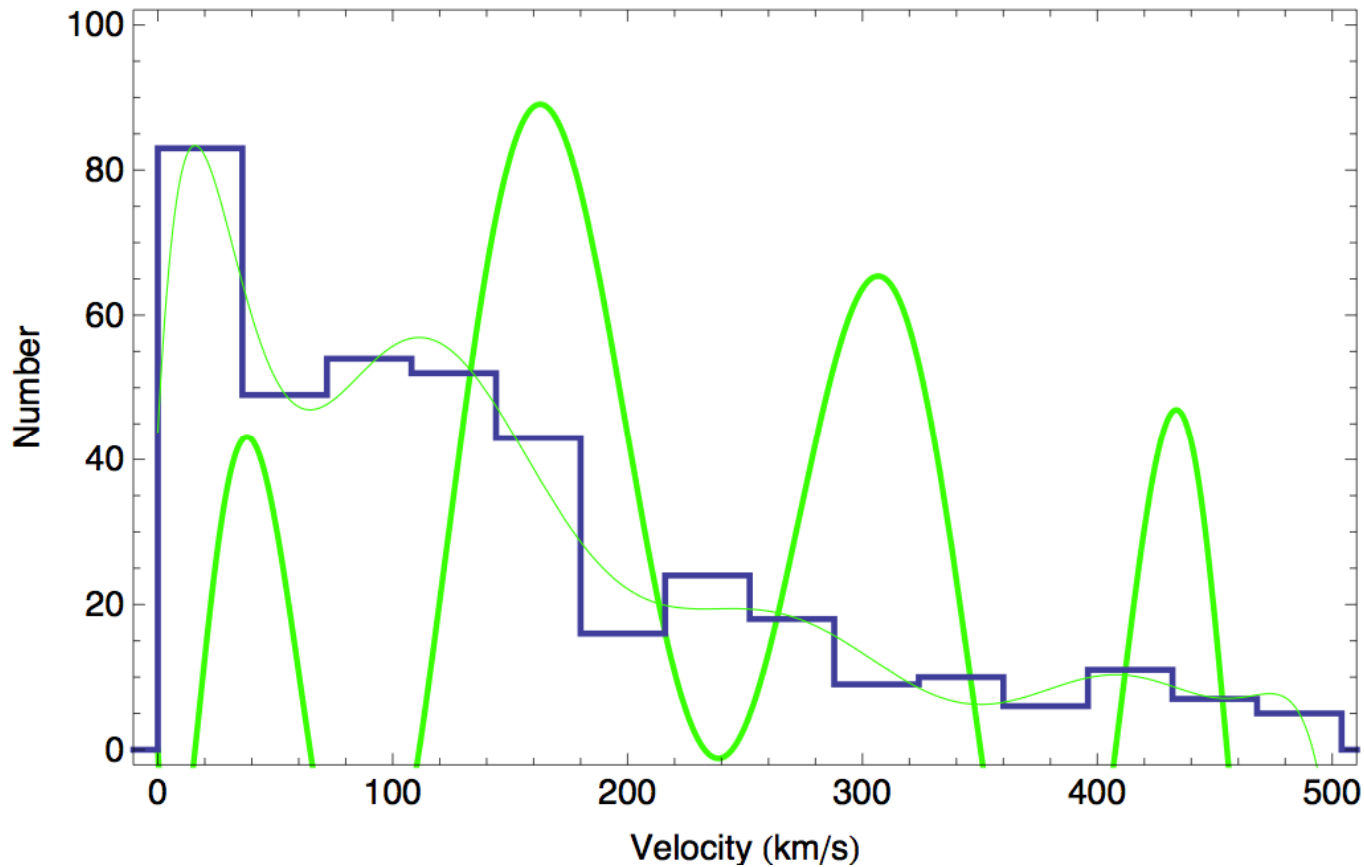
On déprojète par la méthode des différences appliquée à la moyenne glissante.
Résultat : comparaison à la méthode de l'intervalle variable optimisé



- Confirmation des quatre pics à ≈ 40 , ≈ 150 , ≈ 280 , (≈ 440 km/s ?)
- Pics plus larges (plus réaliste); pic principal décalé à ≈ 150 km/s

