



# et les Céphéides...

... dans le Nord (Mt. Wilson)



... dans le Sud (VLT)



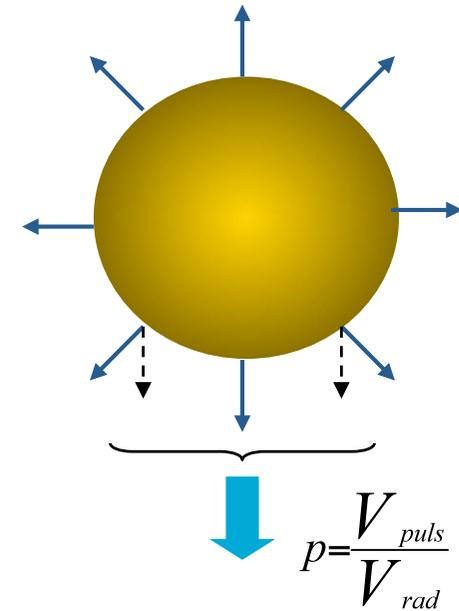
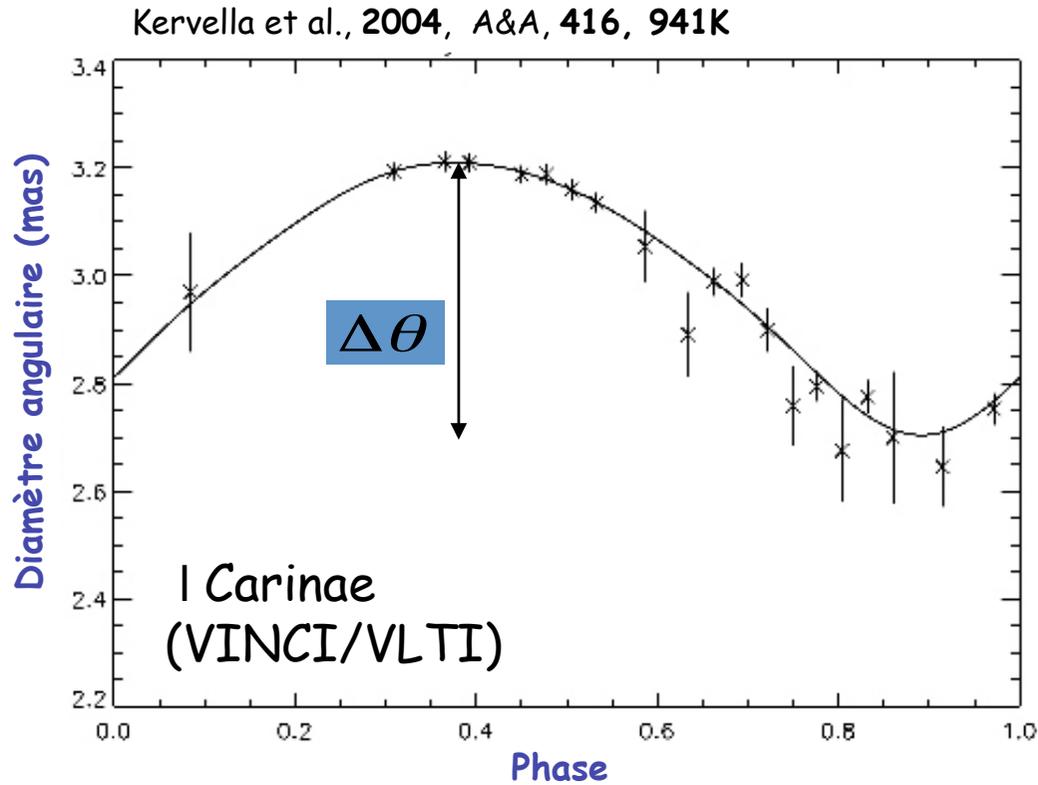
et al ...



etc ...

