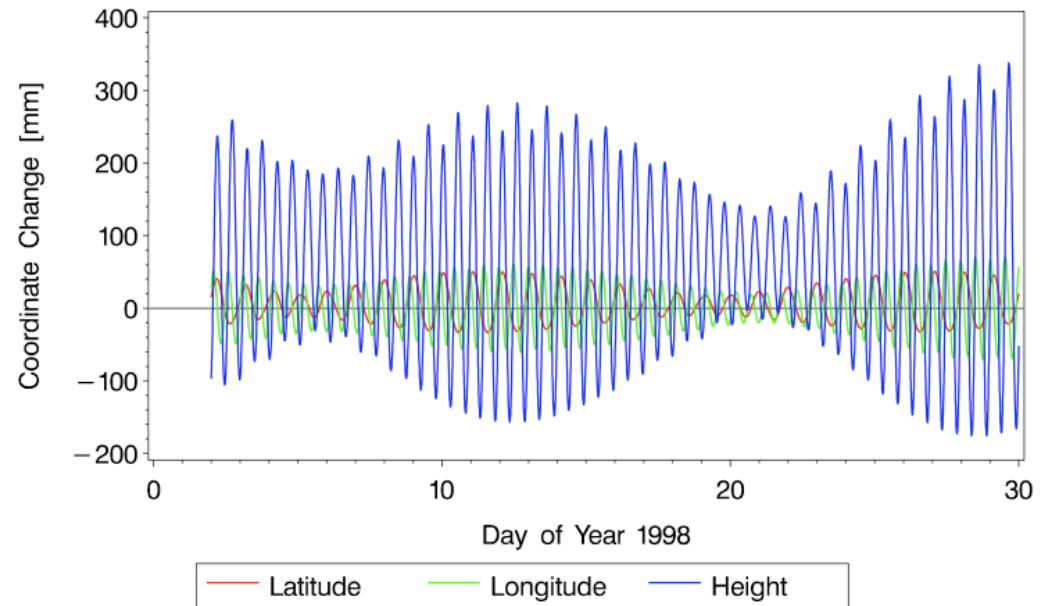


# Corrections géophysiques

- Marées solides
  - +/-40 cm vertical
  - Très bien connues
- Surcharge océanique
  - Jusqu'à +/-10 cm vertical
  - Bien connu, sauf en certaines zones de forte amplitude
- Marées polaires
  - Déformation élastique de la Terre causées par les variations de sa rotation (vitesse et orientation)
  - +/-2 cm
  - Bien connues

Solid Earth Tides Caused by Sun and Moon  
Station FORTALEZA (South America)



Ocean Loading Effect on Site Coordinates  
Station FORTALEZA (Südamerika)