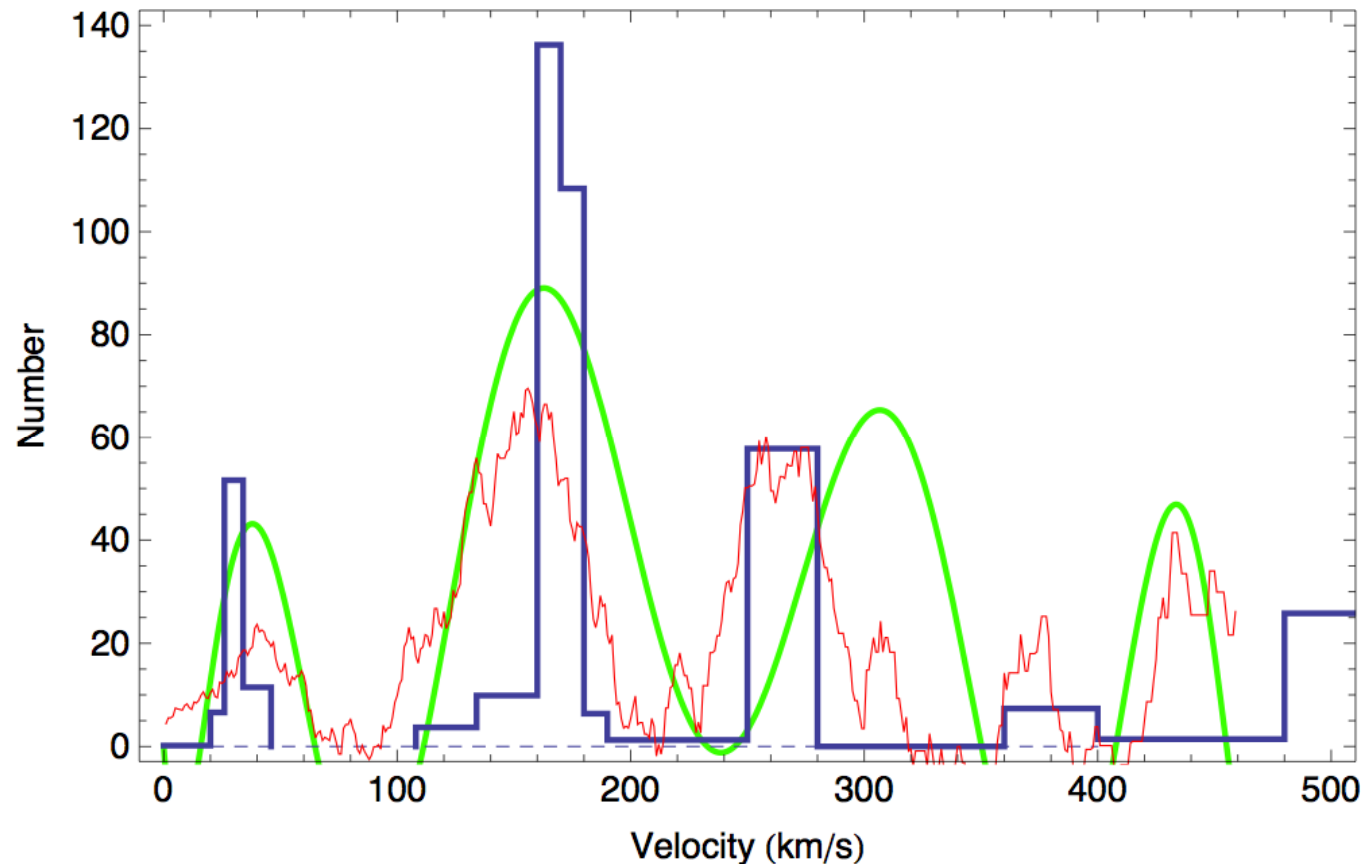
Déprojection ajustement polynomial

On ajuste un polynôme de degré 9 sur l'histogramme, si possible monotone



Confirmation des 3 (ou 4) pics

Comparaison des 3 méthodes



Accord qualitatif sur l'existence de 3 (ou 4) pics principaux.