N. Nardetto, P. Kervella, A. Mérand,  
D. Mourard, A. Gallenne, et al.

# La méthode de Baade-Wesselink

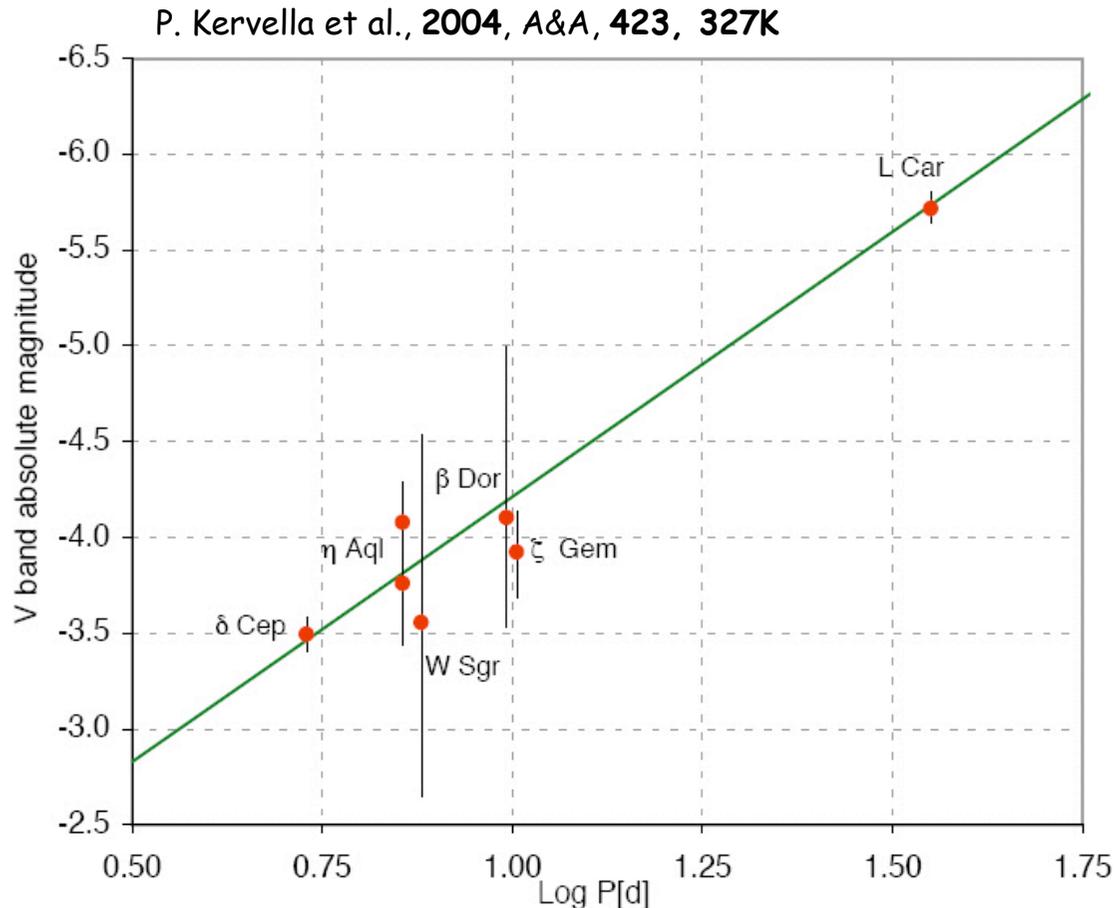


$$d \propto \frac{\Delta R}{\Delta \theta} \text{ avec } R(t) = \int p V_{rad} dt$$

$\Delta R \Leftrightarrow \Delta \theta$

➔ A l'époque (il y a 9 ans) distance de I Car à 5%

# Etalonnage de la relation PL : exemple de VINCI/VLTI



$$M_V = \alpha_V (\log P - 1) + \beta_V$$

$$\alpha_V = -2.769 \pm 0.073$$

$$\beta_V = -4.209 \pm 0.075$$

Méthode HRA : précision en magnitude sur le Point-zéro de

~0.07 mag en bande V & K  
(1.5% en distance)

P. Fouqué et al. 2007, A&A, 476, 73

Méthode IRSB : 60 étoiles MW

~ 0.03 en bande V & K (1% en distance)

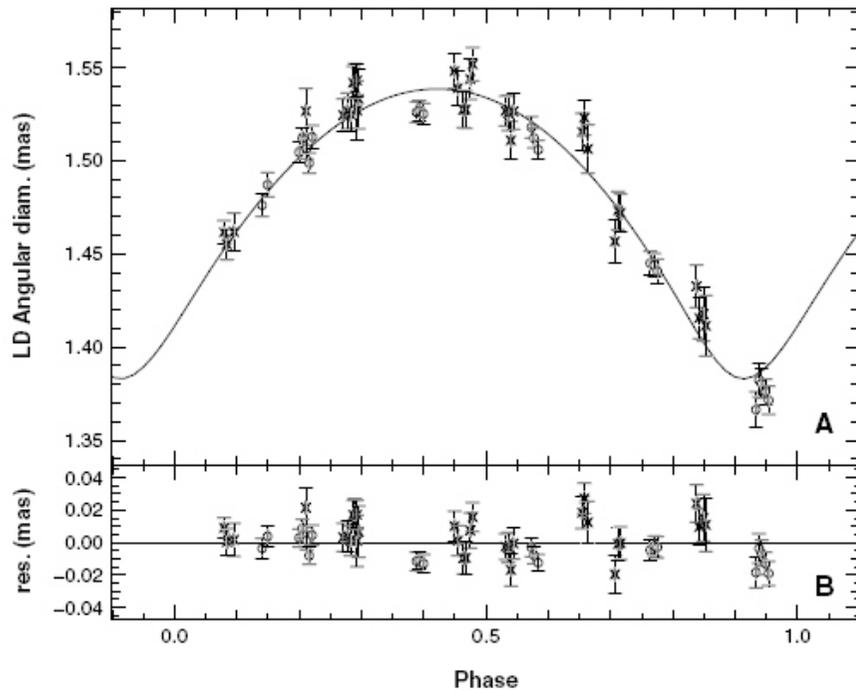
Storm et al. 2011, A&A, 534, 94

Méthode IRSB : 70 étoiles MW + 41 étoiles LMC

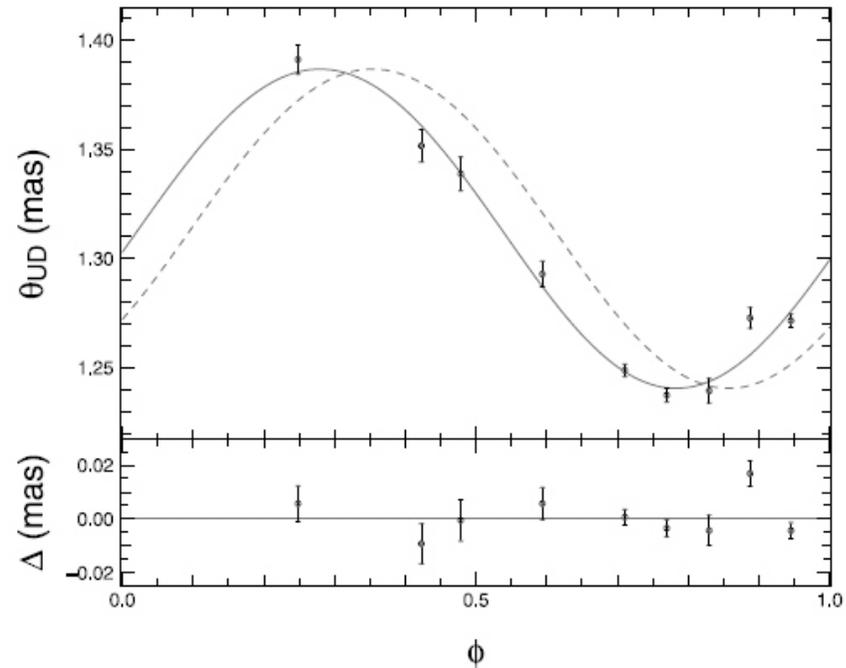
~ 0.02-0.03 en bande V & K

# L'expérience de FLUOR/CHARA

Résultats récents (P. Kervella, A. Mérand, A. Gallenne, V. Coudé du Foresto, et al.)