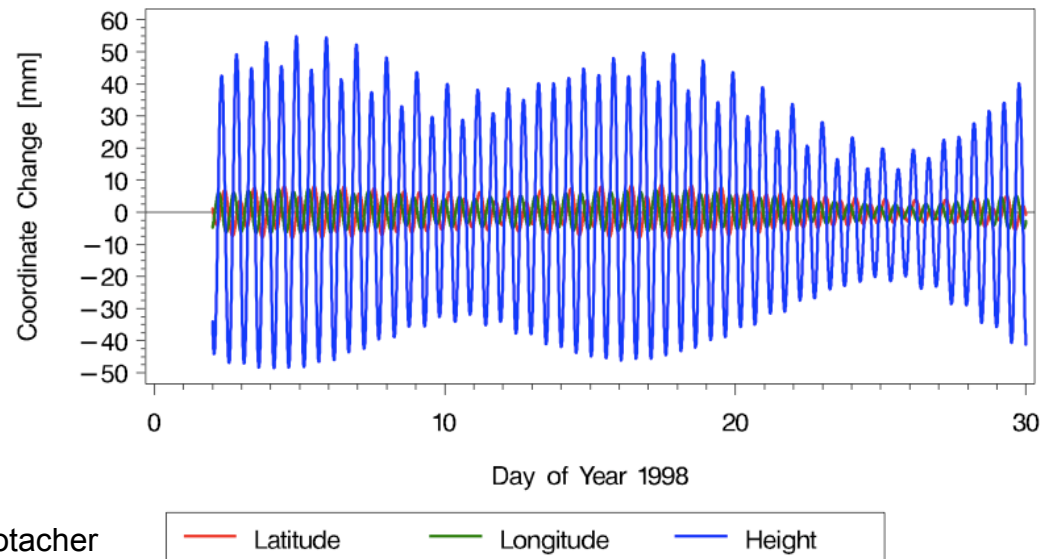


Fig. M. Rotacher

# Corrections géophysiques

- Surcharge atmosphérique:
  - Déformation élastique de la Terre causée par le poids de l'atmosphère
  - Jusqu'à 2 cm (vertical)
  - Dépend de la pression locale (-0.35 mm/mbar) et de la pression moyenne dans une région de 2000 km (-0.55 mm/mbar)
- Surcharge hydrologique:
  - Déformation élastique de la Terre causée par le poids de l'eau dans le sol
  - Jusqu'à 3 cm (vertical)

