

Analyse des données GPS du glacier d'Argentière:



Introduction:

- **Le glacier:** Indicateur du climat.
- **EFIDIR: 6 laboratoires**



But:

- Transformation des données d'imagerie radar en mesures de déplacement

Contribution:

- Séries temporelles de **positionnement GPS**, déplacement du **corner** réflecteur radar.
- **Paramètres troposphériques:** validation de la correction atmosphérique en interférométrie radar.

Plan:

I) Mesures GPS

- Réseau
- Observables

II) Analyse des données

- Paramètres à estimer
- Organigramme de l'analyse

III) Résultats:

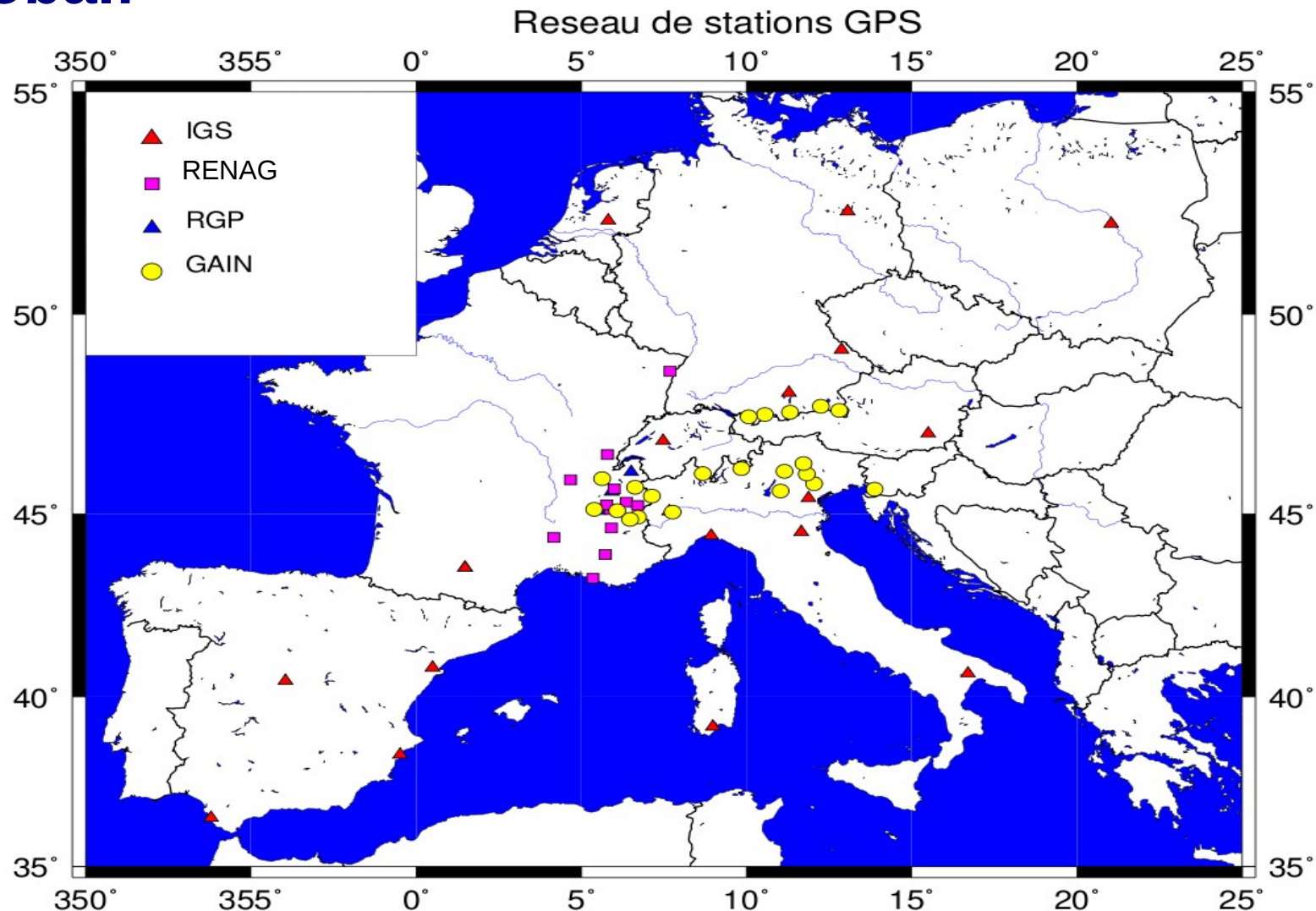
- Variation temporelle du déplacement
- Variation spatiale du déplacement
- Suivi des paramètres troposphériques
- Corrélation avec le modèle ERA40