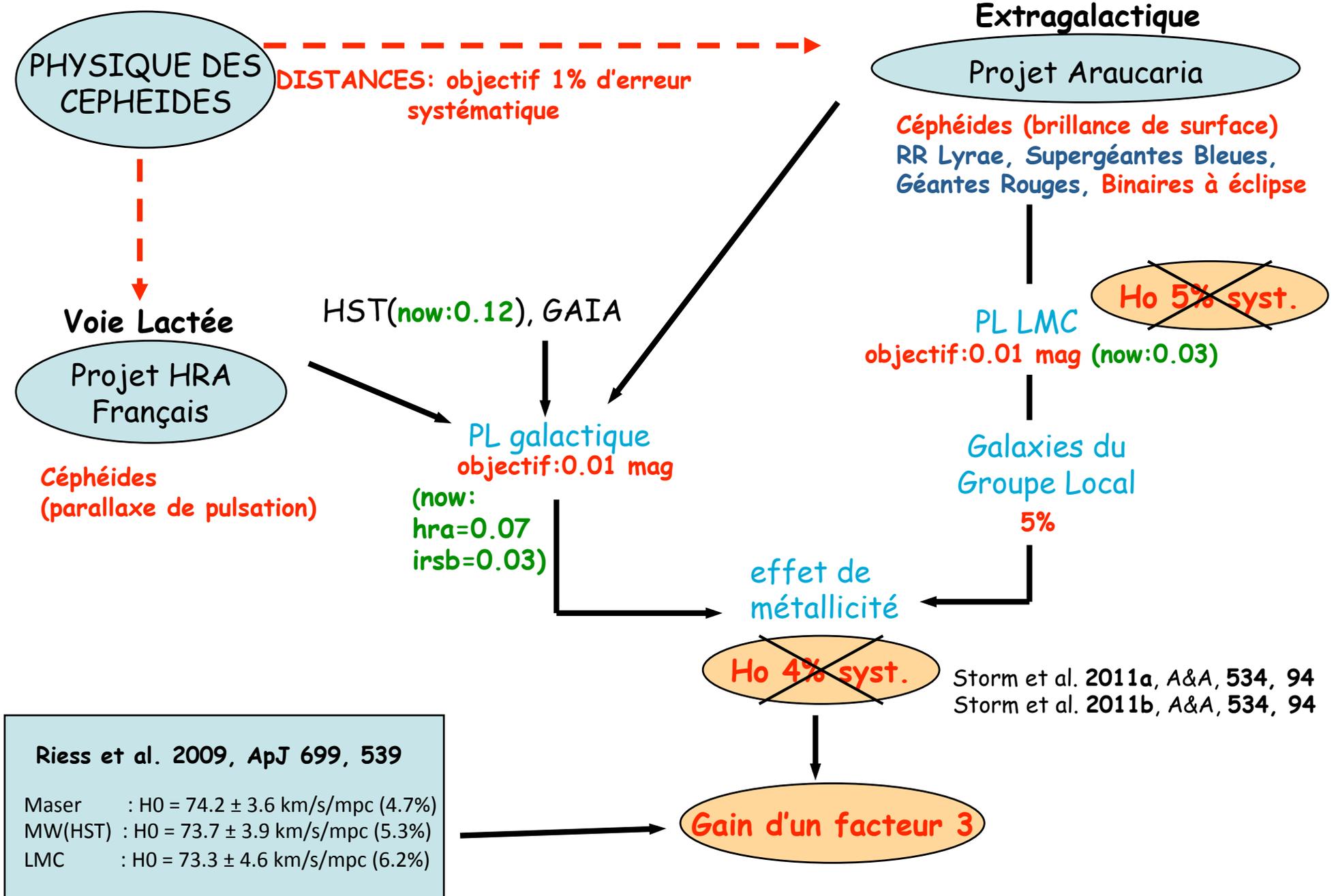
1.5% sur  $\delta$  Cep  
Mérand et al. 2005, A&A, 438, 9



3% sur  $\gamma$  Oph  
Mérand et al. 2007, ApJ, 664, 1093

Nb. de Céphéides observées (gros effort observationnel sur FLUOR) : 20  
Précision attendue sur le PZ de la relation PL : 0.03-0.04 ?