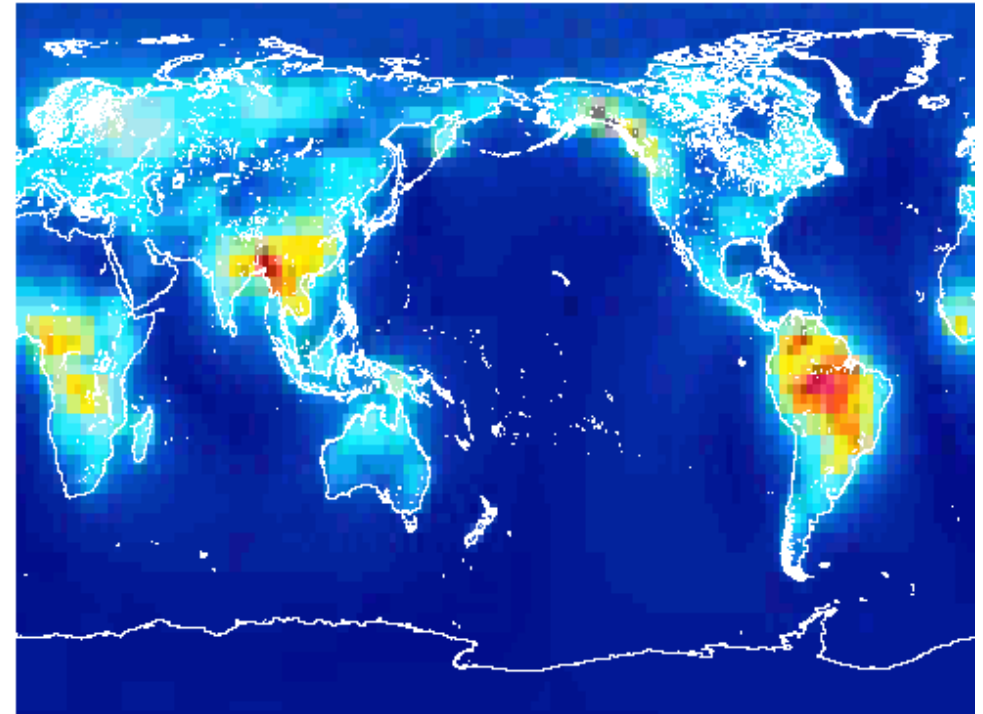


Fig. T. vanDam

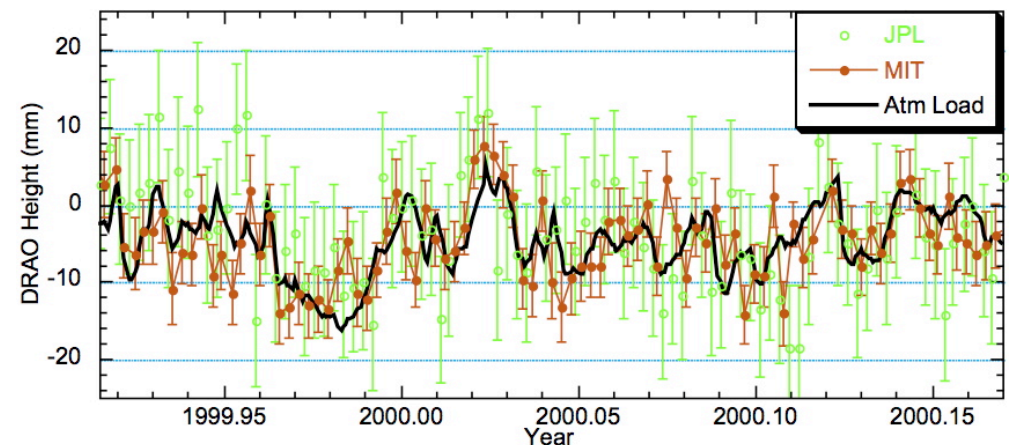
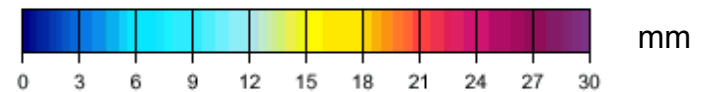
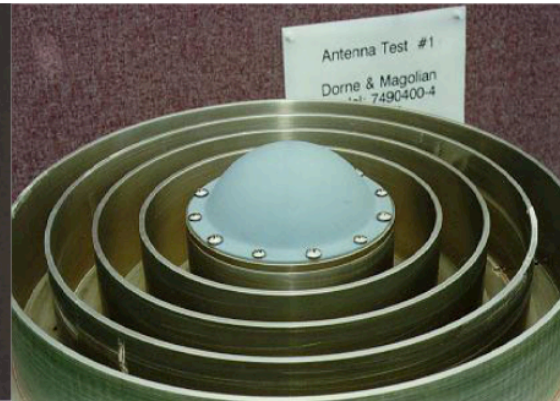


Fig. T. Herring

# Centre de phase des antennes



**Ashtech 700936 mit Radom**



**Dorne Margolin T (JPL)**



**Leica SR399**

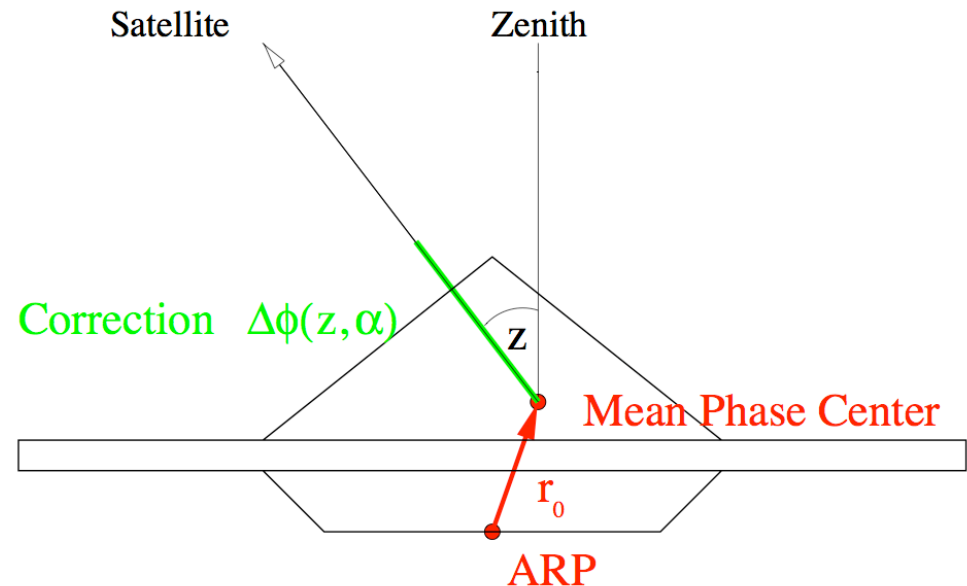


**Trimble 22020 (Compact L1/L2)**

Les antennes GPS sont très diverses en forme, radome, etc.

