

# *La Galaxie vue par Gaia :*

Estimation des densités d'objets  
Qu'est-ce qu'on pourra voir  
Qu'est-ce qu'on ne pourra pas voir

# GAIA

Hipparcos: précision sur les distances d'étoiles meilleure que 10 %

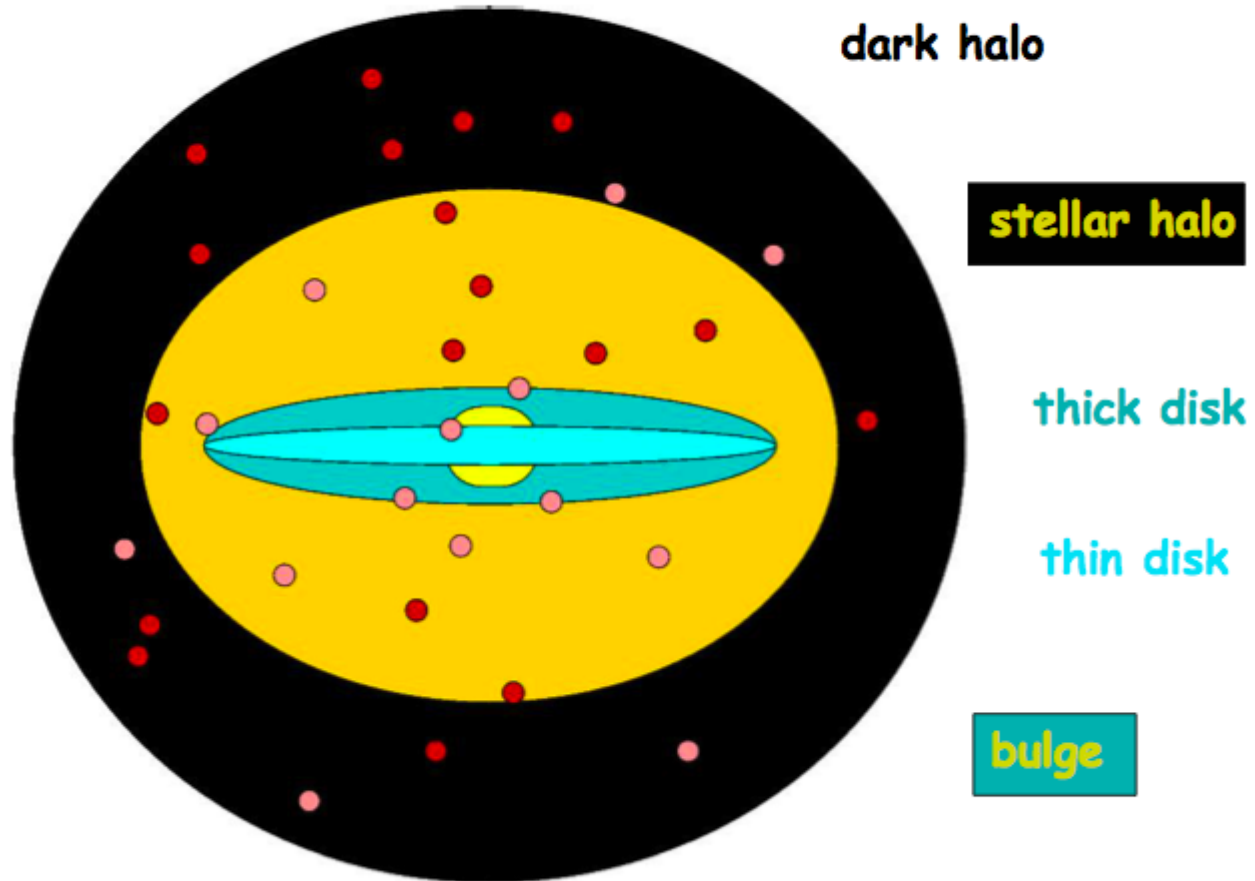
Système Solaire

GAIA: précision sur les distance d'étoiles meilleure que 10 %

GAIA: précision sur les vitesses d'étoiles meilleure que 1 km/s

Dessins de notre Galaxie réalisé à Lund.

# Overview of our Galaxy



Freeman 2007

# Galaxy content



- Stars (stellar populations)
- Gas (neutral, ionised, molecular)
- Dust (grains/various compositions)
- Dark matter (baryonic and non baryonic)
- Cosmic rays

# Total number of stars in Gaia

(predicted by the Besancon Galaxy model using  
Drimmel & Spergel extinction distribution)

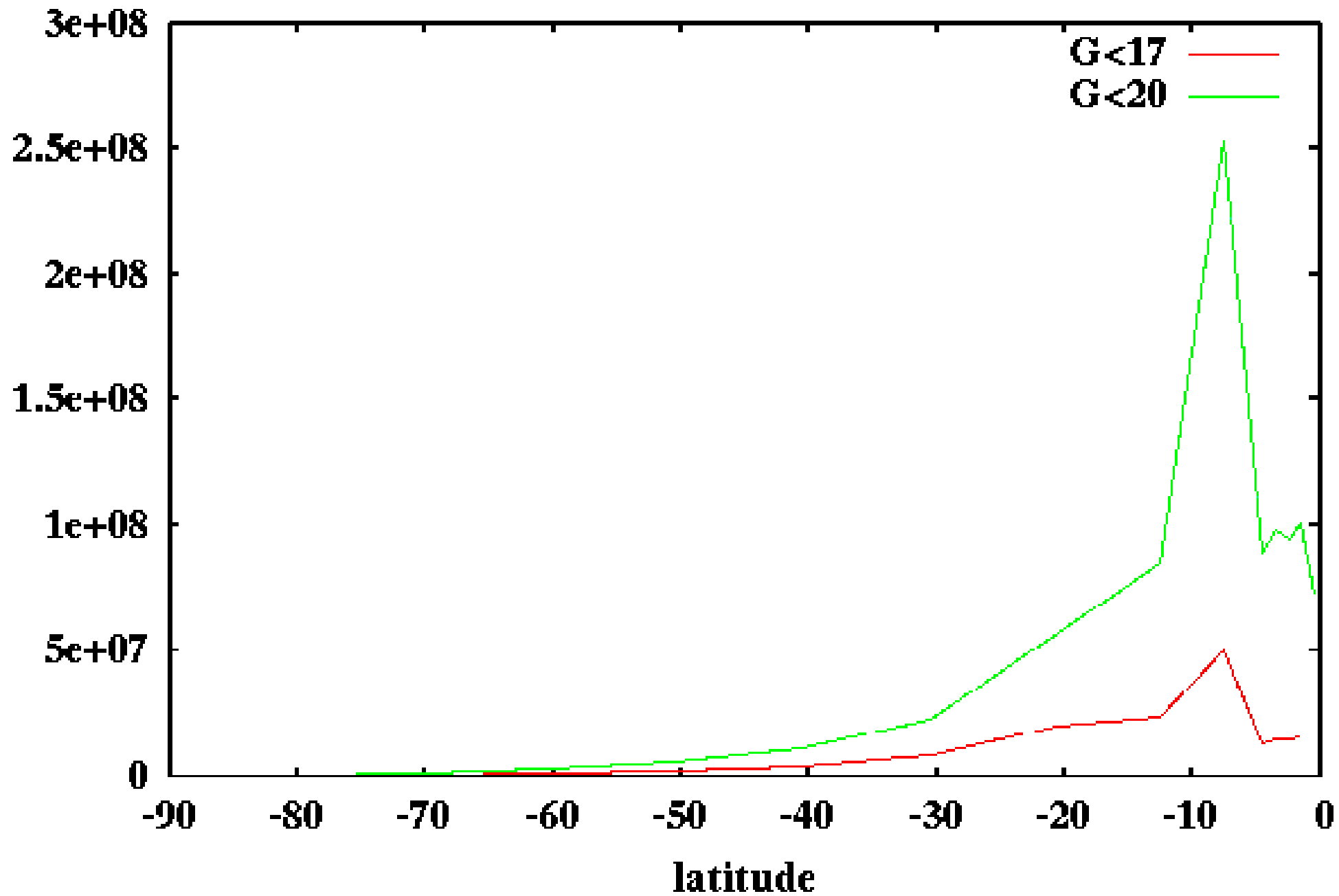
	<i>G</i> <17	<i>G</i> <20
Disc	1.9 E8	9.0 E8
Thick disc	4.4 E7	4.3 E8
Spheroid	1.6 E6	2.1 E7
Bulge	1.2 E7	1.7 E8
Total	2.5 E8	1.5 E9

- Higher than predictions based on GSC2
- Strongly extinction dependent

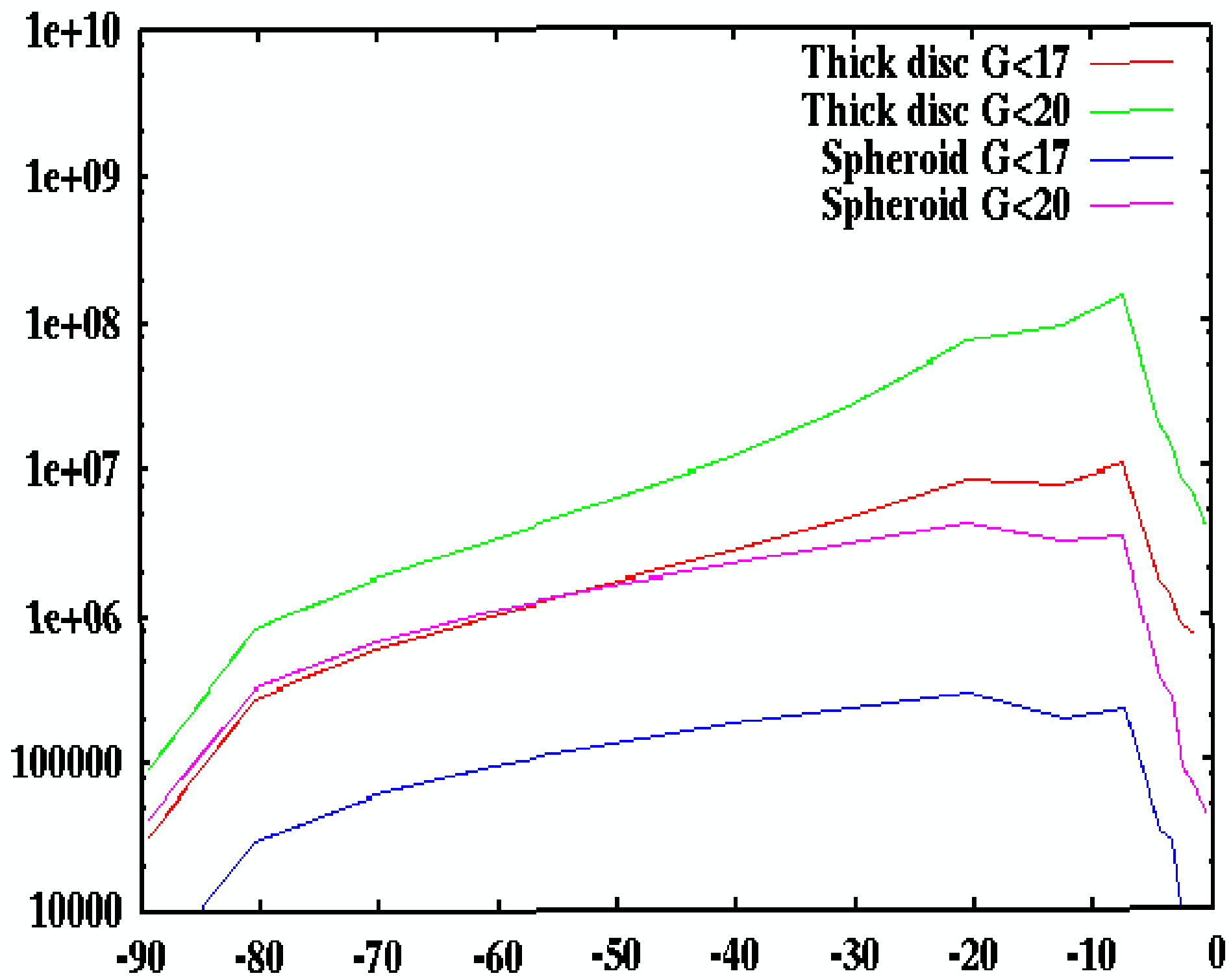
# *Number of stars per spectral type to $G=17$ and $G=20$*