# Le "projet Céphéide"



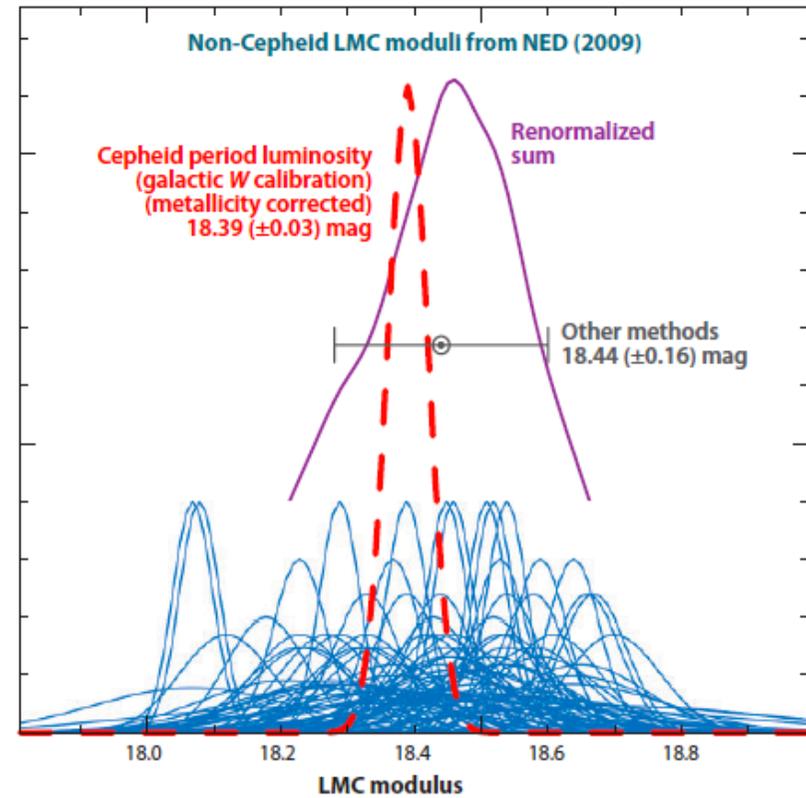
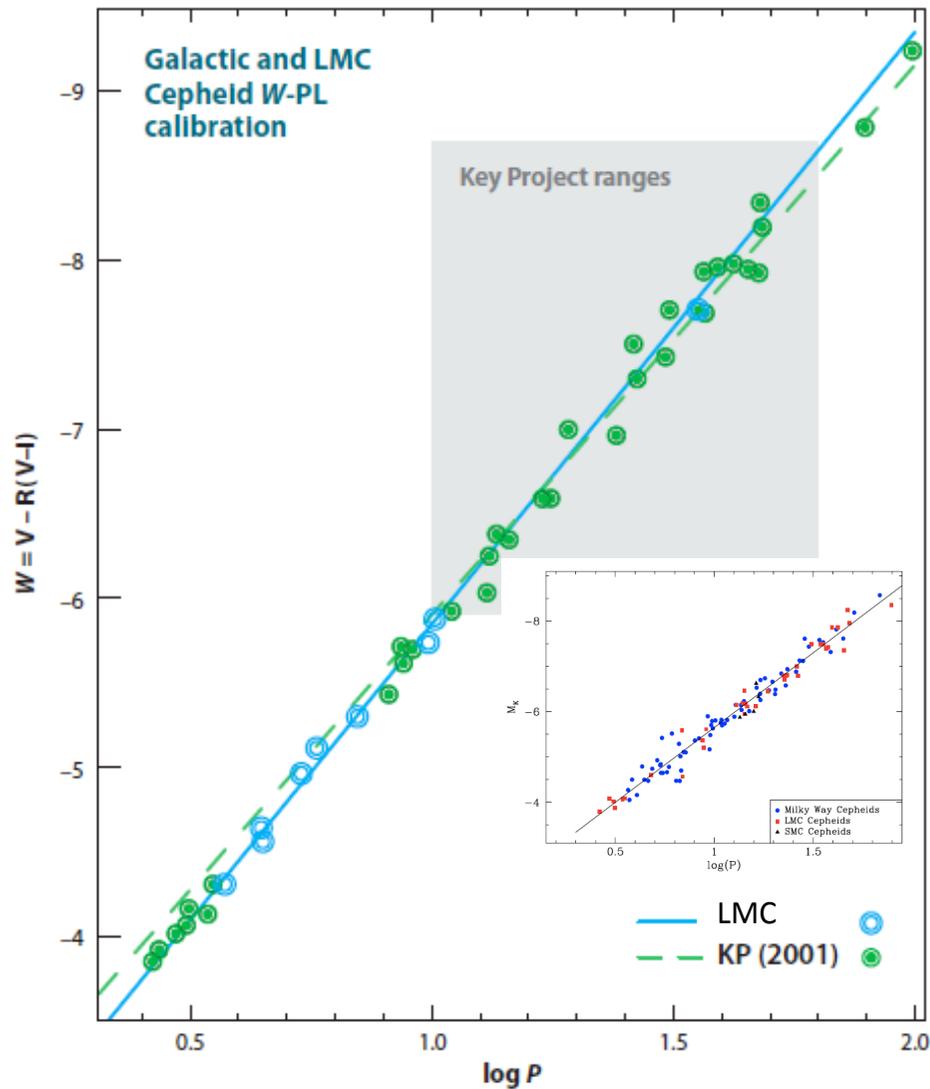
# Perspectives : distance (cf. revue annuelle A&A 2010)

Cohérence au niveau des pentes  
 $a_{PL}(MW) = a_{PL}(LMC) = a_{PL}(\text{Galaxies hôtes SN})$



Attention au point-zéro!

Point-Zéro (PL) = dist. LMC



LMC (EBs) à 2% ! Pietrzynski et al. 2013

Dans ce contexte : apport de VEGAS ?  
Une détermination indépendante de la relation PL...

... qui permettrait de vérifier une dernière hypothèse !  
Le PZ de la relation PL est-il indépendant de la métallicité ?

Pour répondre à cette question :  
obtenir 0.03 mag. de précision minimum sur le PZ  
Objectif ultime : atteindre 0.01 mag.

Est-ce possible ? Voir ci-après...

Et si VEGAS arrive après les résultats GAIA ?  
On inverse le problème : détermination du facteur de projection à  
partir des distances GAIA (apport pour la physique des Céphéides et  
la méthode IRSB).

# VEGAS et les Céphéides

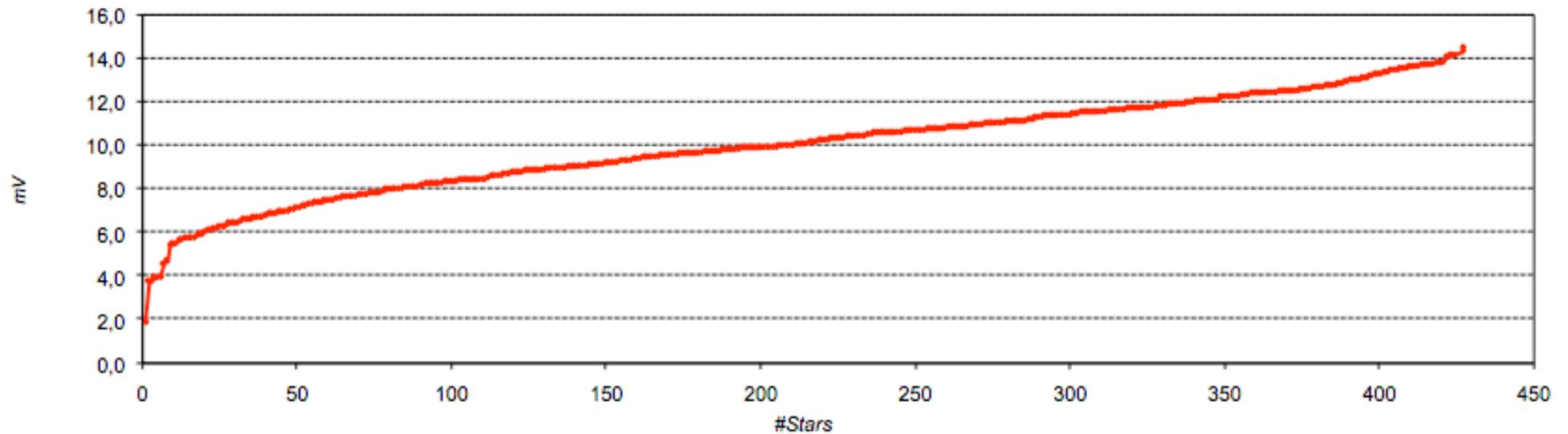
## "Galactic Cepheids DataBase"