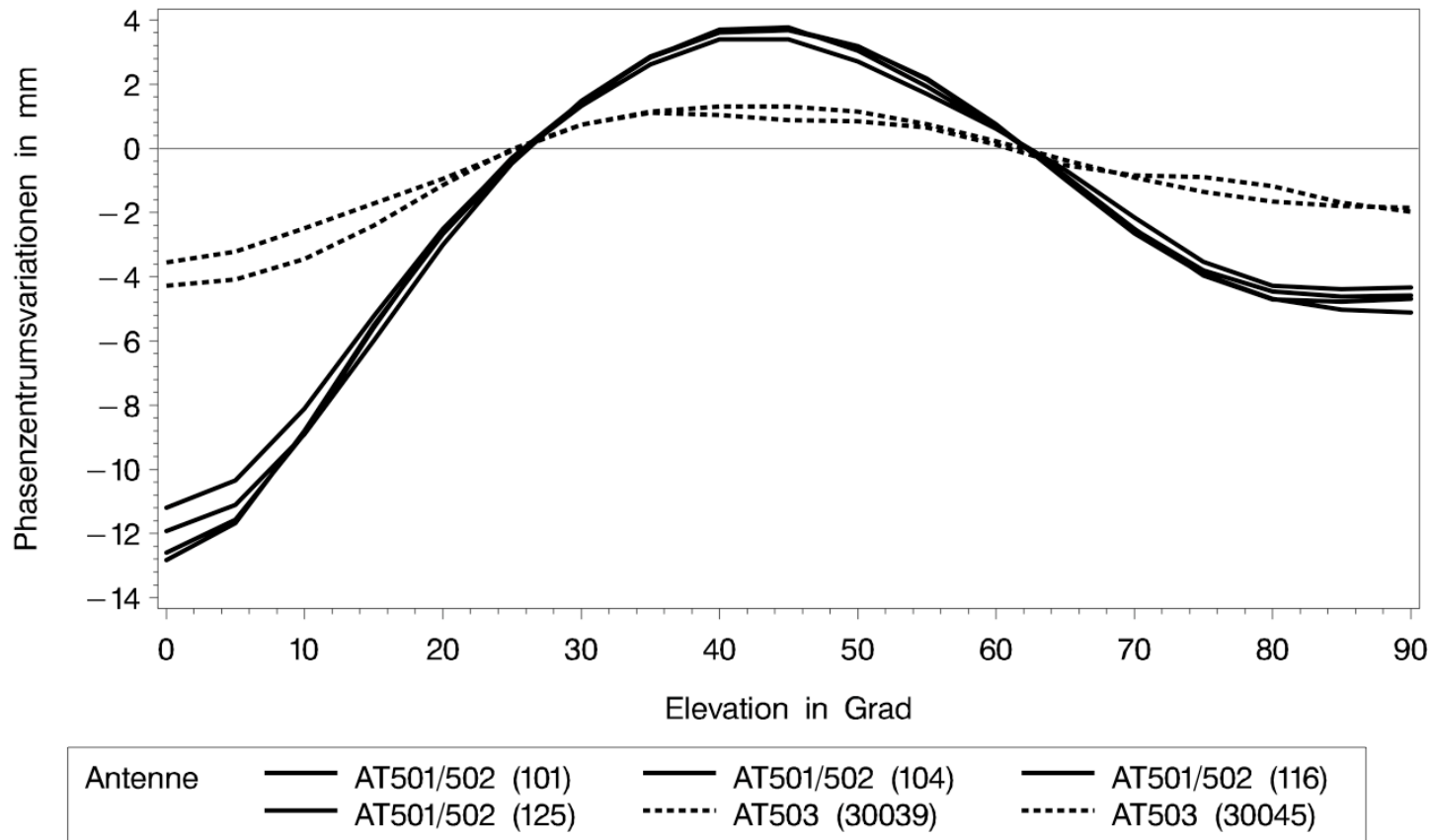
# Centre de phase des antennes

- Centre de phase:
  - Lieu de mesure du signal incident
  - Ne coïncide pas avec le centre géométrique de l'antenne
  - Varie avec la direction et l'élévation du signal incident
- Pas d'accès direct au centre de phase:
  - L'antenne est mise en station par rapport au point de référence = ARP.
  - Il faut corriger du décalage entre le centre de phase et l'ARP (1-2 cm).
- Corrections tiennent compte de:
  - Un décalage moyen
  - Des variations fonctions de la direction et élévation du signal incident
- Ces corrections sont fournies par l'IGS après calibration des antennes.