I) Mesures GPS:

Le réseau global:

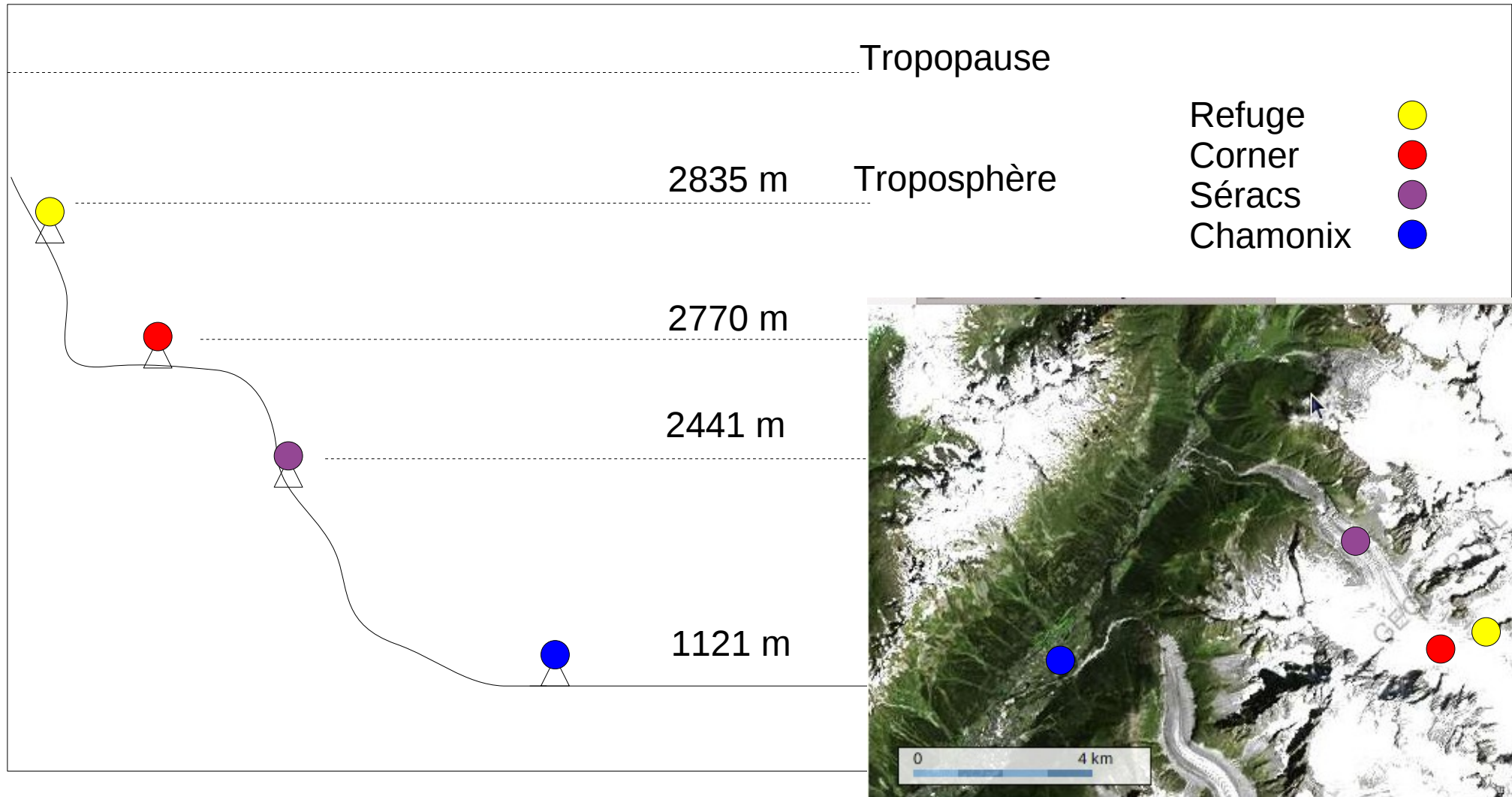
66 stations

21 stations IGS
21 stations GAIN
14 stations RENAG
6 stations RGP
4 stations locales