Fernie, J.D., Beattie, B., Evans, N.R., and Seager, S. 1995, IBVS No. 4148

505 Céphéides recensées (416 car 89 sans mV et distance indiquées)

272 observables depuis CHARA (  $\delta > -25^\circ$  )

256 observables depuis le VLTI (  $\delta < 25^\circ$  )



105 observables depuis CHARA (  $\delta > -25^\circ$  ) ET  $\text{magV} < 10$

147 observables depuis le VLTI (  $\delta < 25^\circ$  ) ET  $\text{magV} < 10$

# VEGAS et les Céphéides

On considère :

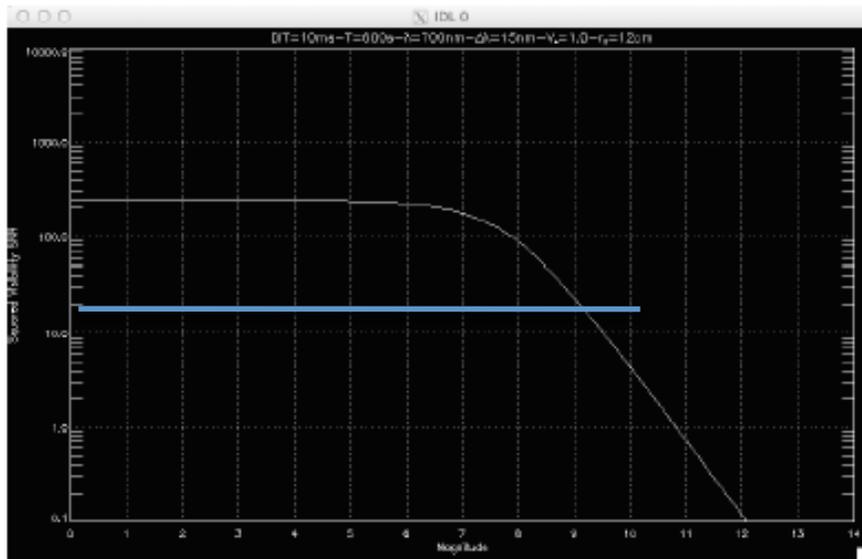
- CHARA : S1E1 (B=330m, Az=22°)
- VLTI : G1J1 (B~200m, Az~0°)

1/ Selon la déclinaison de l'étoile, calcul de la base projetée méridionale pour CHARA et VLTI.

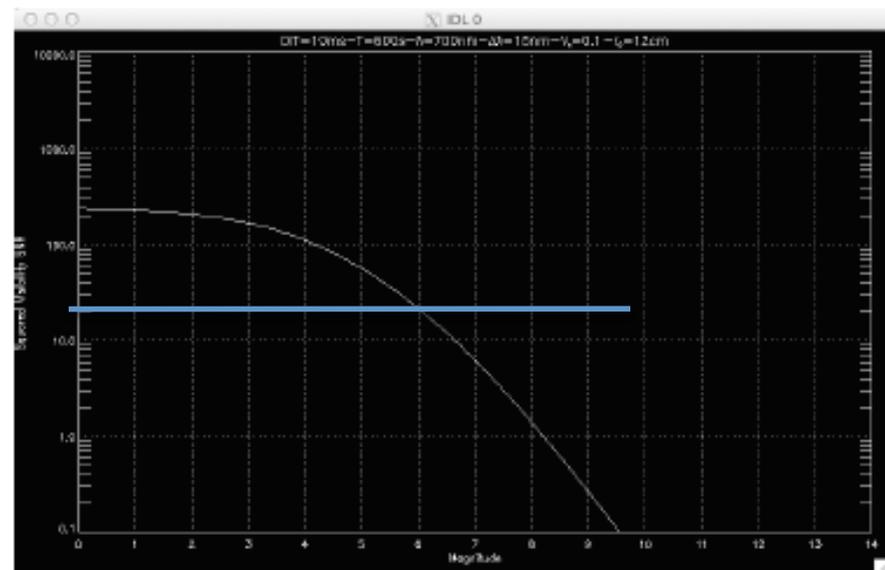
2/ Calcul ensuite de la visibilité attendue.

3/ Hypothèse sur l'erreur sur la visibilité : 5% ! R=2500 (simulations de Philippe)

$\Delta\lambda=15\text{nm}$ ,  $V=1.0$



$\Delta\lambda=15\text{nm}$ ,  $V=0.1$

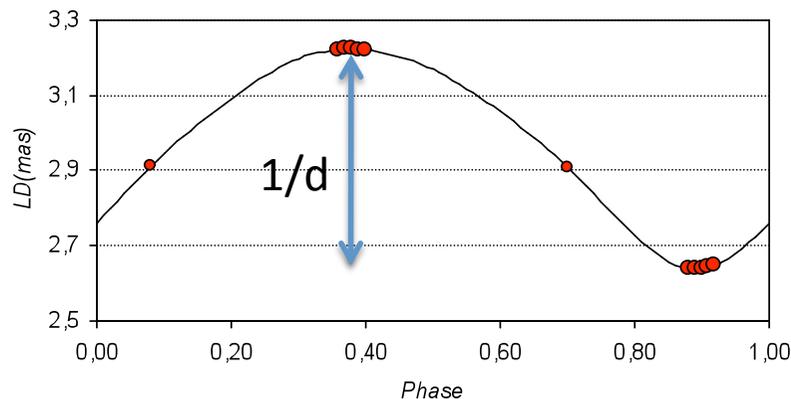


# VEGAS et les Céphéides

4/ lien entre l'erreur sur les visibilités et l'erreur sur le diamètre (facteur d'amplification introduit par Antoine Mérand dans sa thèse). On fait l'hypothèse d'une mesure 3T (grand triplet par exemple pour CHARA):

$$A_f(\mathbf{b}, \lambda, \theta) = \frac{\partial V^2(\mathbf{b}, \lambda, \theta) / \partial \theta}{V^2(\mathbf{b}, \lambda, \theta)} \theta \quad \left( \frac{\sigma_{V^2}}{V^2} \right)_\theta = A_f(b, \lambda, \theta) \frac{\sigma_\theta}{\theta}$$