O	$\sim 1 \text{ E}3$	$5 \text{ E}3$
B0-B4	$1.2 \text{ E}5$	$6.6 \text{ E}3$
B5-B9	$1.0 \text{ E}6$	$2.2 \text{ E}7$
A0-A4	$3.8 \text{ E}6$	$8.3 \text{ E}6$
A5-A9	$6.0 \text{ E}6$	$1.4 \text{ E}7$
F0-F4	$1.1 \text{ E}7$	$3.2 \text{ E}7$
F5-F9	$5.4 \text{ E}7$	$1.3 \text{ E}8$
G0-G4	$4.9 \text{ E}7$	$2.0 \text{ E}8$
G5-G9	$3.6 \text{ E}7$	$1.9 \text{ E}8$
K0-K4	$4.6 \text{ E}7$	$2.5 \text{ E}8$
K5-K9	$1.2 \text{ E}7$	$1.0 \text{ E}8$
M0-M4	$7.0 \text{ E}6$	$9.3 \text{ E}7$
M5-M9	$4.2 \text{ E}5$	$6.0 \text{ E}6$

# Disc

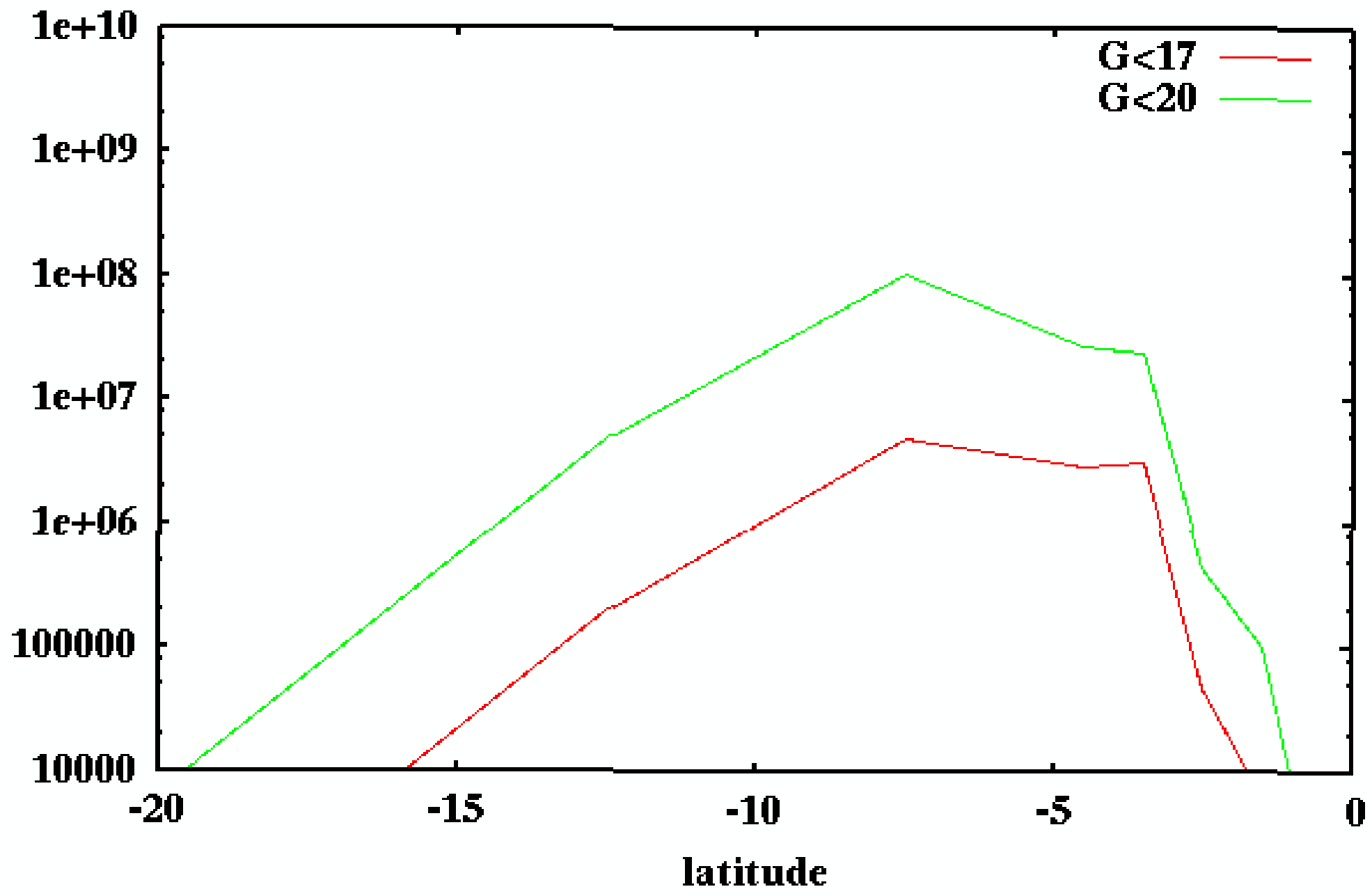


# Thick disc, spheroid





# Bulge



Total number of stars with relative *distance errors* below a certain limit (Table 8.8, white book)

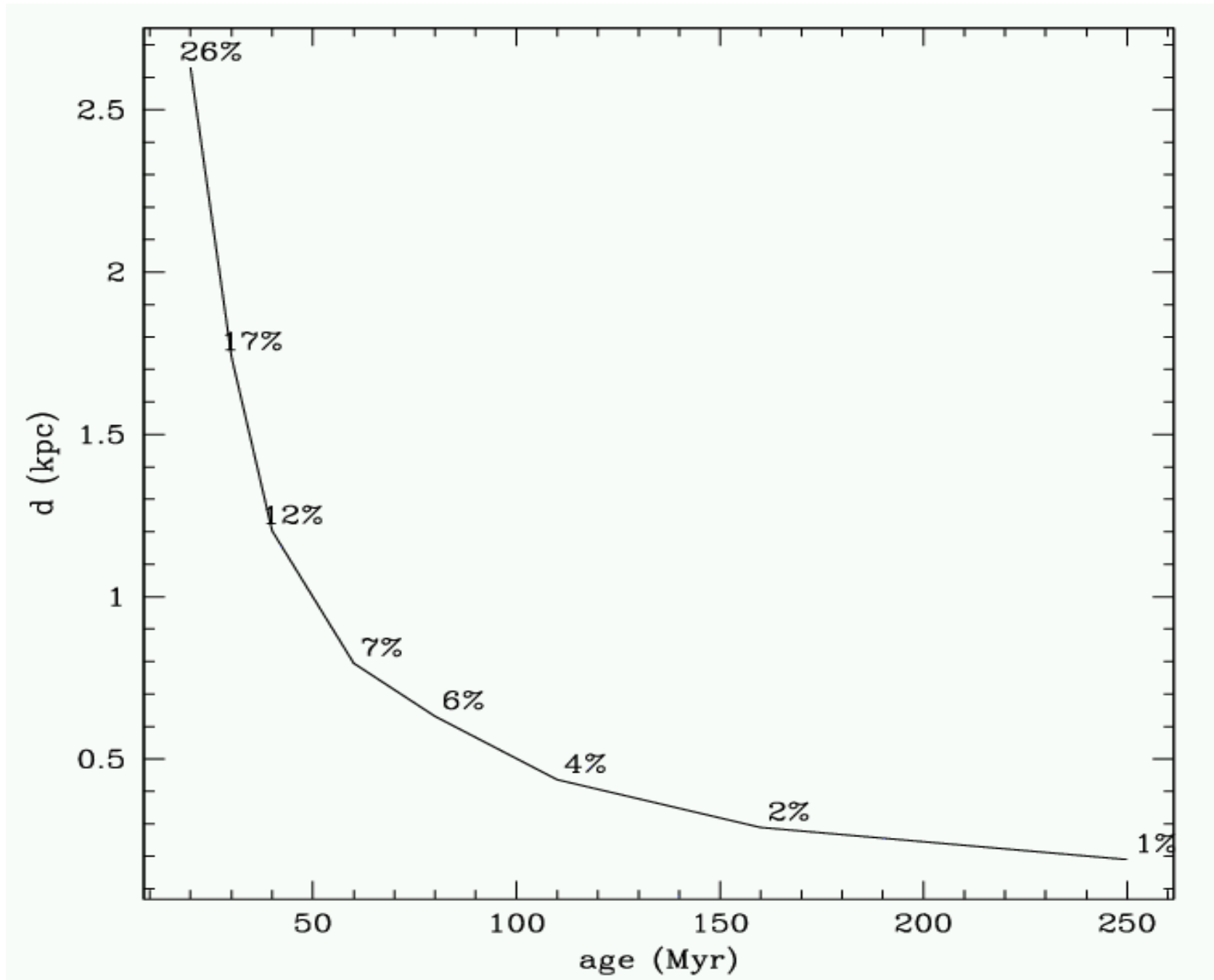
<i>Maximum relative error on parallax</i>	<i>Number of stars</i>	
	<i>in Gaia</i>	<i>in Hipparcos</i>
0.01	20 E6	188
0.02	40 E6	878
0.05	100 E6	6238
0.10	180 E6	21014
0.20	290 E6	49545
0.50	500 E6	90196
1.00	680 E6	104579