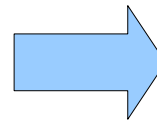
I) Mesures GPS:

Le réseau local:



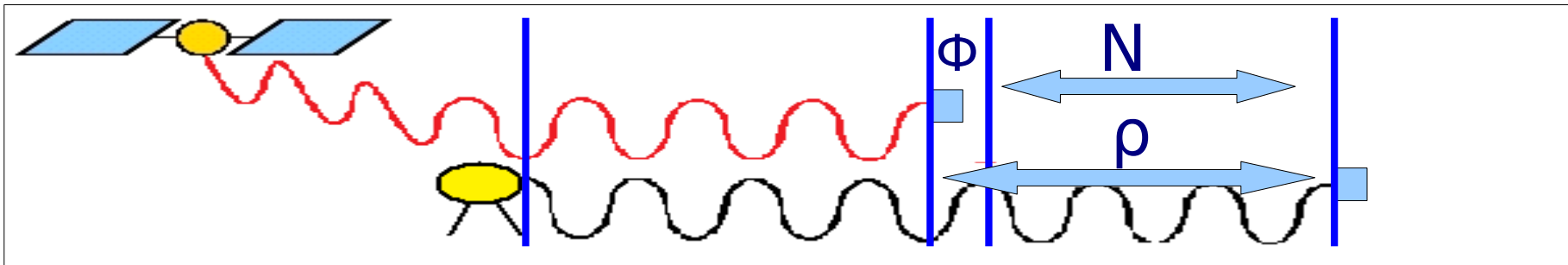
I) Mesures GPS:

Installation du matériel sur le glacier:



II) Analyse des données: Observables GPS:

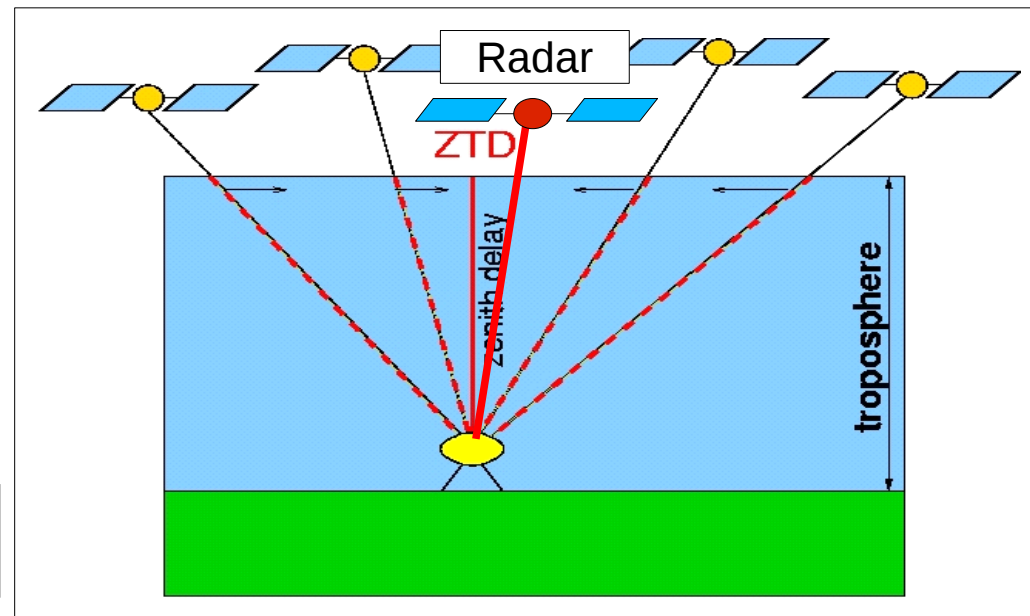
- Etude du déphasage Φ entre le satellite et la station \Rightarrow Distance satellite station ρ