[ftp://igs.cb.jpl.nasa.gov/igs/scb/station/general/igs\\_01.pcv](ftp://igs.cb.jpl.nasa.gov/igs/scb/station/general/igs_01.pcv)

# Centre de phase des antennes



Effet de l'élévation du signal incident sur la position du centre de phase d'antennes GPS Leica

(from Rotacher)

# Relativité

- Deux effets:
  - Pesanteur plus faible en altitude => horloges sont plus rapides, ~38.3 msec/jour (=11.5 km/jour)
  - Vitesse des horloges plus faible en mouvement qu'au repos
- La différence relative de fréquence entre le satellite et le récepteur au sol est donnée par (orbite circulaire et Terre sphérique):

$$\frac{\Delta f}{f_o} = \frac{f - f_o}{f_o} = \frac{v^2}{2c^2} + \frac{\Delta U}{c^2} = \frac{v^2}{2c^2} + \frac{GM_E}{c^2} \left( \frac{1}{r^s} - \frac{1}{r_r} \right) \approx -4.464 \times 10^{-10}$$

$f_o$  = fréquence reçue au récepteur,  $f$  = fréquence émise par le satellite,  $v$  = vitesse linéaire du satellite (~4 km/s),  $\Delta U$  = différence de potentiel de gravité

- Solution: la fréquence d'horloge satellite est ralentie avant lancement de  $\Delta f = 4.464 \times 10^{-10} f_o = 4.57 \times 10^{-3}$  Hz (10.22999999543 MHz) de façon à être à sa fréquence nominale une fois en orbite

# Relativité

- Seconde correction pour tenir compte de la non circularité de l'orbite GPS (faible excentricité) et donc des variations de vitesse du satellite sur son orbite:

$$\delta\rho_{rel,1} = \frac{2}{c} \sqrt{GM_E} a e \sin E = \frac{2r^s \dot{r}^s}{c^2}$$

e= excentricité, a = semi grand axe, E = anomalie d'excentricité

- Variations périodiques pouvant atteindre 10 m
- Troisième correction pour tenir compte du ralentissement du signal lors de sa traversée du champ de pesanteur terrestre:

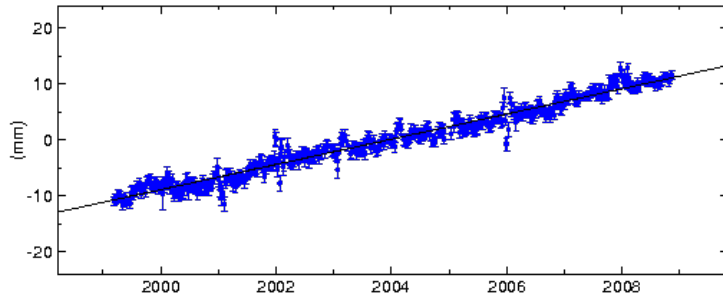
$$\delta\rho_{rel,2} = \frac{2GM_E}{c^2} \ln\left(\frac{r^s + r_r + \rho_r^s}{r^s + r_r - \rho_r^s}\right)$$

- Effet peut atteindre ~2 cm.
- Lors de l'estimation d'une position on corrige donc la mesure de pseudodistance de:

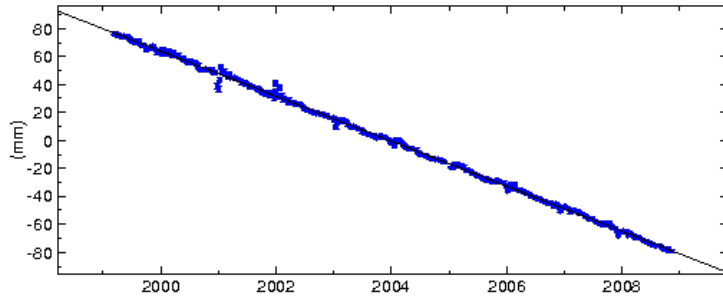
$$\delta\rho_{rel} = \delta\rho_{rel,1} + \delta\rho_{rel,2}$$