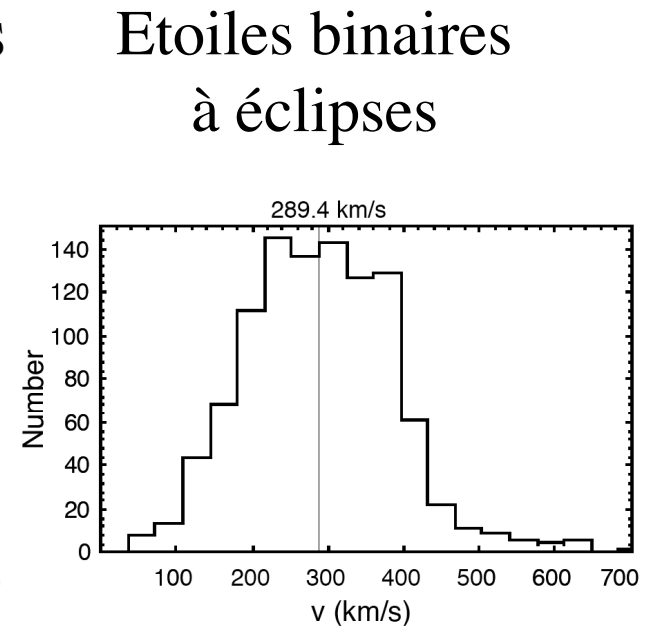
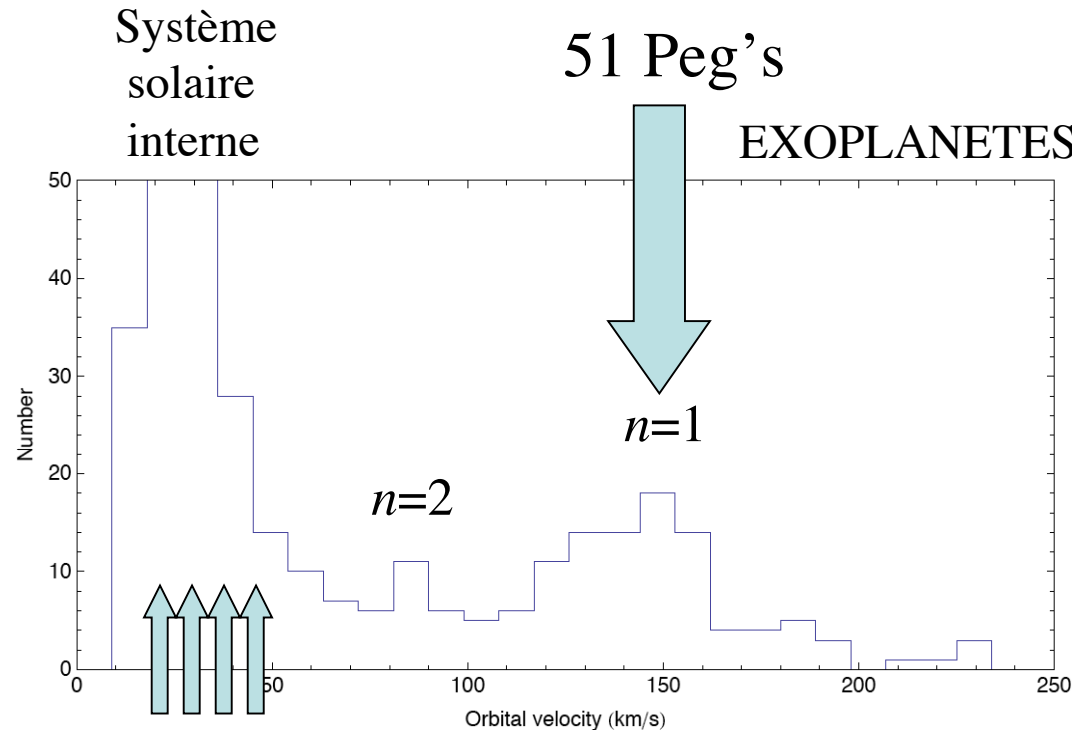
Bon accord quantitatif sur les pics à ≈ 40 km/s et ≈ 150 km/s.

Décalage sur le pic à ≈ 300 km/s dans la méthode polynômiale ?