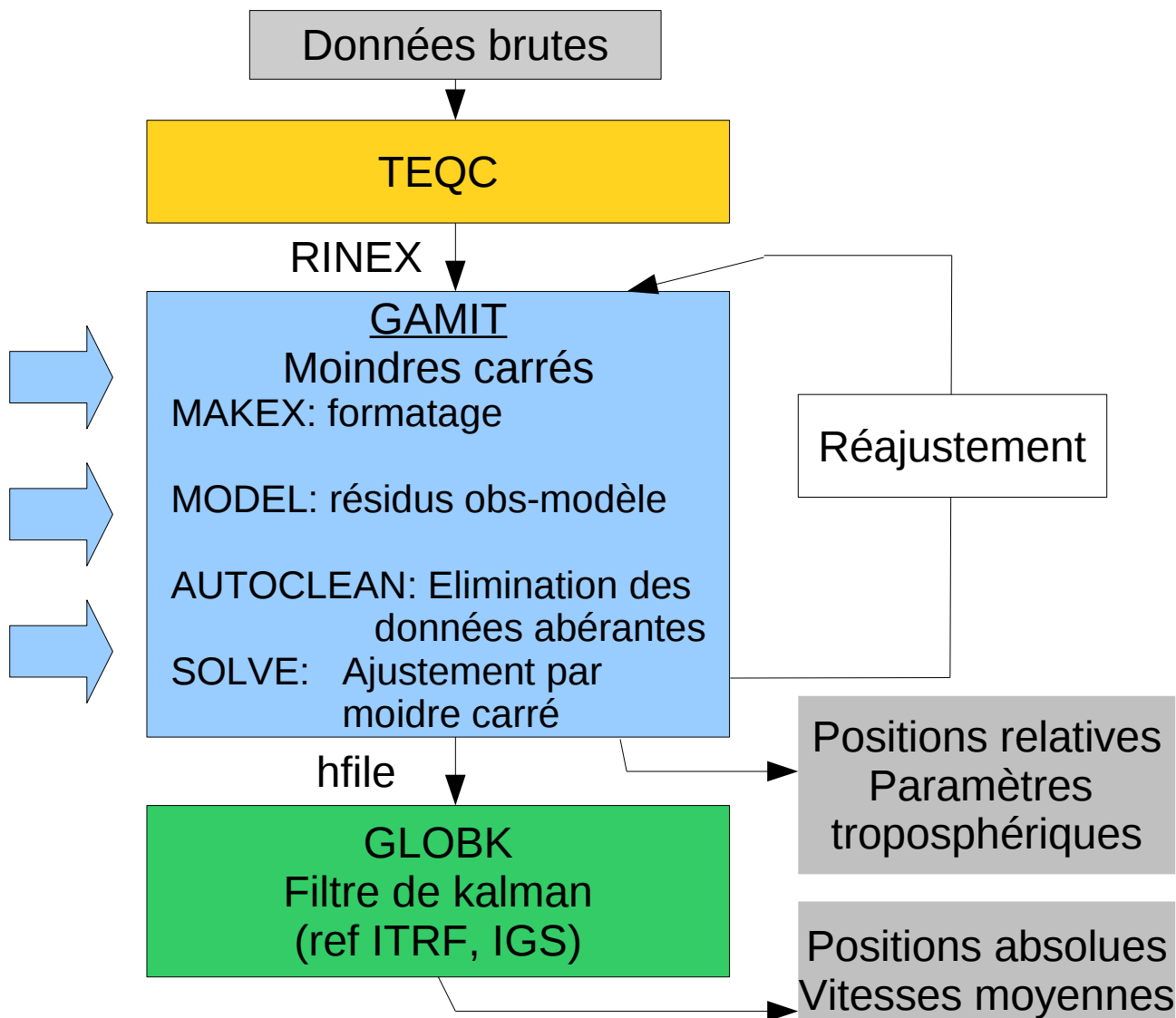
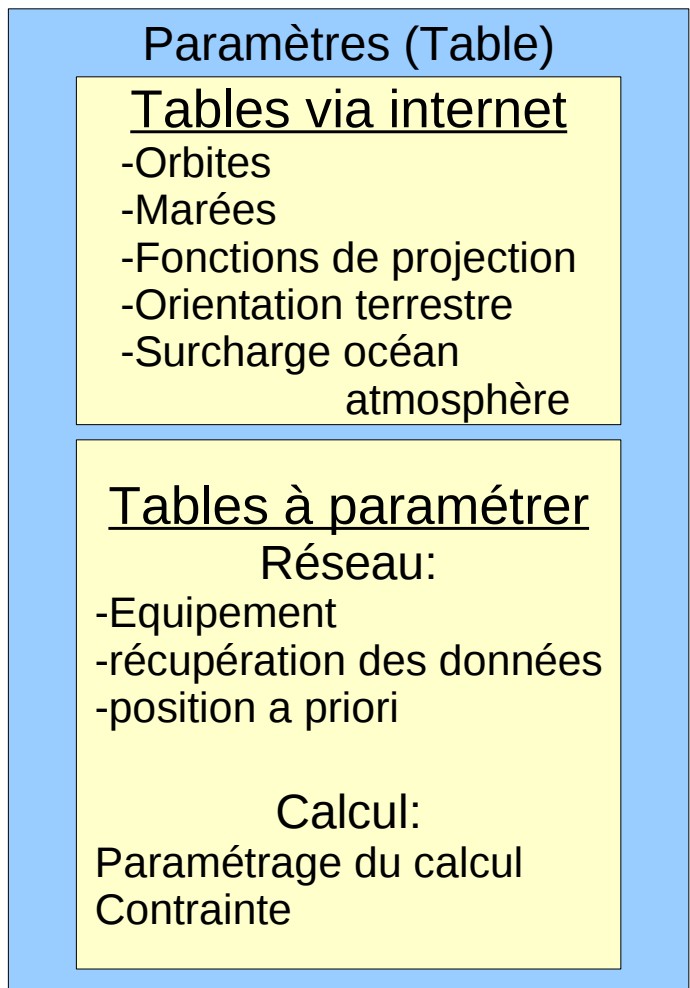
- **Plusieurs inconnus à estimer:**