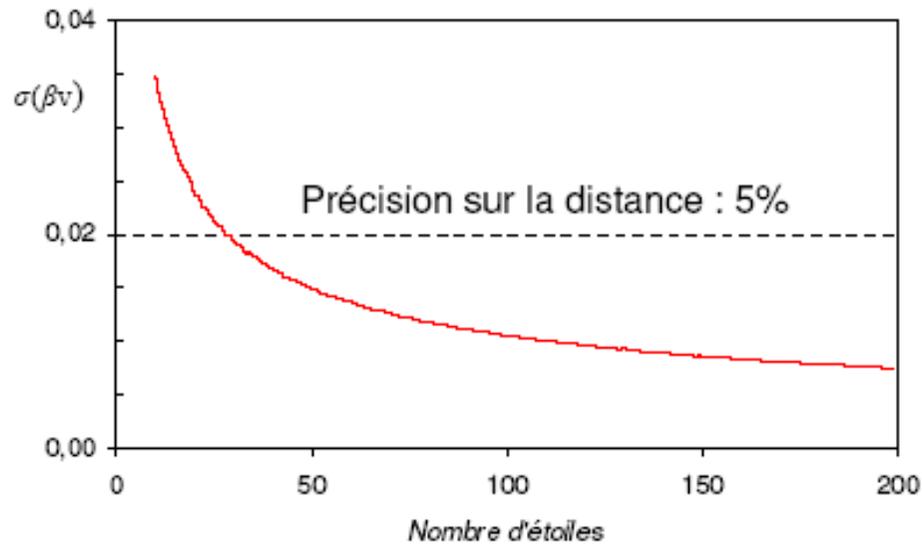
5/ précision sur la distance (10 points de mesure)



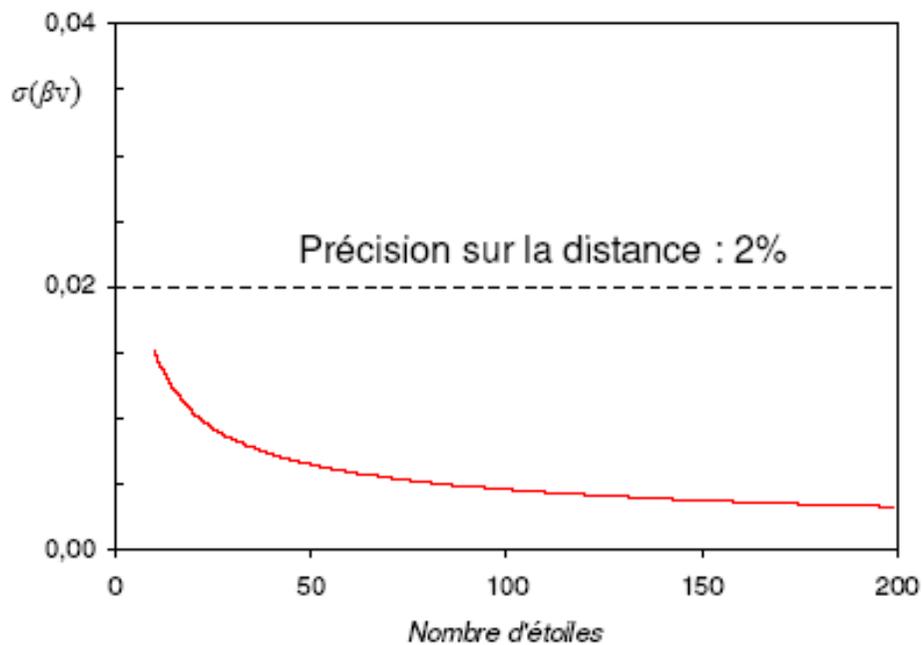
## Conclusion (hors – systématiques):

- CHARA : 88 (+/- 20!) étoiles avec une erreur sur la distance inférieure à 5%
- VLTI : 52 (+/-10!) étoiles avec une erreur sur la distance inférieure à 5%
- Problème à regarder : les calibrateurs !