# Series temporelles de positions

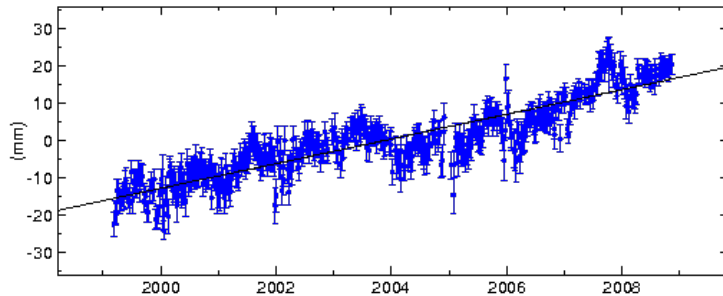
ALGO North Offset 5115776.281 m  
rate(mm/yr)=  $2.26 \pm 0.01$  nrms= 1.20 wrms= 1.1 mm #471



ALGO East Offset 21818305.279 m  
rate(mm/yr)=  $-16.10 \pm 0.01$  nrms= 1.30 wrms= 1.2 mm #471

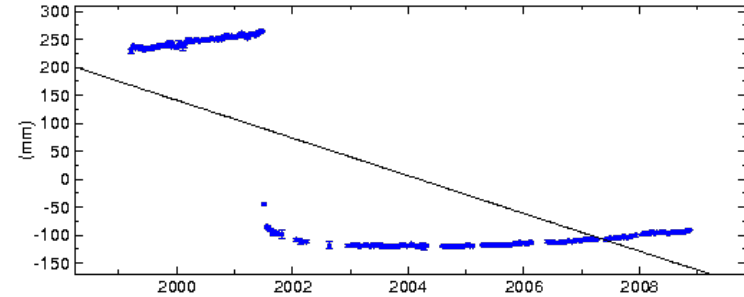


ALGO Up Offset 200.885 m  
rate(mm/yr)=  $3.31 \pm 0.05$  nrms= 1.29 wrms= 4.2 mm #471

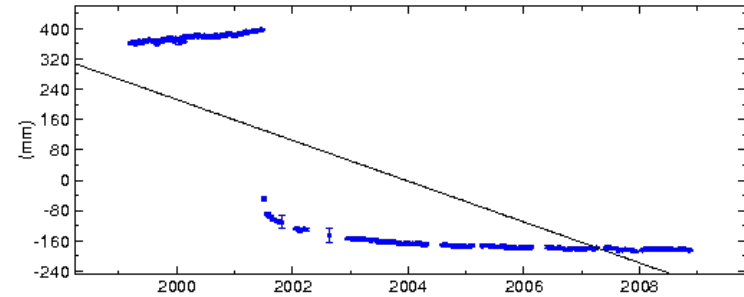


GMT 2008 Dec 3 11:19:44 p: 9

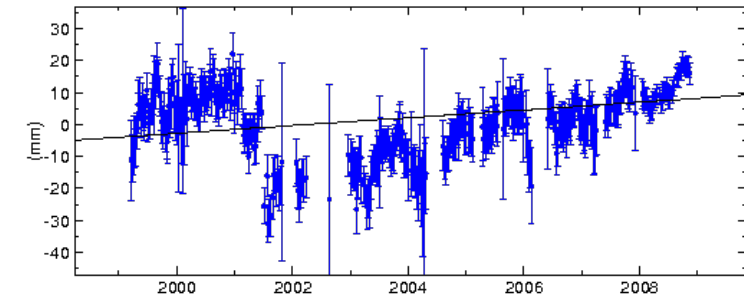
AREQ North Offset -1832932.620 m  
rate(mm/yr)=  $-33.73 \pm 0.02$  nrms= 60.93 wrms= 87.2 mm #378



AREQ East Offset 30799611.481 m  
rate(mm/yr)=  $-53.82 \pm 0.03$  nrms= 72.47 wrms= 117.5 mm #378