## *Expected number of white dwarfs*

Assuming : *Liebert LF* for the disc, *Reylé et al* (thick disc), *Chabrier* with 2% halo of WD, *Bruzual et Charlot* (bulge)

	<i>G&lt;17</i>	<i>G&lt;20</i>
Disc	4,000	180,000
Thick disc	140	8,000
Halo	0	150
Bulge	0	20

*Distance at which Brown Dwarfs at the lithium burning limit can be seen by Gaia as a function of age. % accuracy  $\Delta\pi/\pi$  for  $I\sim 20$  at the given distance.*



## *Detections :*

As companions to stars (astrometry)

In young clusters

In the field

From microlensing

## *Brown dwarfs before Gaia :*

In NIR surveys (DENIS, 2MASS)

In proper motion selected catalogues

CFHTLS (photometry and proper motions)

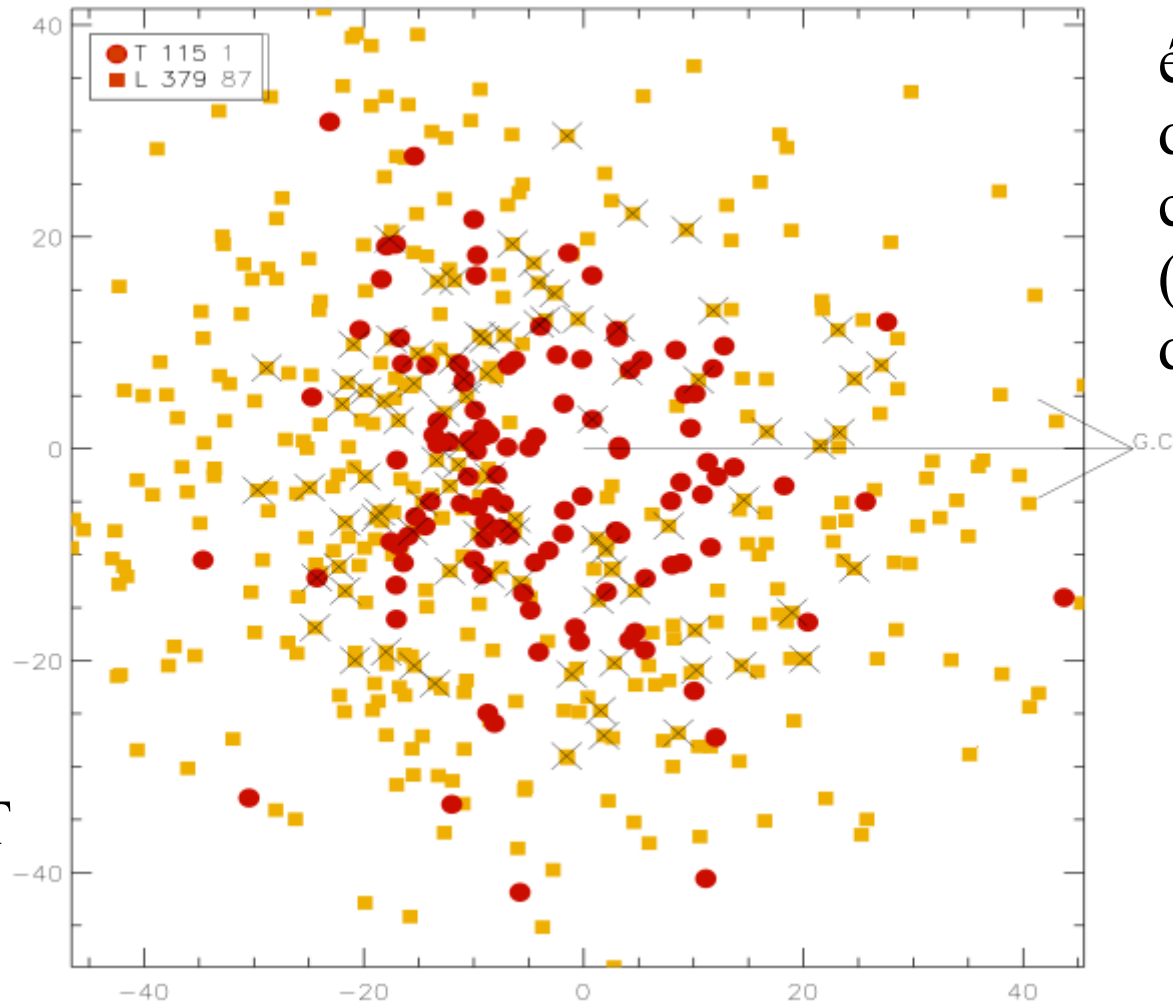
UKIDSS, WIRCAM, VISTA, ...

A few parallaxes

Smart et al  
2007

400  
Naines L et T  
dans Gaia à  
 $d < 50$  pc

(20000 dans le livre blanc)



échantillon  
de naines brunes  
connues  
(complet à 25%  
dans 50 pc)

A  $r, \theta$  polar diagram, with  $r$  == distance and  $\theta$  == galactic latitude, of L and T dwarfs with photometric distances less than 50pc. Objects marked with an X will be observed by GAIA ( $G \leq 20$ ). In the legend is given the total number of objects within 50pc and the number observable by GAIA.

## *Bulbe : l'extinction est critique !*

Pour atteindre le bulbe, .... et pour estimer les densités

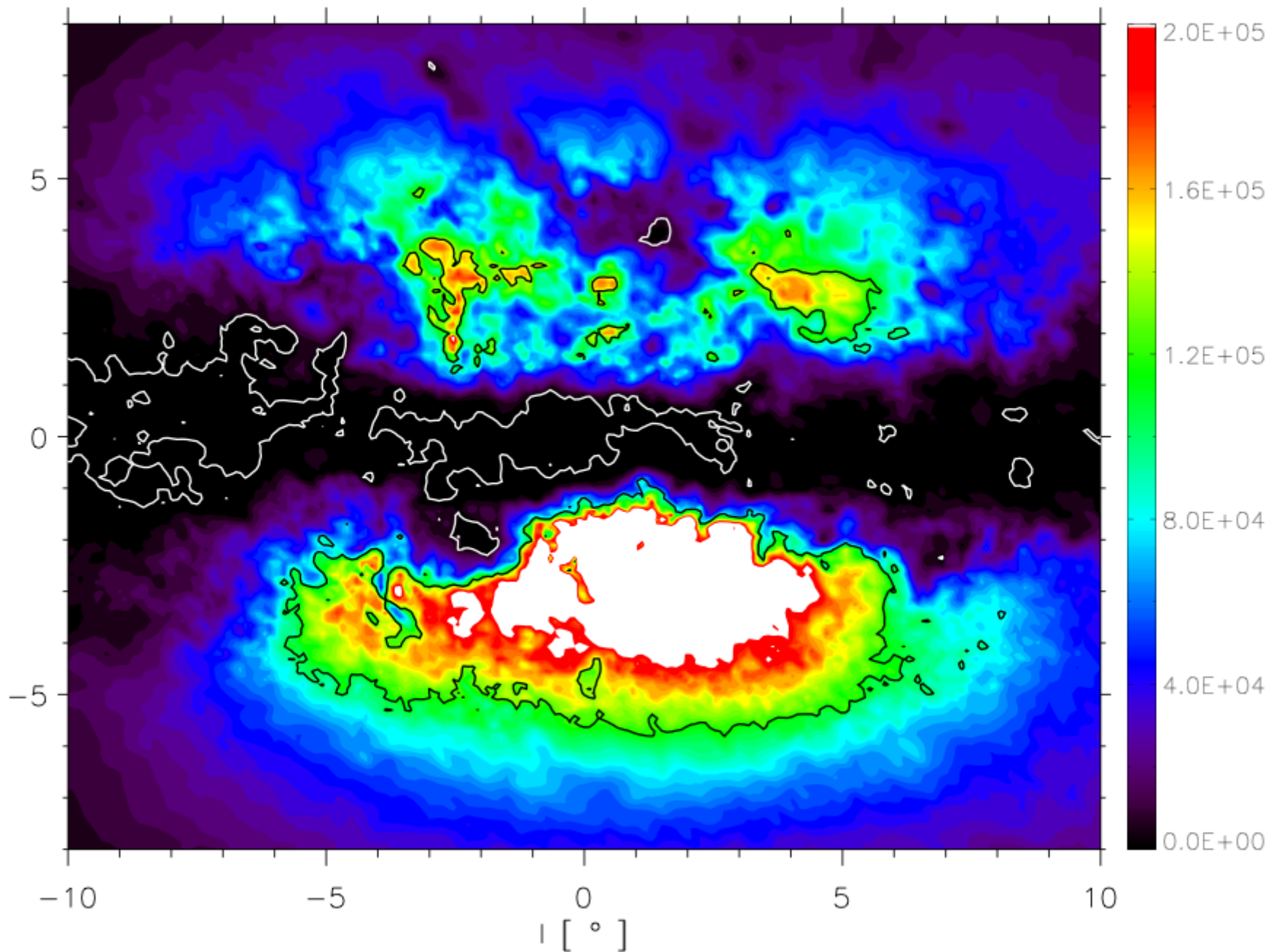
Ex: Estimation du nombre d'étoiles dans la région  
 $-8 < l < 8, -3 < b < 3$

<i>carte d'extinction</i>	<i>G&lt;17</i>	<i>G&lt;20</i>
Schultheis et al.	4.08 E6	5.57 E7
Drimmel & Spergel	5.30 E6	4.75 E7
Marshall et al	5.44 E6	3.25 E7

Incertitude de 50%

Besoin d'une carte d'extinction 3D à haute résolution

# *Extinction is critical !*



Number of bulge stars per  $\text{deg}^2$  and limit of total  $20,000 \text{ */deg}^2$ , at  $G < 17$ . Schlegel et al. extinction map