Doute sur les pic à ≈ 450 km/s (l'erreur de déprojection augmente avec v). 15

Comparaison à d'autres systèmes képlériens

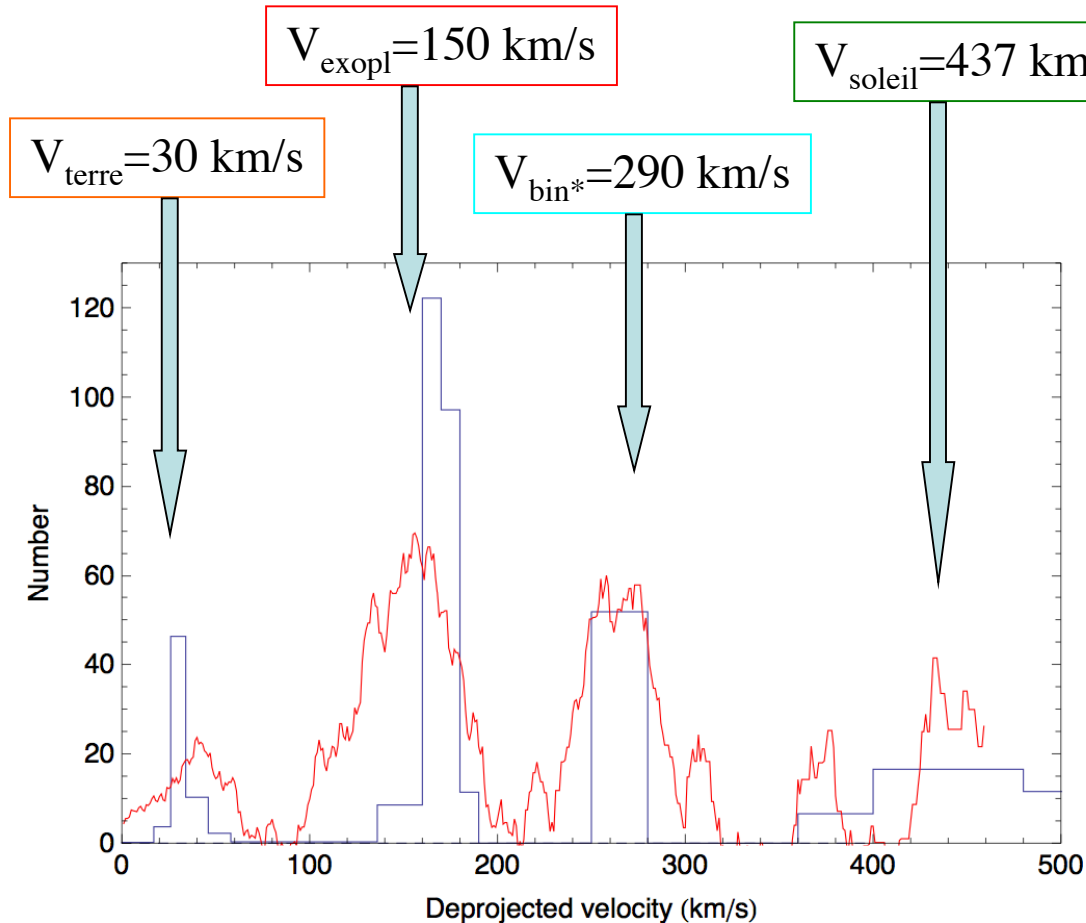
Soleil, planètes du système solaire, exoplanètes, paires d'étoiles...



Mercure : $V = 48 \approx 150/3$ km/s
Vénus : $V = 35 \approx 150/4$ km/s
Terre : $V = 30 = 150/5$ km/s
Mars : $V = 24 \approx 150/6$ km/s

Pic principal des exoplanètes : 150 km/s
(Vitesse képlérienne au bord du Soleil :
 $437 \text{ km/s} \approx 3 \times 150 \text{ km/s}$)