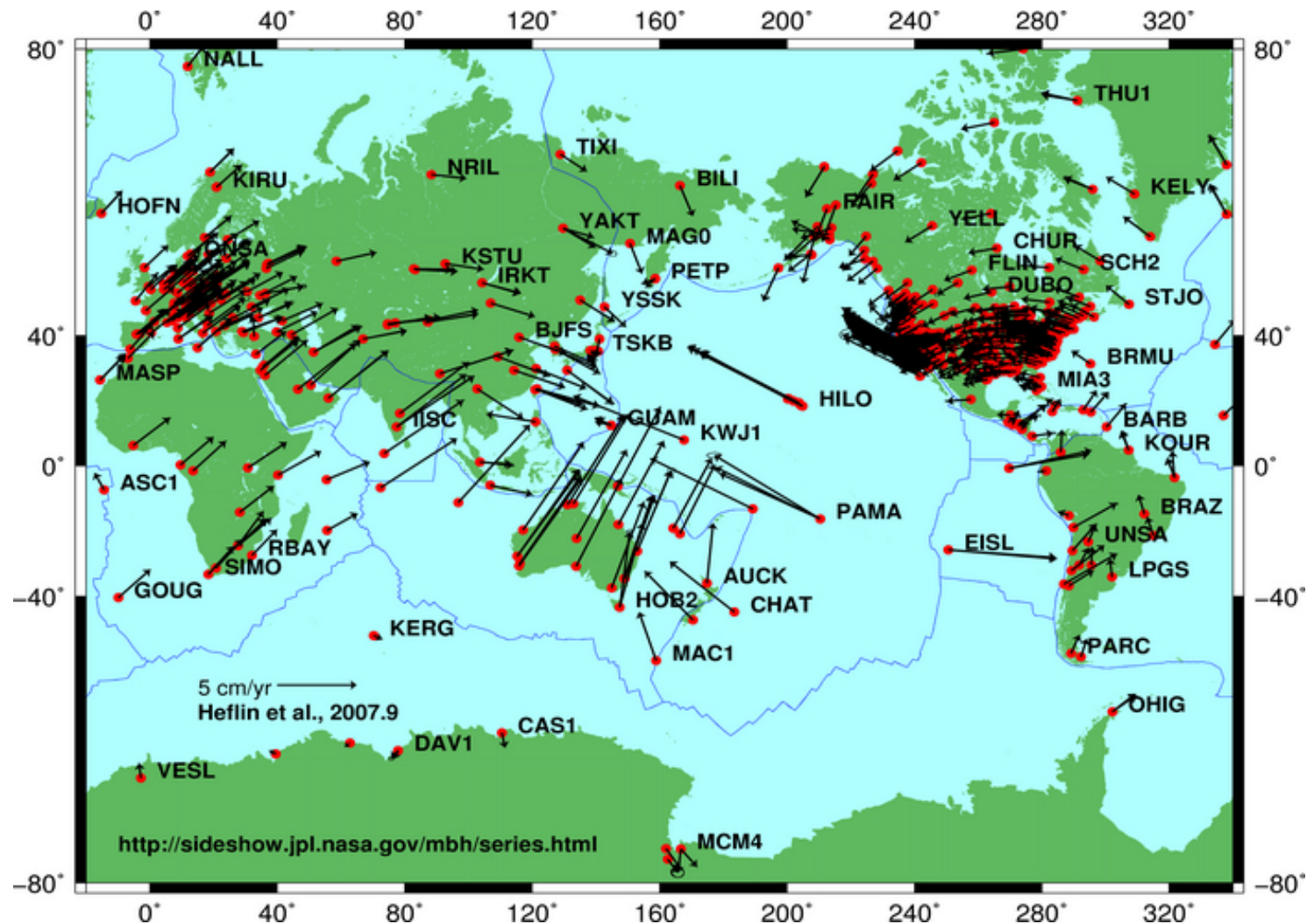
AREQ Up Offset 2488.908 m  
rate(mm/yr)=  $1.22 \pm 0.08$  nrms= 1.78 wrms= 9.3 mm #378