# *Bulge K giants*

## Parallaxes :

à G=15  $\sigma_{\pi}=11.3 \mu\text{as} \Rightarrow$

à G=17  $\sigma_{\pi}=28.5 \mu\text{as} \Rightarrow$

## à r=8 kpc

$\Delta r/r=9 \%$

$\Delta r/r=23 \%$

## Mouvements propres

à G=17  $\sigma_{\mu}=21.4 \mu\text{as/an}$

à G=20  $338. \mu\text{as/an}$

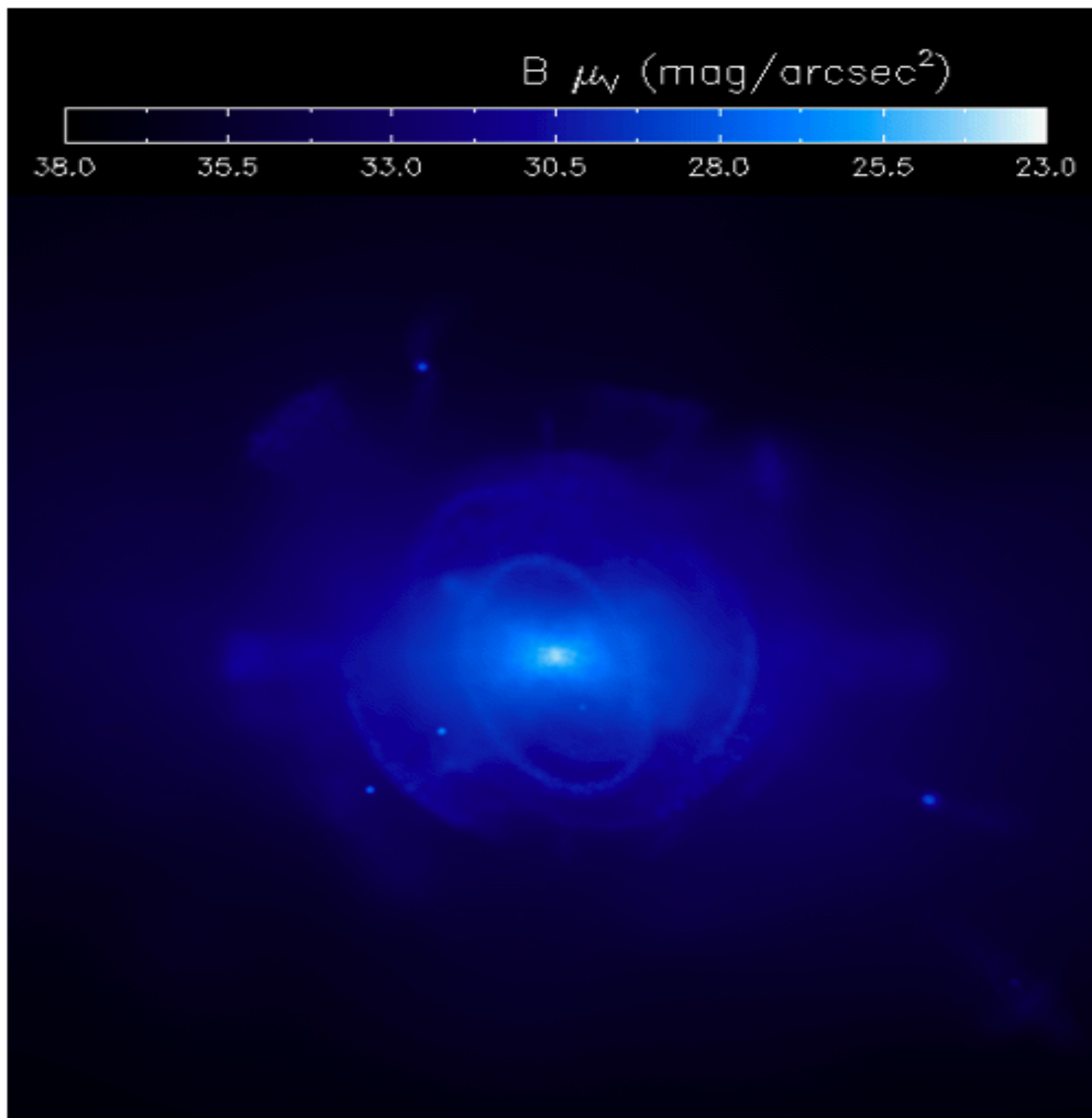
$\sigma_V=0.8 \text{ km/s}$

$\sigma_V=12.8 \text{ km/s}$

*Actuellement:* bulbe cinématique à 40 -50 km/s (Sumi et al.)  
peut-être 15 km/s (megacam)

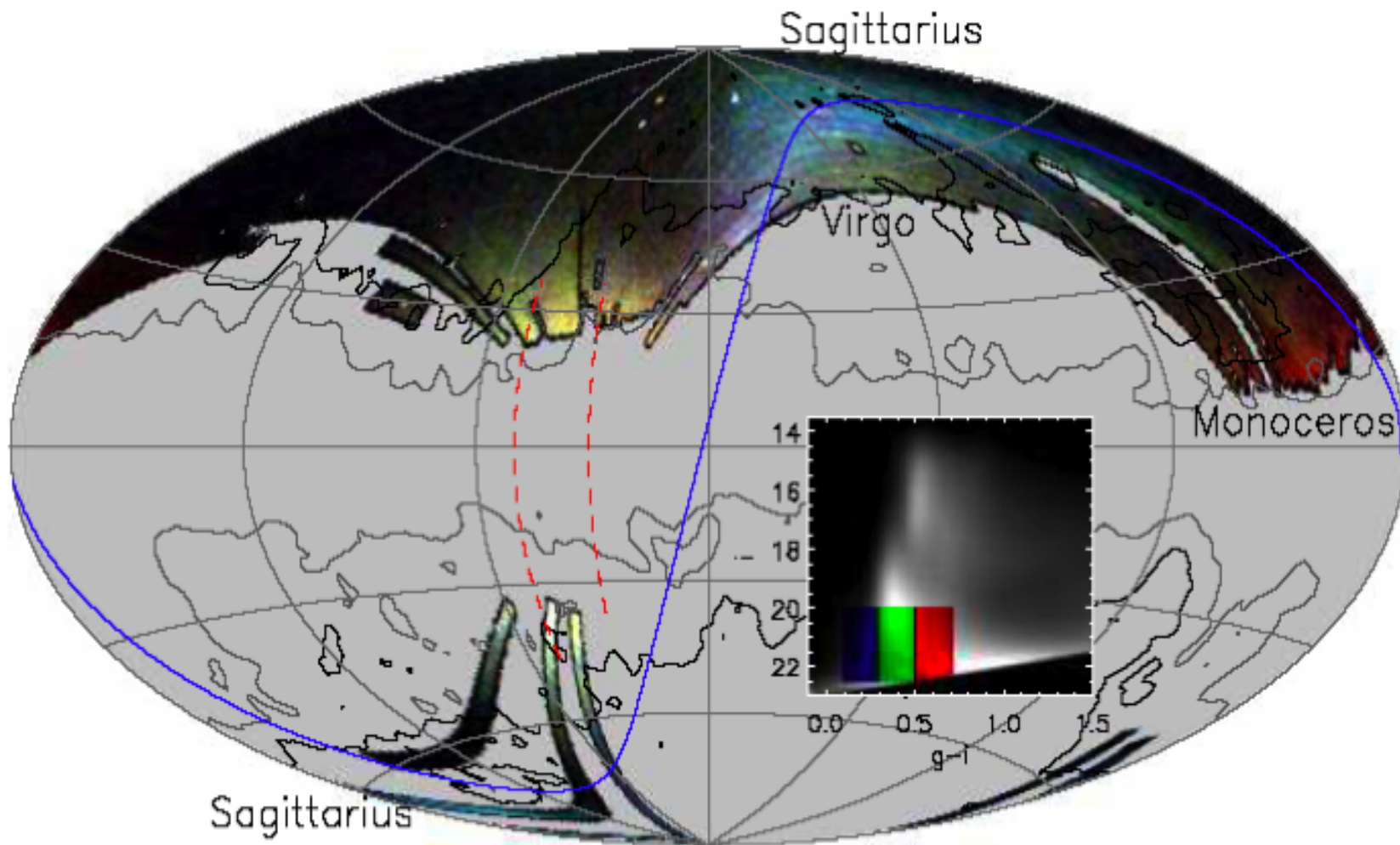
## Vitesses Radiales:

Gaia: à V=14 :  $\sigma_V=25 \text{ km/s}$ , at V=16 :  $\sigma_V=50 \text{ km/s}$