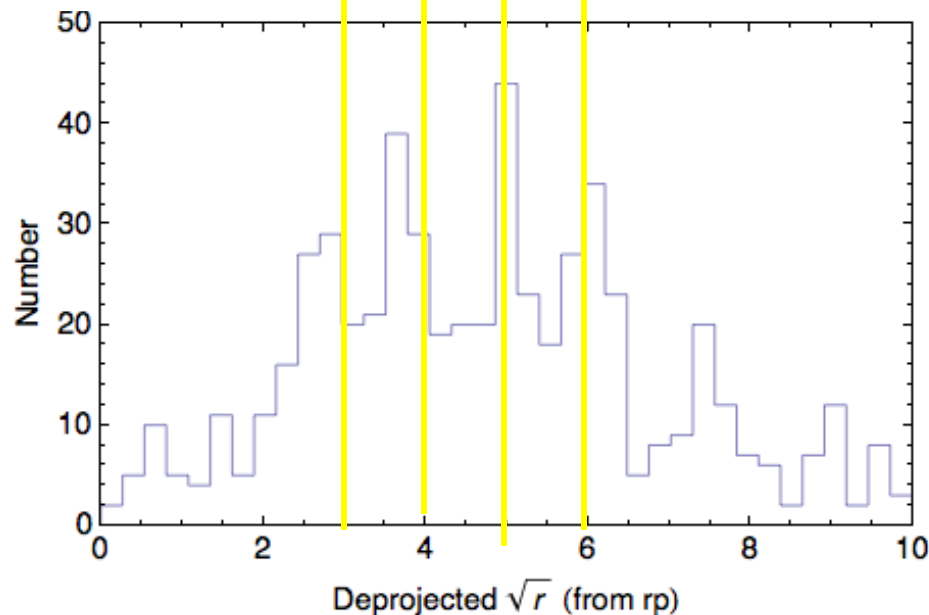
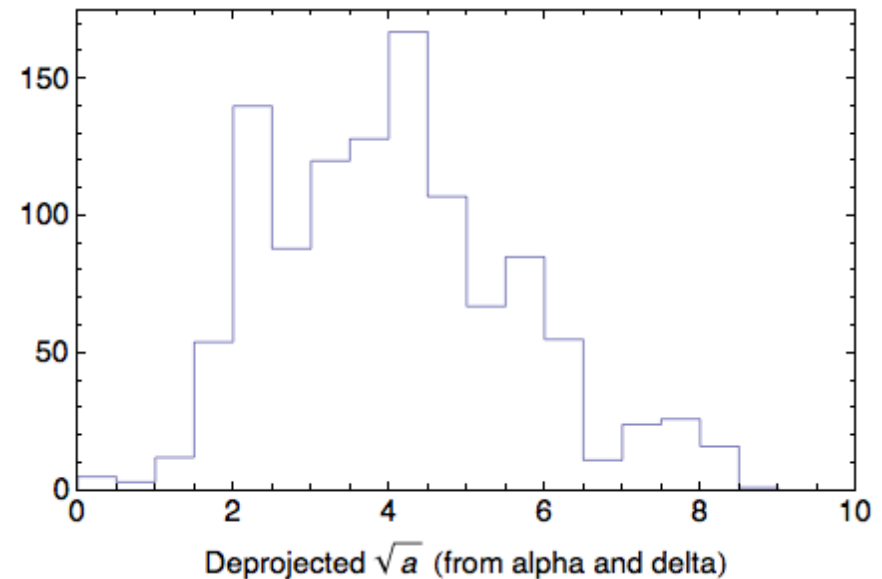
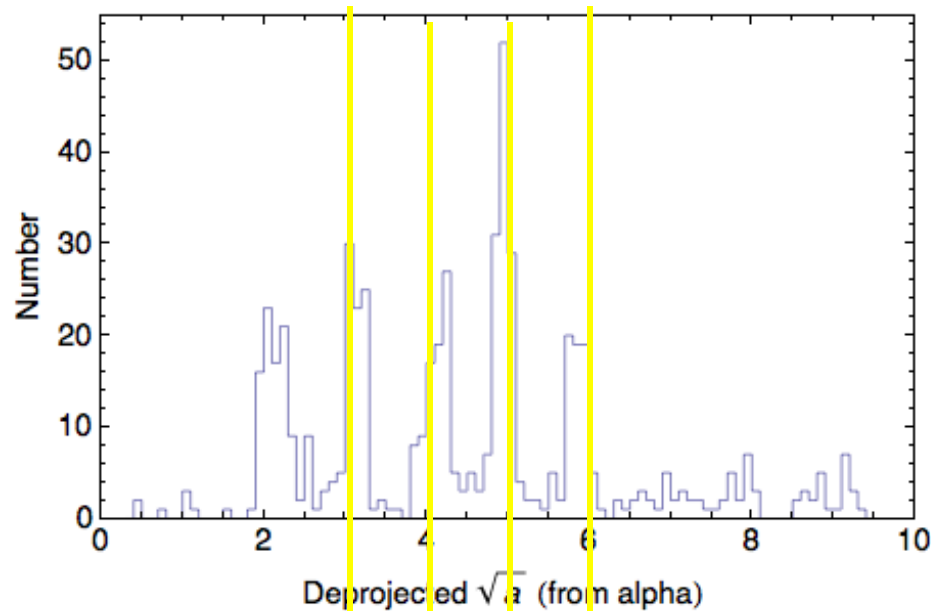
Comparaison autres systèmes + modèle