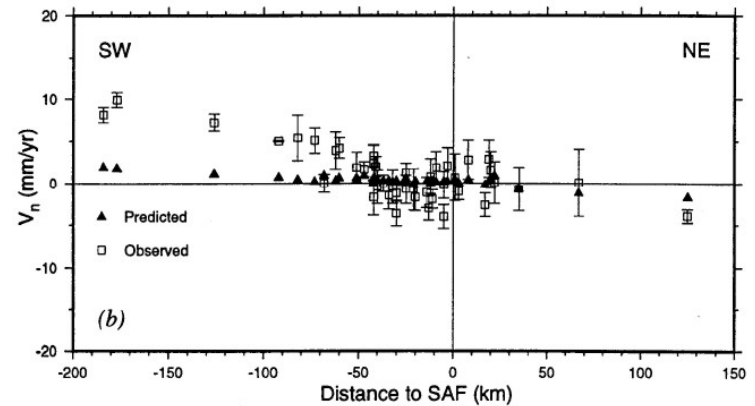
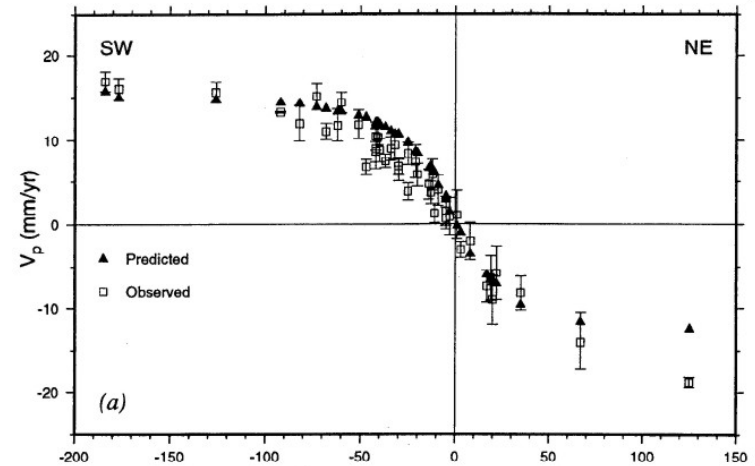
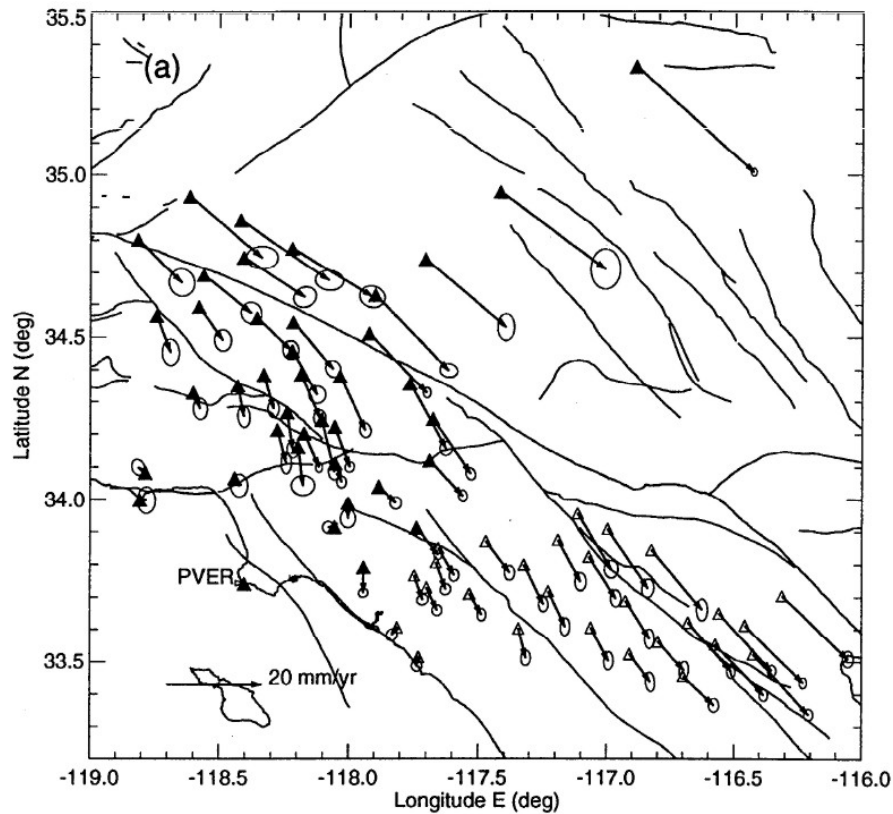
GMT 2008 Dec 3 11:19:48 p: 19



# Cinématique des plaques



# Accumulation de déformation élastique sur les failles actives



Shen et al., JGR, 1996: GPS network in southern California, 6 years of campaign measurements combined with 20 years of triangulation and trilateration