Simulation  
formation halo  
L-CDM

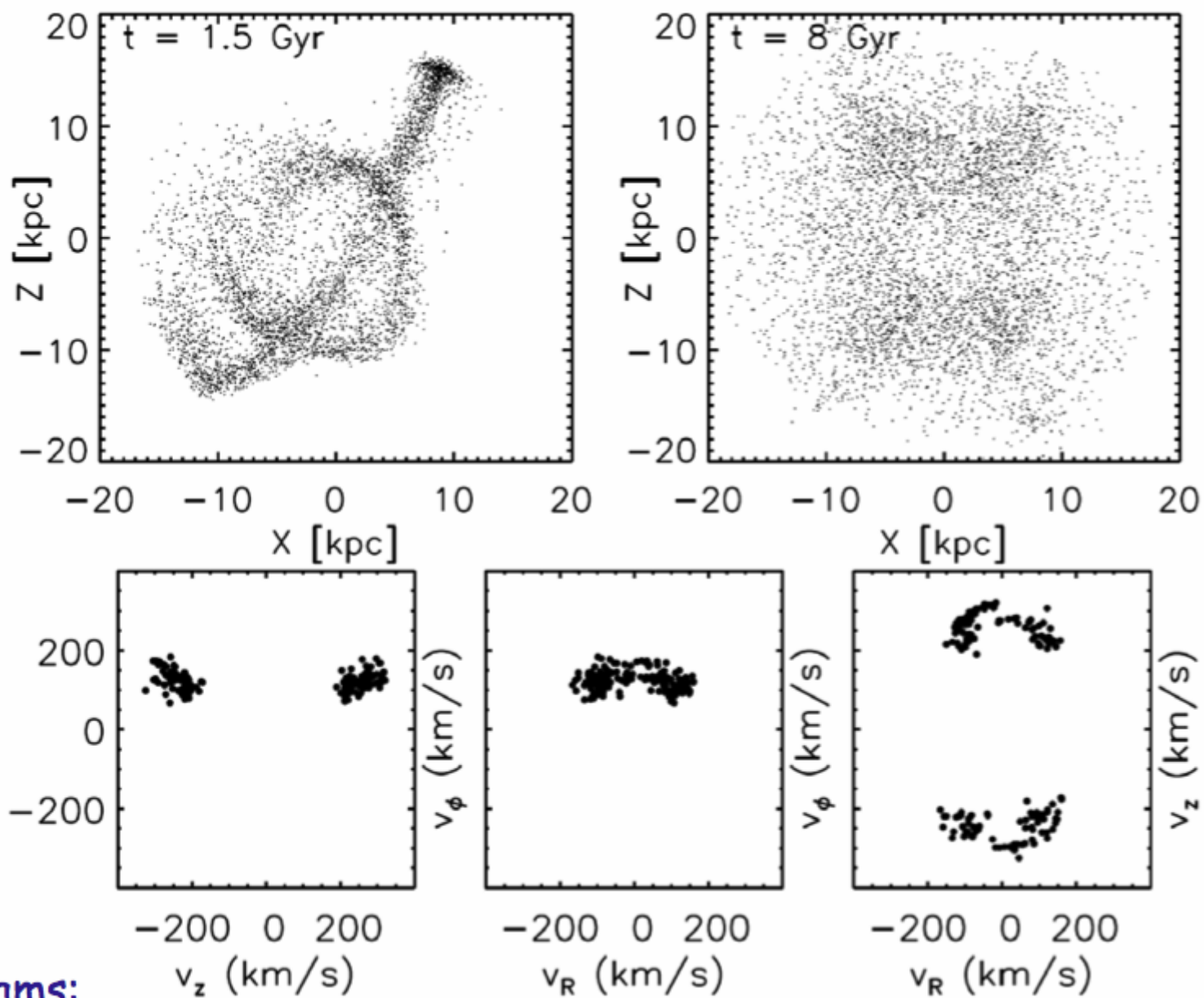
Bullock & Johnston



Belokurov et al. 2007

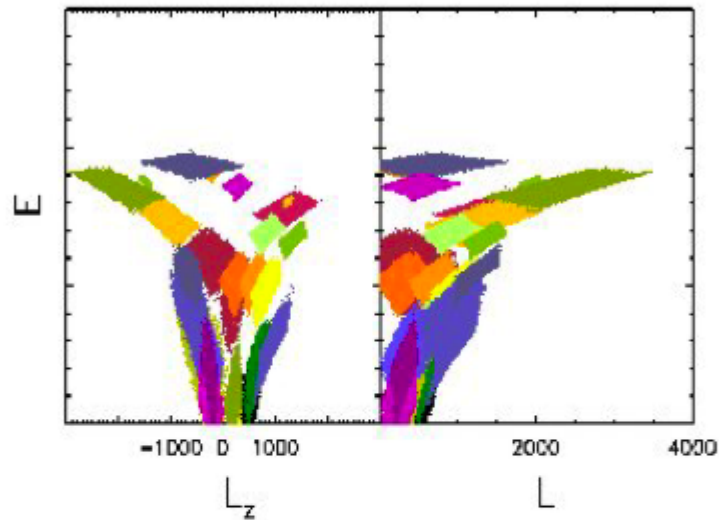
Sous-structure du halo

Dans le halo interne, les structures (x,y,z) disparaissent, mais pas en vitesse

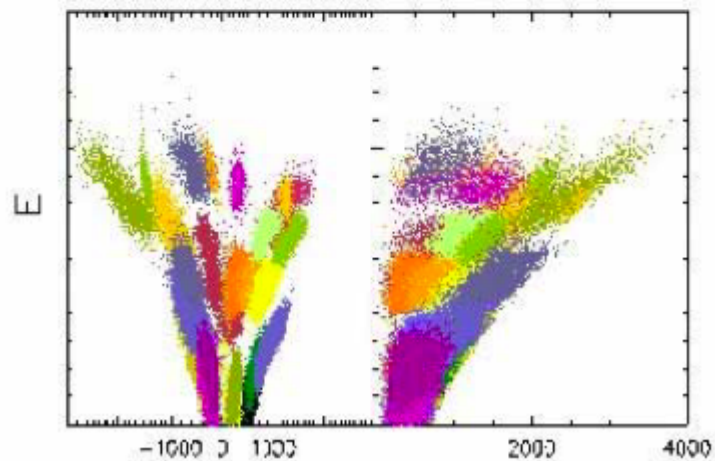


reams:

## Accretion in integral space ( $E, L_z$ )



Input - different colors represent different satellites

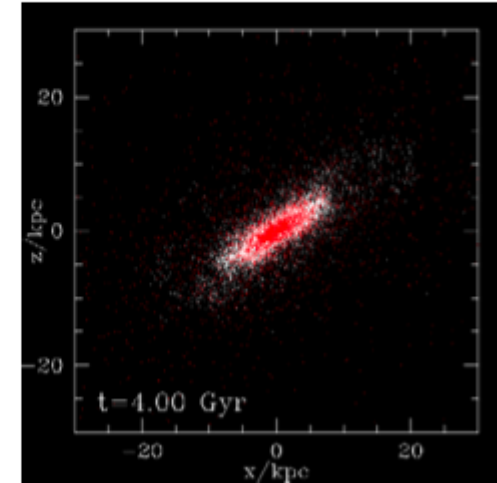
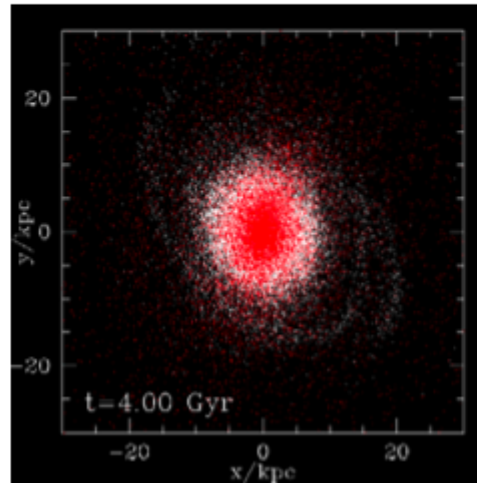


Output after 12 Gyr  
-stars within 6 kpc of  
-the sun - convolved with  
GAIA errors

Helmi & de Zeeuw

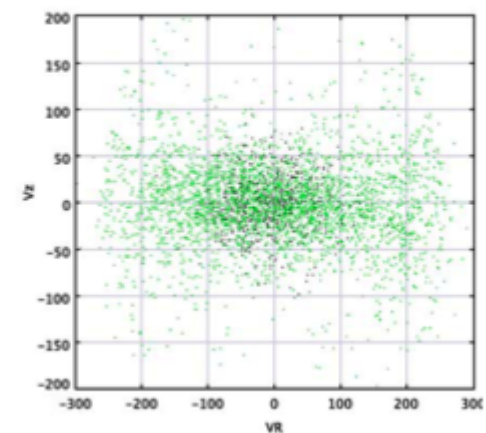
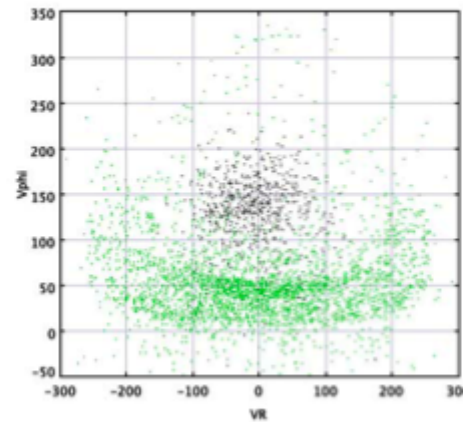
# Thick disk: can we find the debris?

- No spatial correlations (after few Gyr)



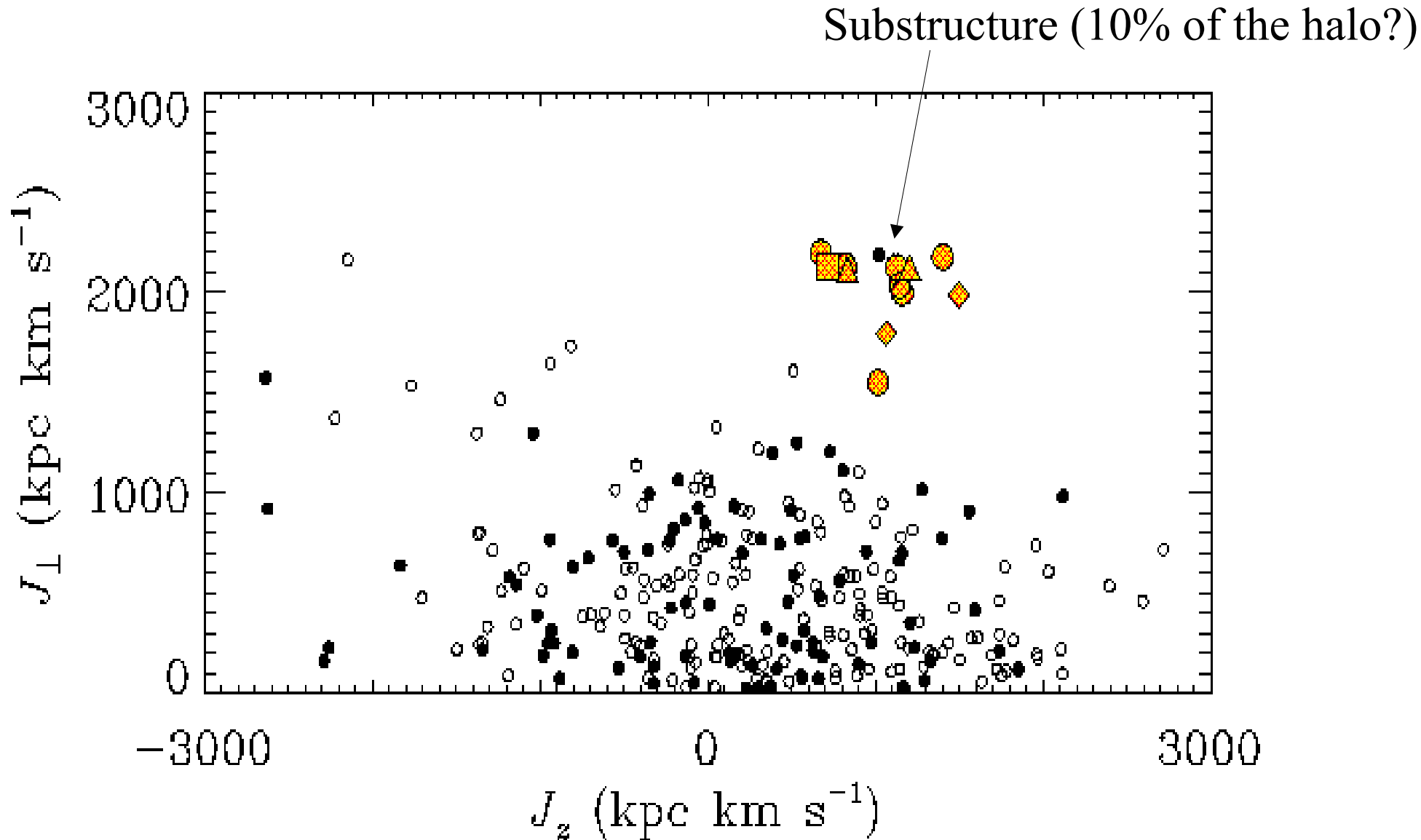
Volume around the Sun:

- Velocity distribution distinct from disk
- Characteristic "banana" shape
- Well-mixed z-velocities
- Streams in  $V_\phi - V_R$

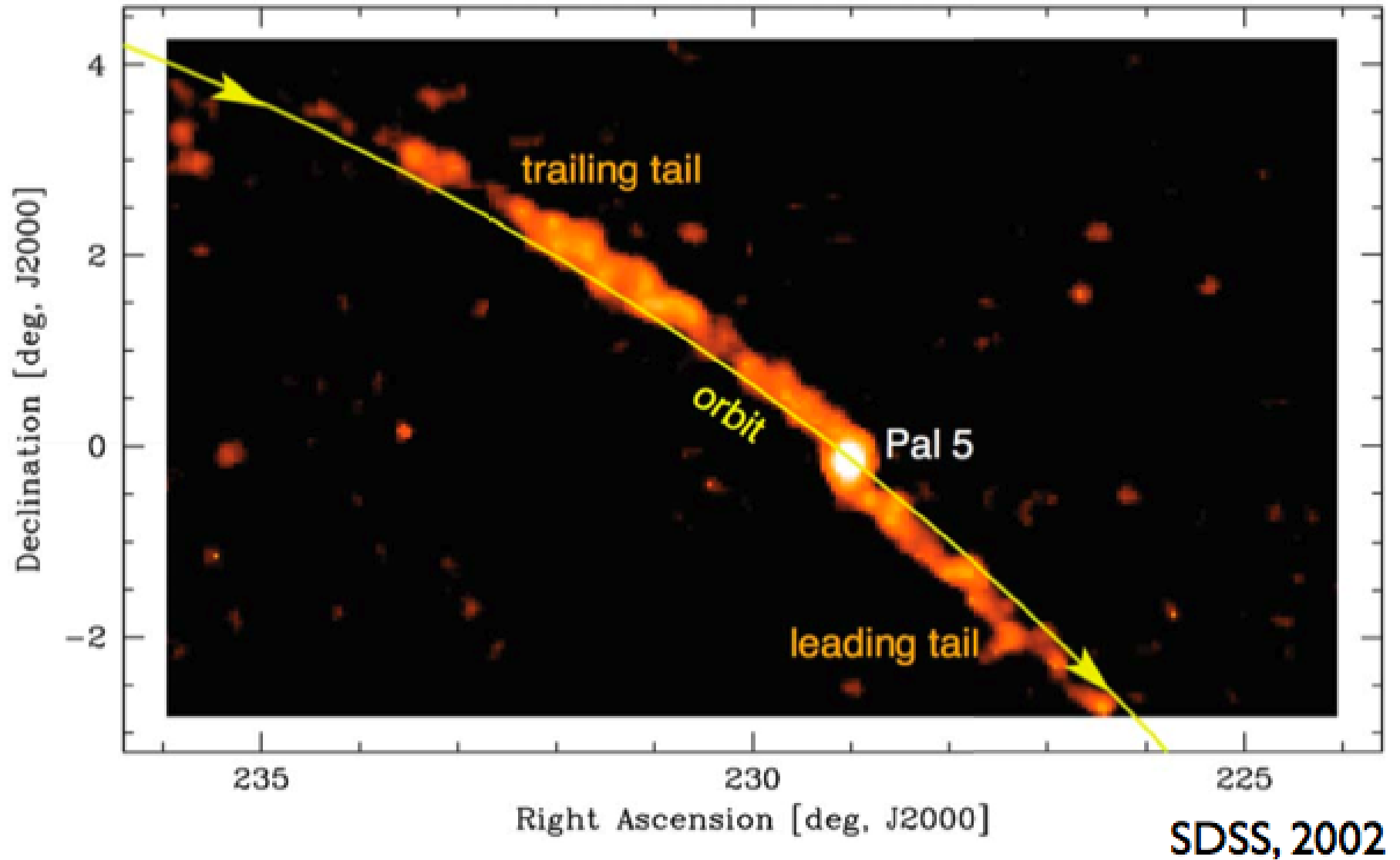


# Thick disc, spheroid, and debris streams in the Galaxy

Distribution of nearby halo stars in the plane of angular momentum  
(*Helmi et al 1999*)

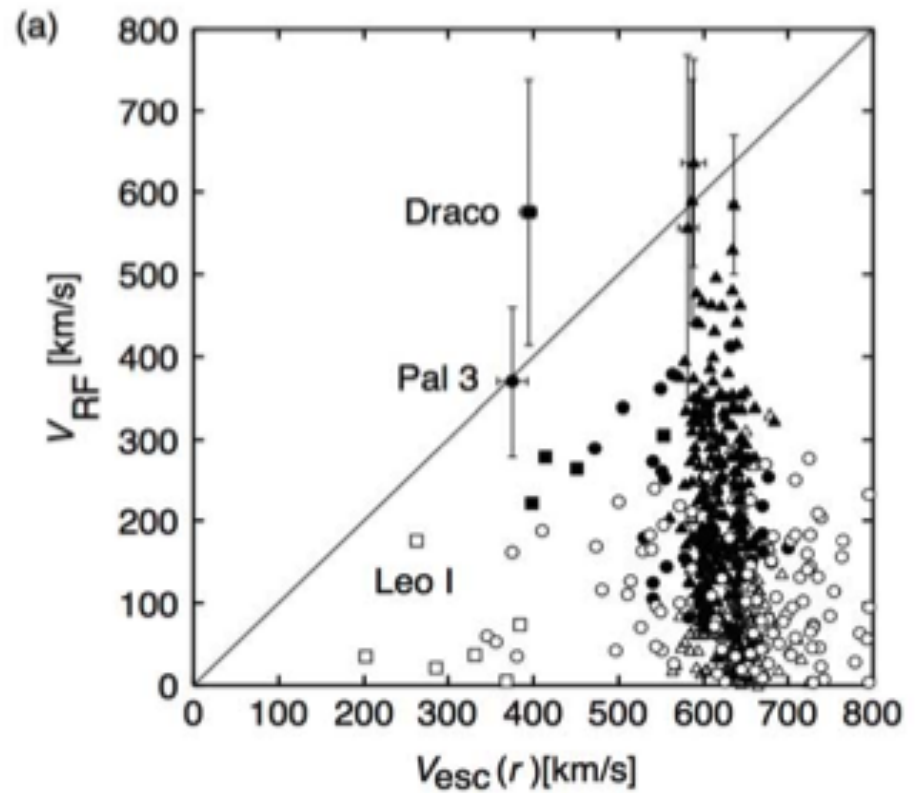


# The tidal tails of Pal 5



Dispersion des trainées : forme et cohérence du halo sombre





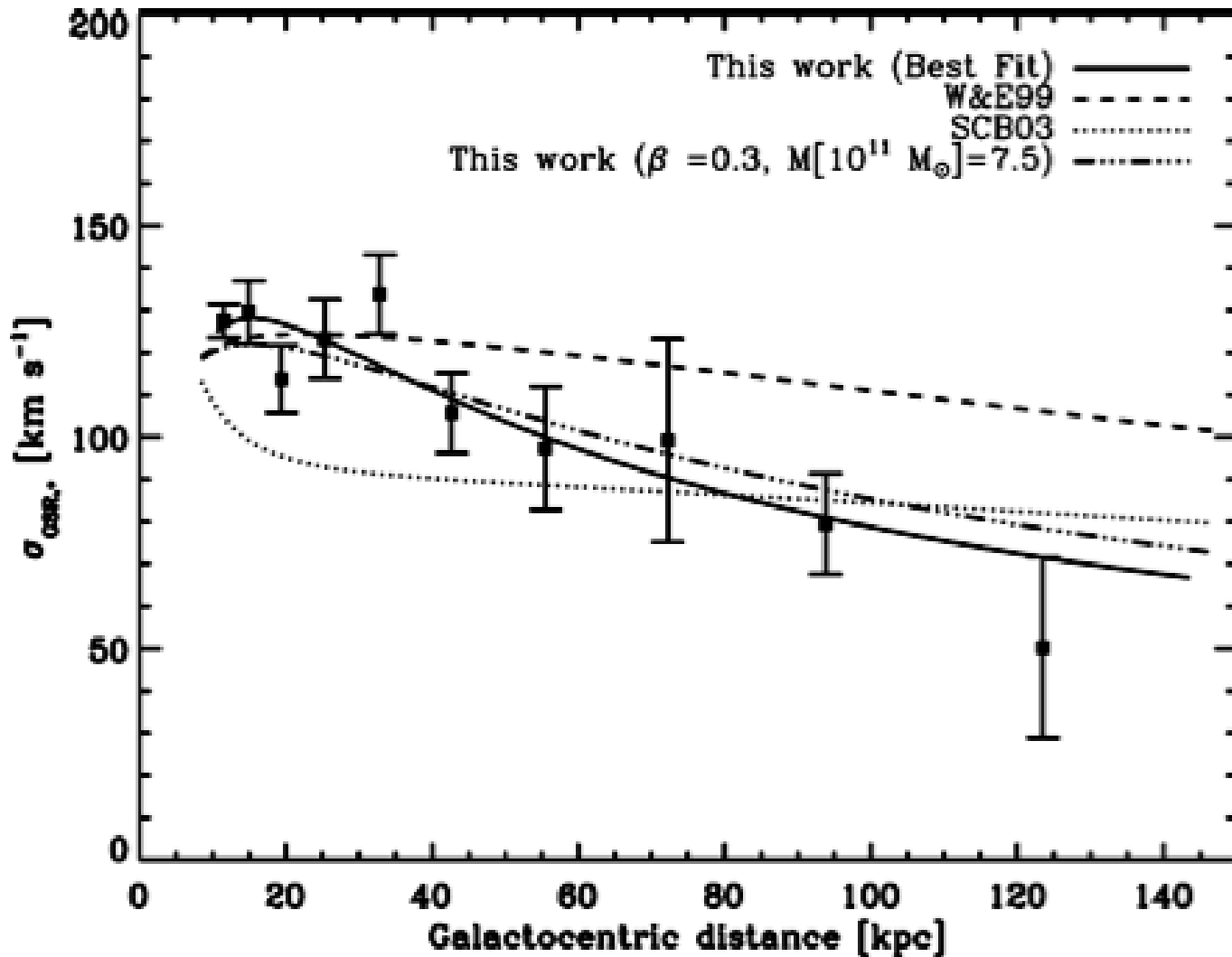
**Sakamoto et al. (2003)**

Vitesse d'échappement : Peu d'étoiles

Gaia: Vitesses 3D et distances BHB du halo

=> vitesse d'échappement en différents endroits de la Galaxie,

=> profil du halo



Incertitude actuelle  
sur la masse de la  
Galaxie:

$1 \times 10^{12}$   
à un facteur 2 près

Battaglia et al 2006

Masse de la Galaxie : profil de la dispersion des vitesses radiales comparée à différents modèles de halo sombre

# Mesure de la masse de la Galaxie par Gaia

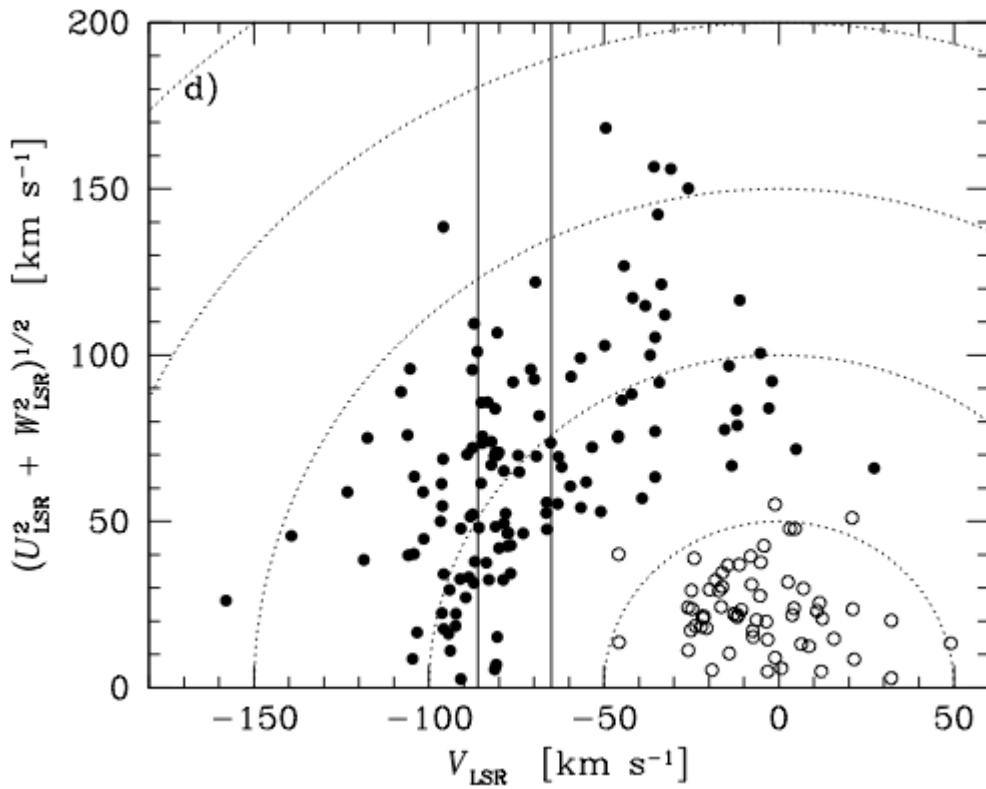
- 
- Vitesses des amas globulaires et galaxies naines
- Vitesses radiales d'étoiles du halo : 10000 BHB  $d < 15$  kpc
- 
- qq 100 TRGB  $d < 50$  kpc
- 
- AGB  $d < 60$  kpc
- 
- 1000 carbonées  $d < 60$  kpc
- 
- => Gaia: masse à mieux que 10% (Wilkinson, 2007)