# VEGAS et les Céphéides



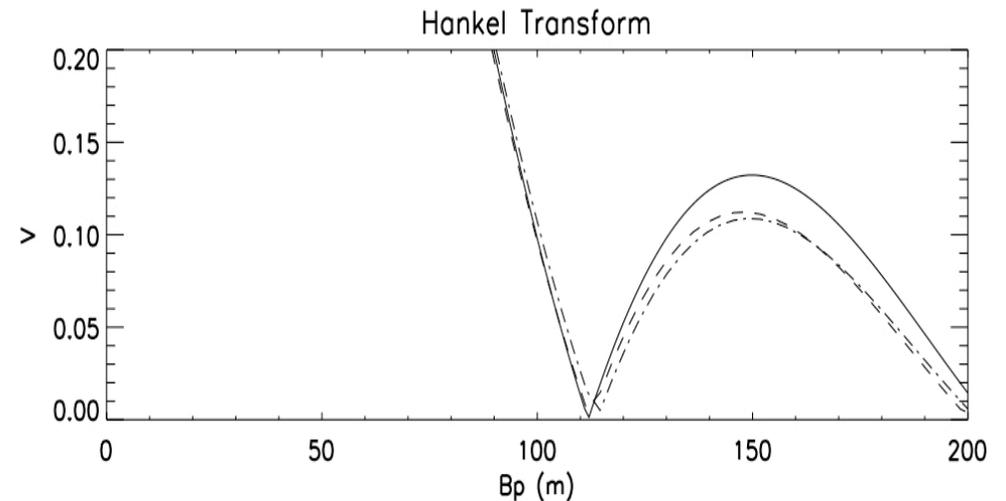
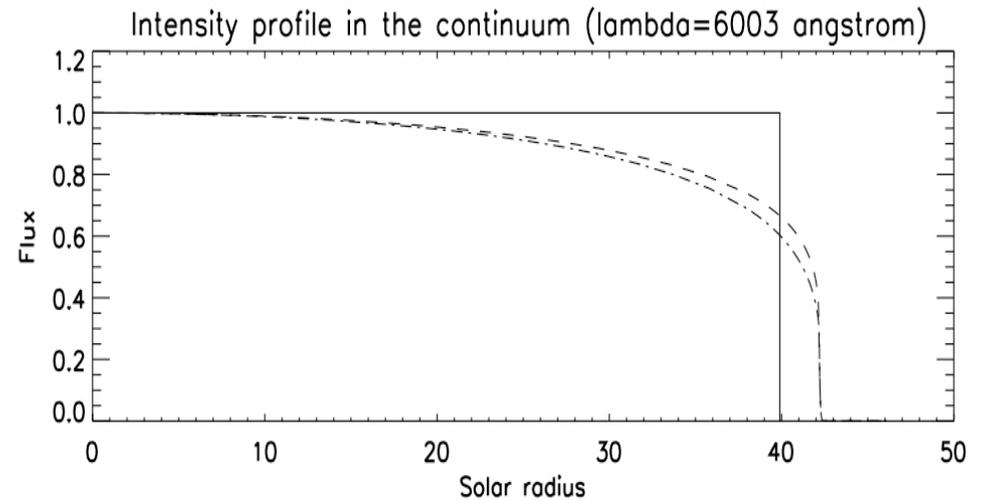
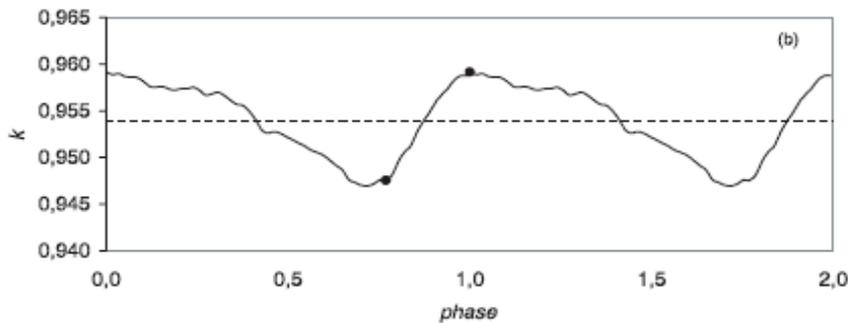
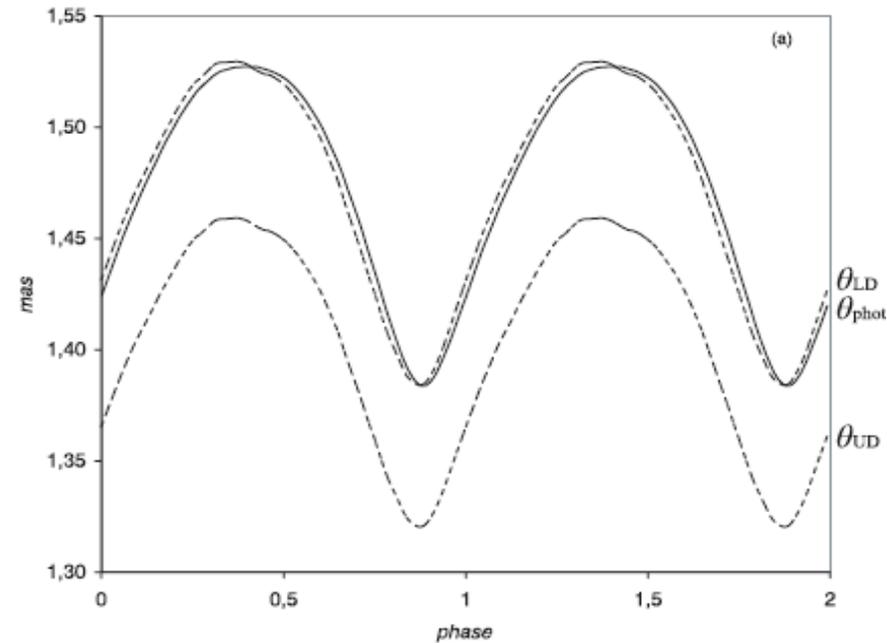
*Objectif d'une précision de 0.01 mag. sur la relation PL accessible. Etude de la dispersion intrinsèque de la relation.*



Configuration VEGAS:

- #Tel  $\geq 3$
- R=2500

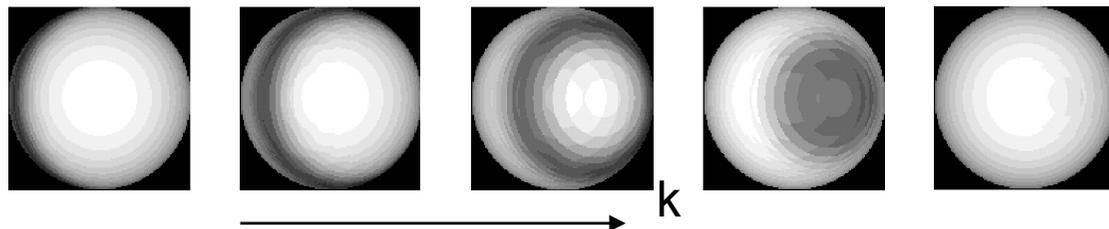
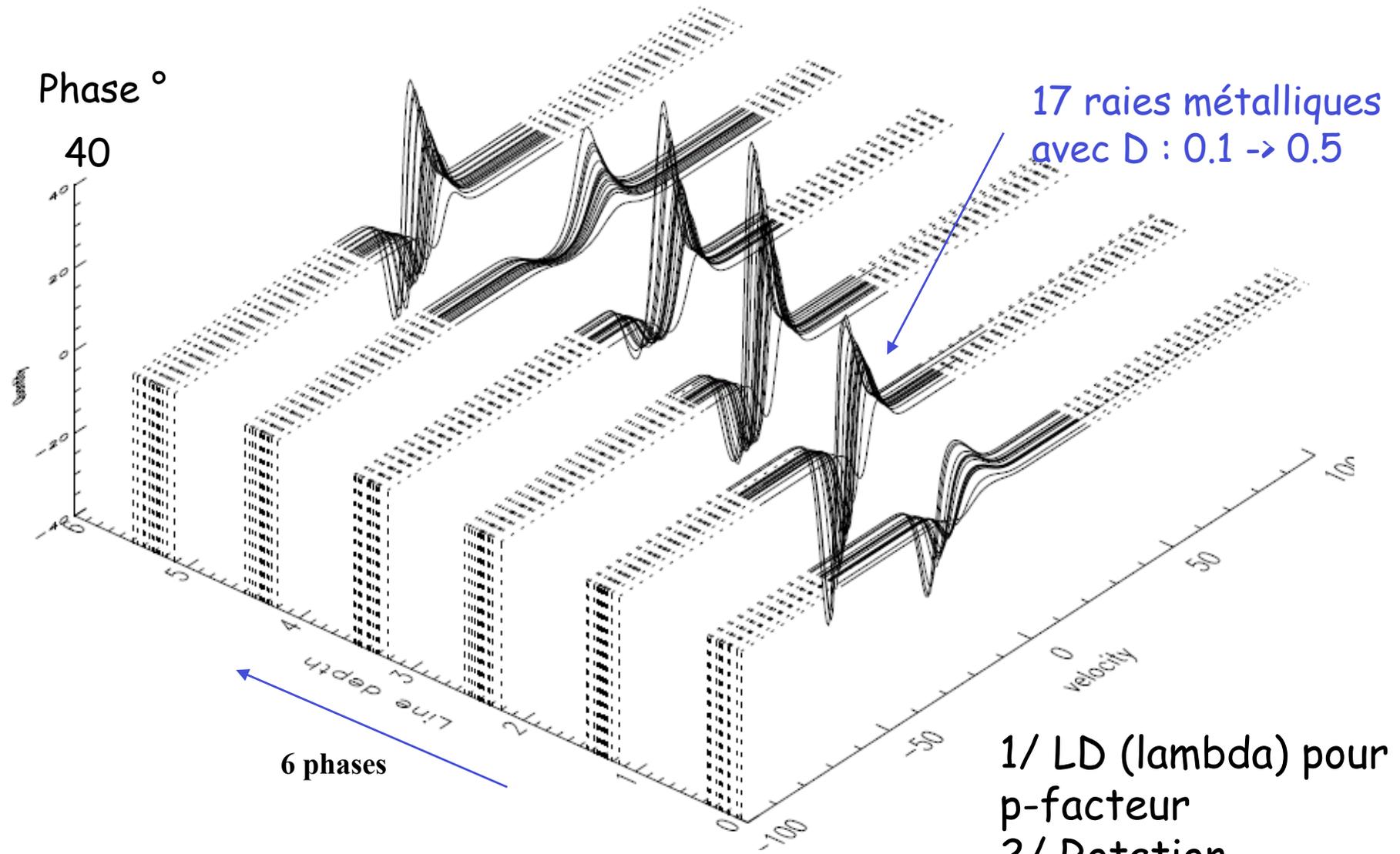
# Autres aspects : Mesure de l'ACB (t) sur $\delta$ Cep



- > 5% de précision sur  $V$  ( $=0.1$ , deuxième lobe), 1% sur  $\langle k \rangle$
- > 1% de précision sur  $V$  ( $=0.1$ , deuxième lobe), variation de  $k$  à 5 sigmas
- > meilleure connaissance du p-facteur

Possible avec VEGAS !

# Autres aspects : HR dans les raies métalliques (en absorption)

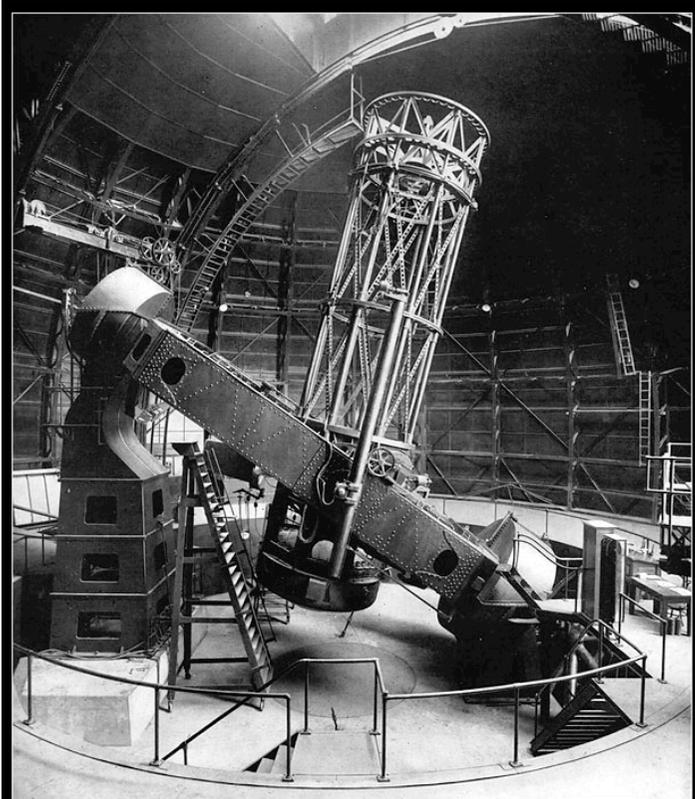


## Configuration :

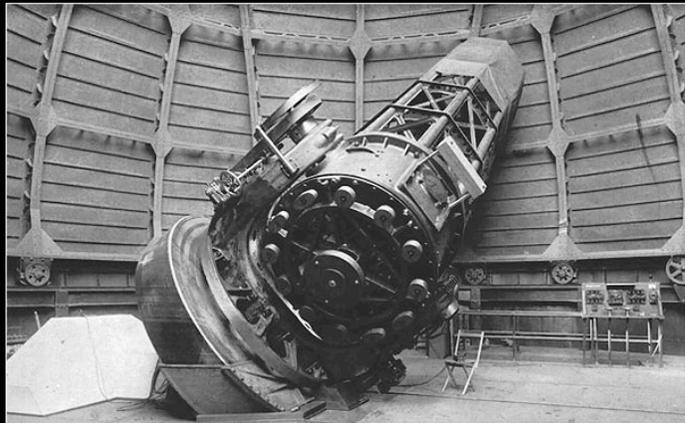
- $\#Tel \geq 3$  (images en 6T !)
- $R \geq 30000$  (60000 parfait !)

Conclusion : une préférence scientifique (B=330m) et historique pour CHARA avec R1=2500 (simus PB), R2=60000 (avec 6T -> images).

Hubble (1925)



*Le telescope Hooker de 2m56 de l'Observatoire su Mont Wilson.*



*Le telescope equatorial de 1m52 de l'Observatoire du Mont Wilson.*