Modèle de formation / RE :

- Equation de la dynamique + fractalité $\rightarrow$ forme Schrödinger
- Principe d'équivalence $\rightarrow p/m = v$ quantifié
- Solution : pics de proba pour $v_n = (2 \pi G M / P)^{1/3} = w_0 / n$

Confirmation : Déprojection des distances (paires de Nilson)



Unité: $r_0 \approx 5$ kpc (niveau
fondamental $n = 1$)

Confirmation de structures prédite

par RE: $v_n = w_0 / n \rightarrow$

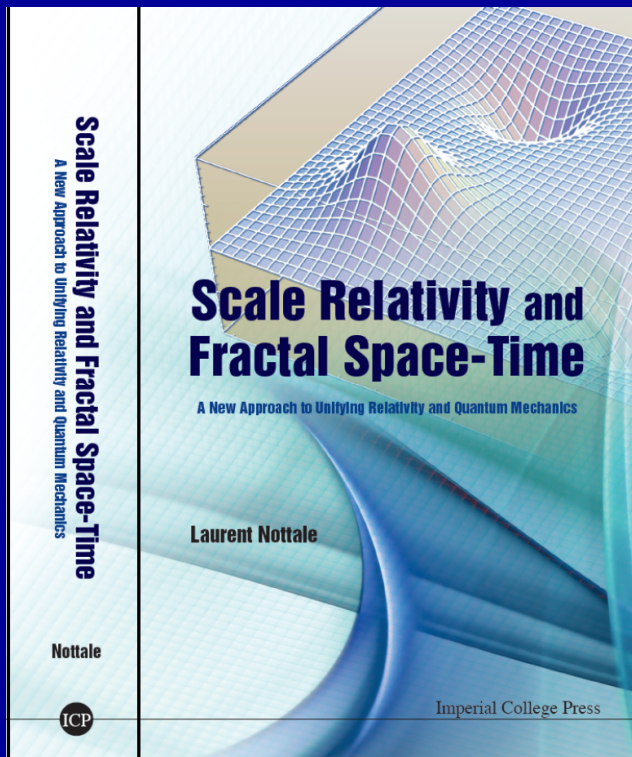
demi-grands axes : $\sqrt{a_n} = \sqrt{a_0} n$

[3è loi de Kepler: $v = (G M / a)^{1/2}$]

Possible seulement si $M_1 + M_2 = M_{\text{paire}} \approx$

cste ($= 10^{12} M_{\text{sol}}$)! $\rightarrow$ prédit par
modèle de formation RE...

Livre de synthèse récent (2011) sur la Relativité d'Echelle



SCALE RELATIVITY AND FRACTAL SPACE-TIME

A New Approach to Unifying Relativity and Quantum Mechanics

by **Laurent Nottale** (*Paris-Meudon Observatory, France*)

This book provides a comprehensive survey of the development of the theory of scale relativity and fractal space-time. It suggests an original solution to the disunified nature of the classical-quantum transition in physical systems, enabling the basis of quantum mechanics on the principle of relativity, provided this principle is extended to scale transformations of the reference system. In the framework of such a newly generalized relativity theory (including position, orientation, motion and now scale transformations), the fundamental laws of physics may be given a general form that unifies and thus goes beyond the classical and quantum regimes taken separately. A related concern of this book is the geometry of space-time, which is described as being fractal and nondifferentiable. It collects and organizes theoretical developments and applications in many fields, including physics, mathematics, astrophysics, cosmology and life sciences.