# Evolution dans le disque

Combiner vitesses et abondances

Evolution du disque mince, gradients de métallicité  
évolution inside-out

Origine du disque épais



Origine du disque épais

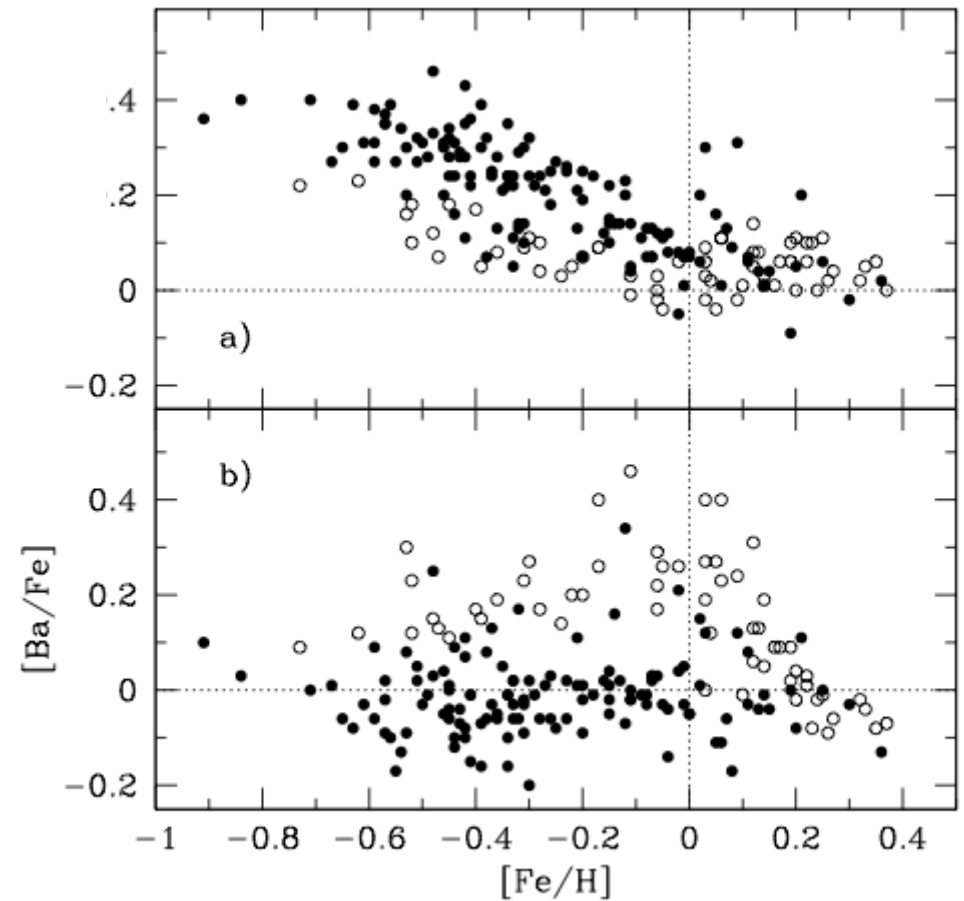
Gaia : imprécision sur les métallicités

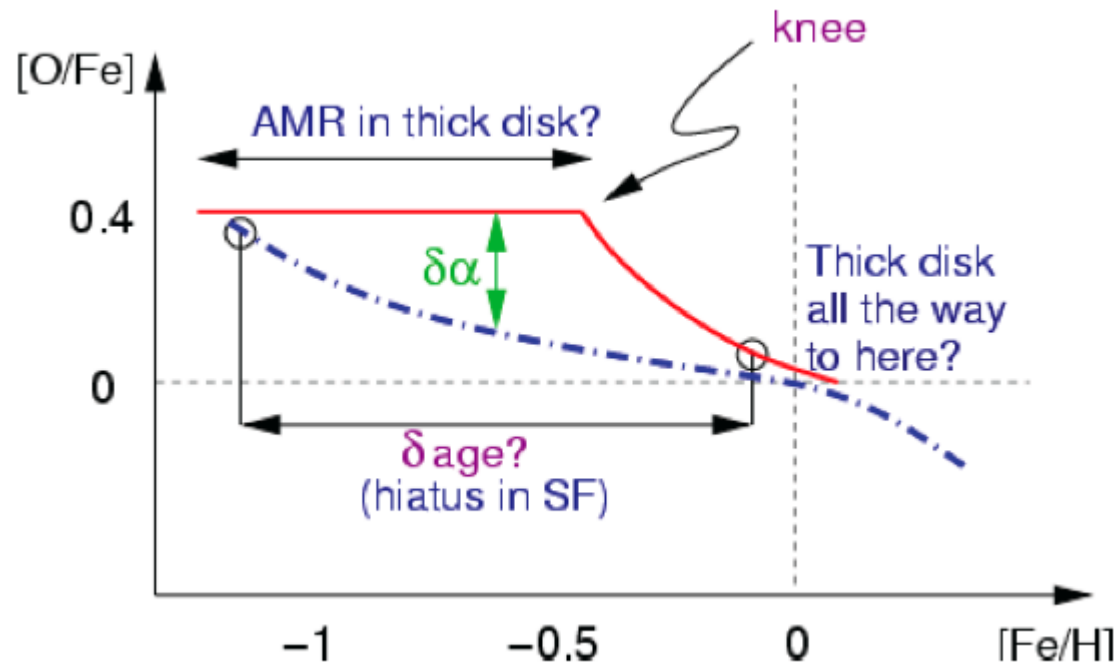
Suivi au sol nécessaire

Bensby et al 2006

Nordstrom sample

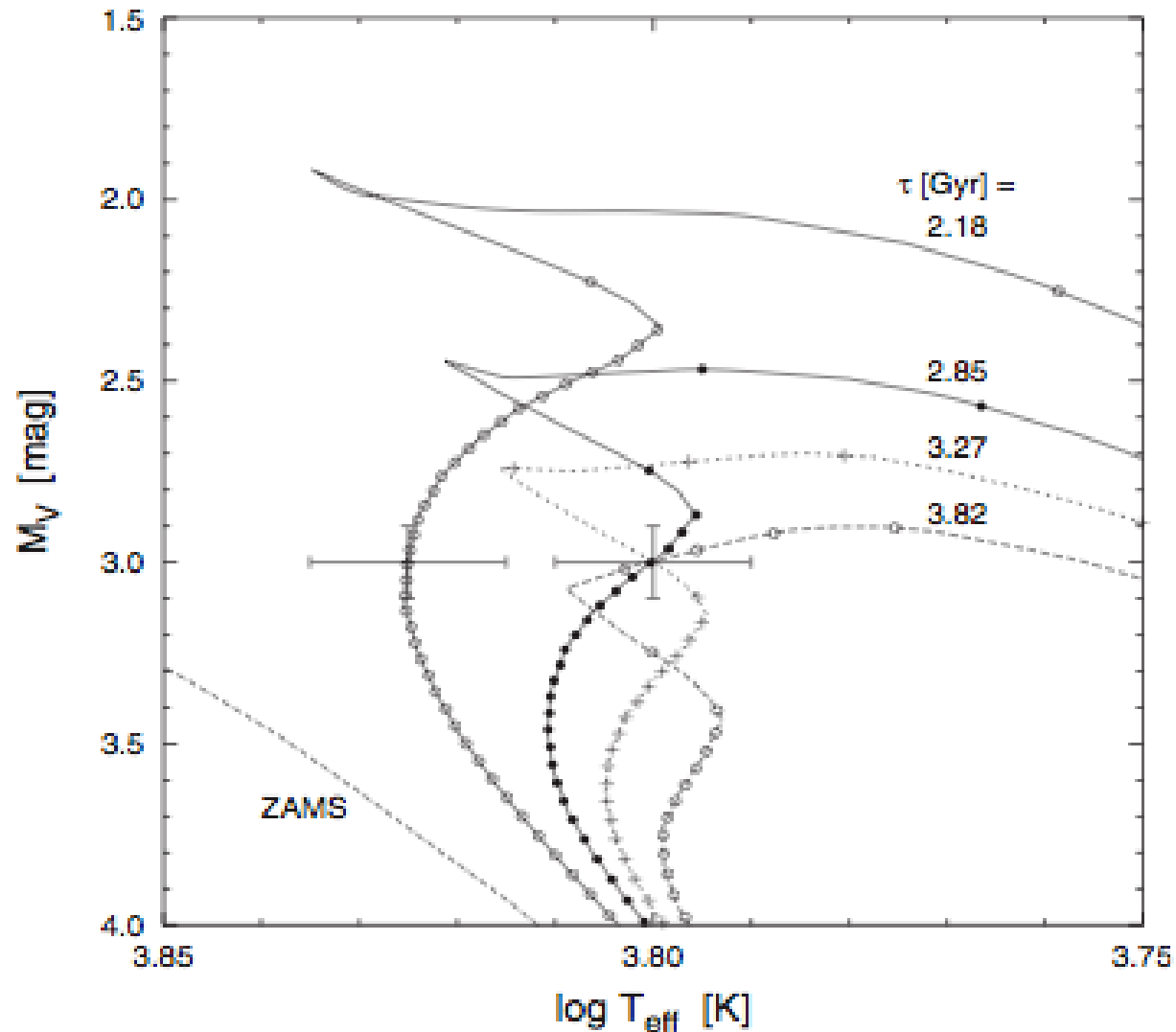
Sélection disque mince/épais



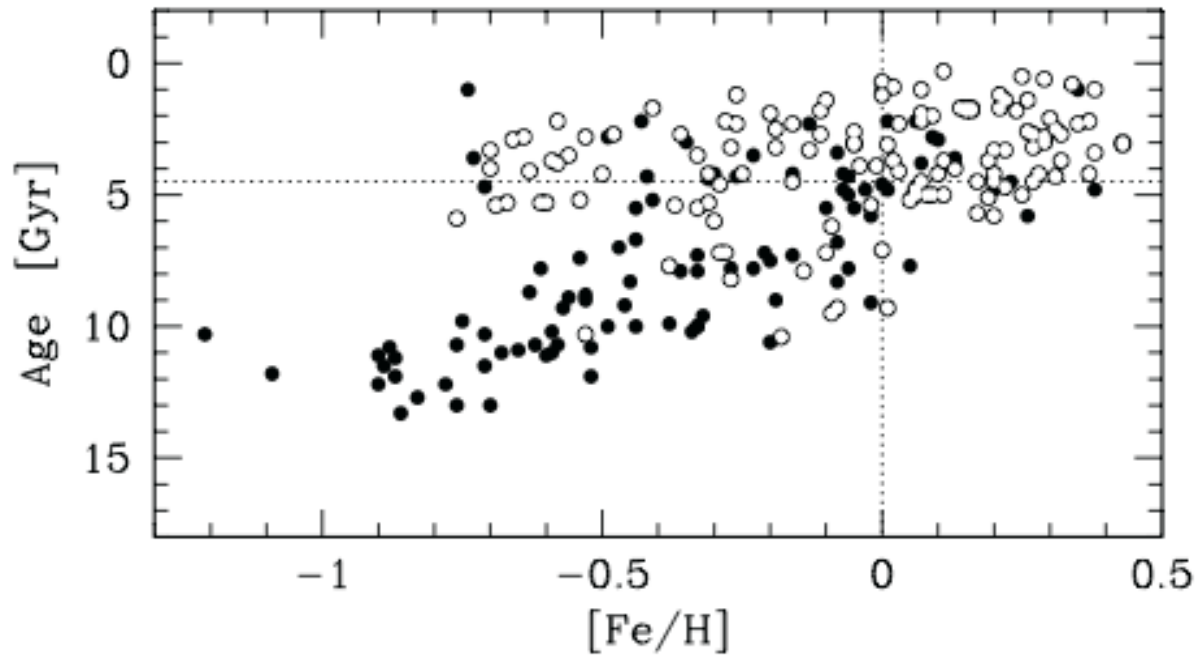


Origine du disque épais : infall de gaz moins métallique ?  
 Différent SFR ?

# Détermination des âges



# Gaia et les âges



Bensby et al 2007

Est-ce que Gaia fera mieux ?

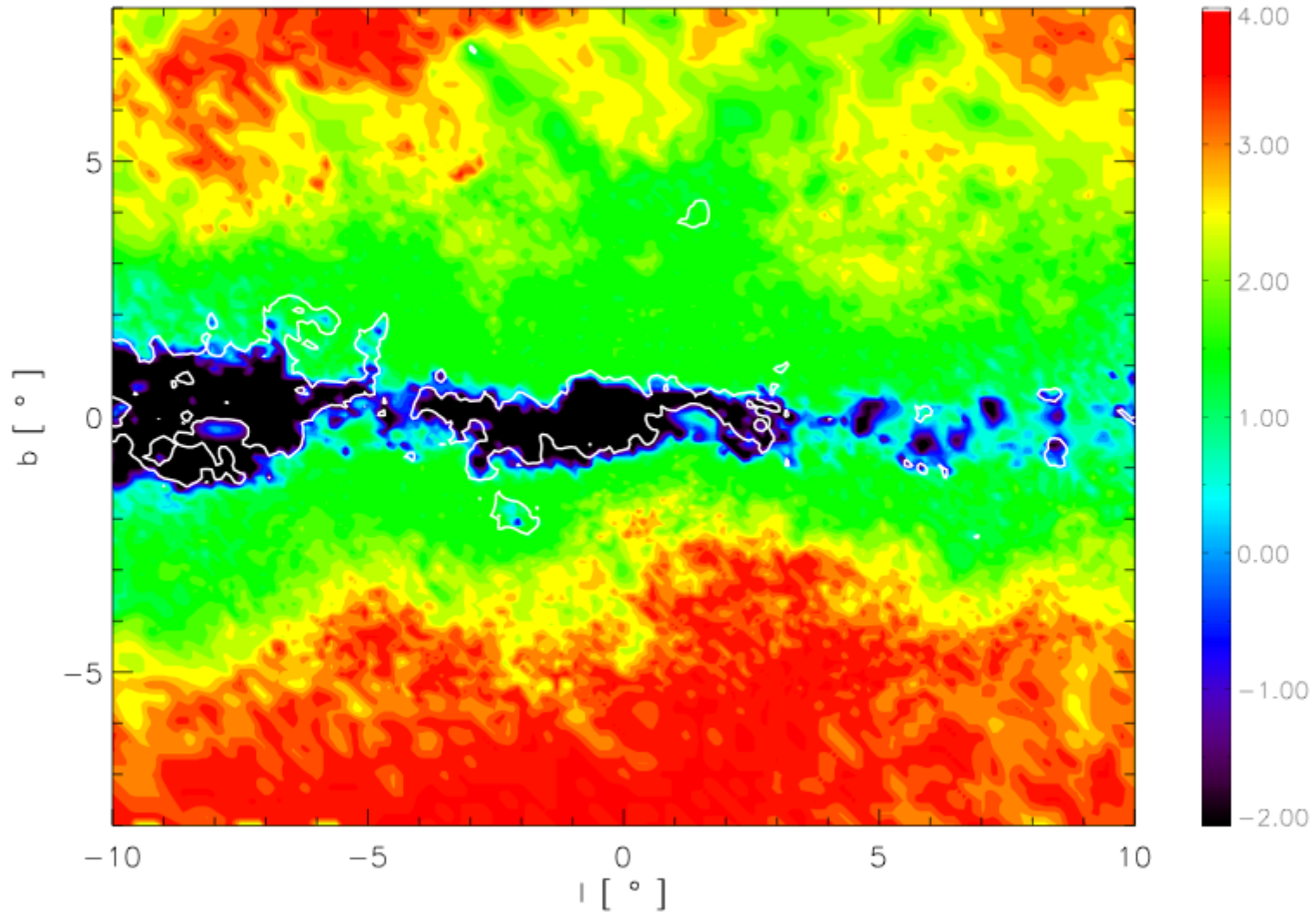




Régions centrales : soit très éteintes, soit crowding

Mais distances à 10% dans le bulbe  
Mouvements propres  $G < 20$

Rotation du bulbe, orientation de la barre, dans  
quelques fenêtres  
origine du bulbe (ou pseudo-bulbe)



Magnitude absolue limite des étoiles dans le bulbe atteintes par Gaia à  $G=17$  et limites de crowding dans le RVS (contour blanc)



Régions centrales : soit très éteintes, soit crowding

Mais distances à 10% dans le bulbe  
Mouvements propres  $G < 20$

Rotation du bulbe, orientation de la barre, dans  
quelques fenêtres  
origine du bulbe (ou pseudo-bulbe)

# Conclusions

Distances et vitesses 3D d'un échantillon énorme d'étoiles de toutes populations et de tout type.

Potentiel galactique, contraintes sur la distribution de la matière noire  
Distribution des vitesses, cinématique des populations

Evolution chimio-dynamique de la Galaxie : formation du bulbe, paramètres de la barre, forme et origine du disque épais, contraintes sur la structure spirale (locale)

Détections des sous-structures dans l'espace des phases (formation du halo)

Mais, *Gaia ne fait pas tout* :

Vitesses radiales peu précises pour les objets faibles et à  $G < 16$

=> besoin survey de vitesses radiales plus profond, plus précis

=> besoin suivi de mesures d'abondances

Extinction dans le plan et le bulbe : survey IR (satellite japonais Jasmine)