- Le nombre entier de cycles: N
- Le délai zénithal Troposphérique: ZTD
Délai troposphérique moyen projeté
Au zénith

$$\Phi + N = \rho/\lambda + d(\text{tropo})/\lambda$$

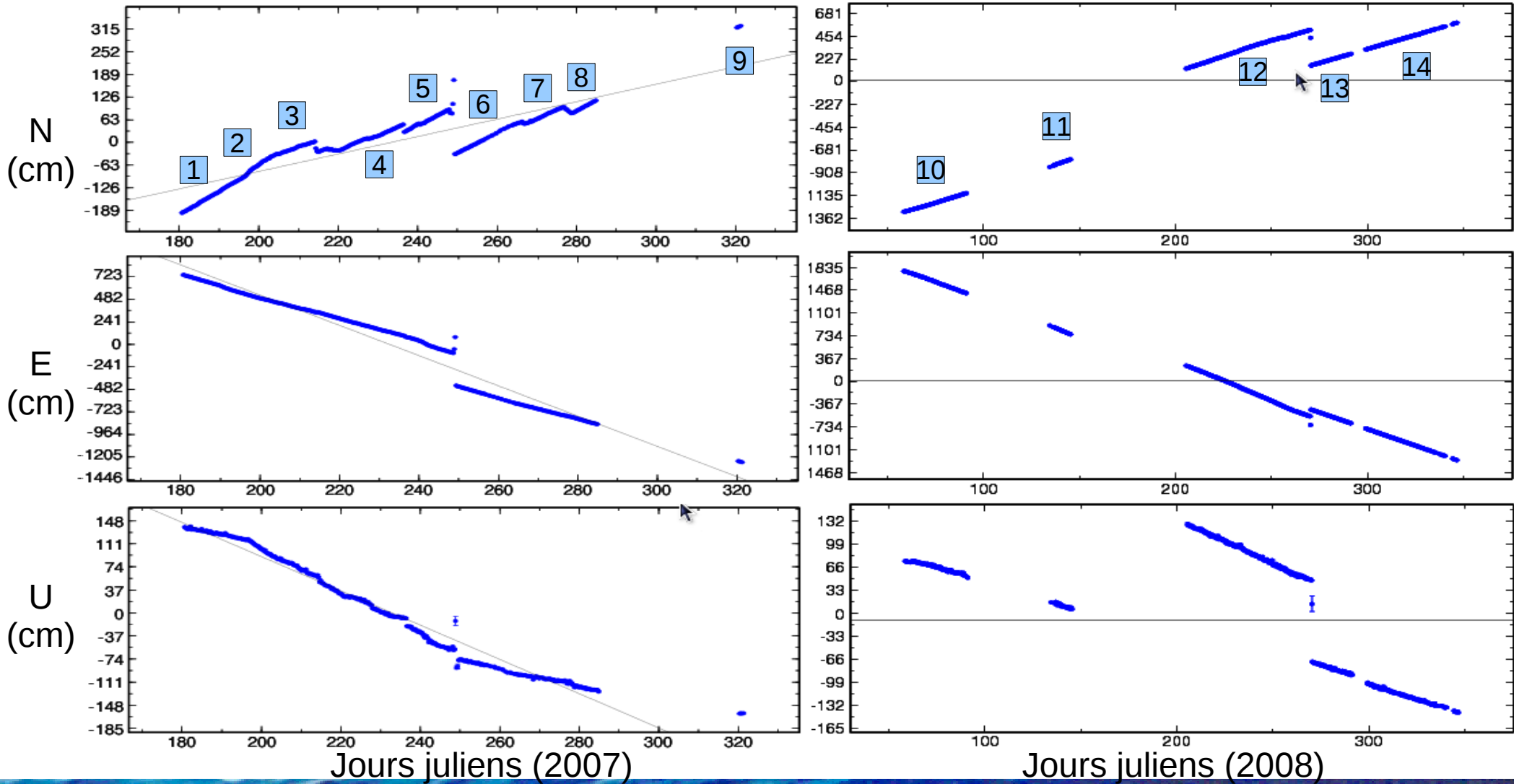


II) Analyse des données: Organigramme:



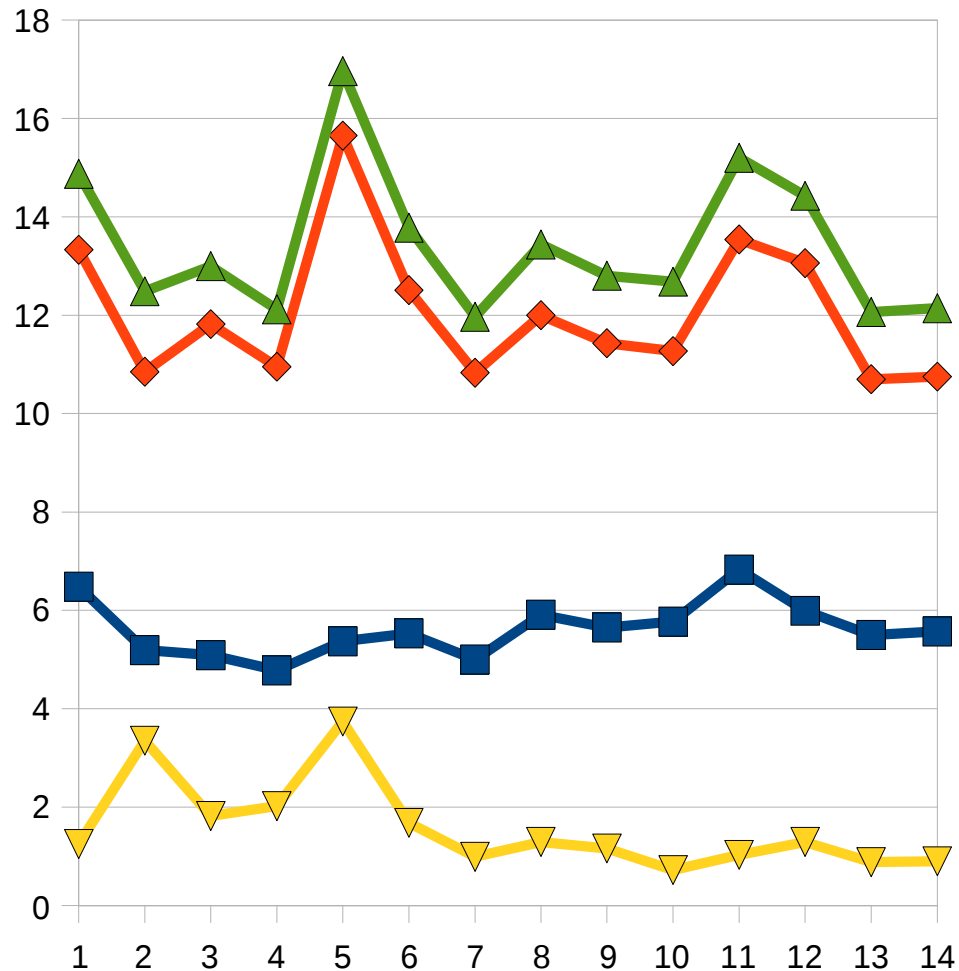
III) Résultats: Variation temporelle

Les séries temporelles de positions de 2007 et 2008



III) Résultats: Variation temporelle

Les vitesses moyennes de 2007 et 2008 (cm/j) :



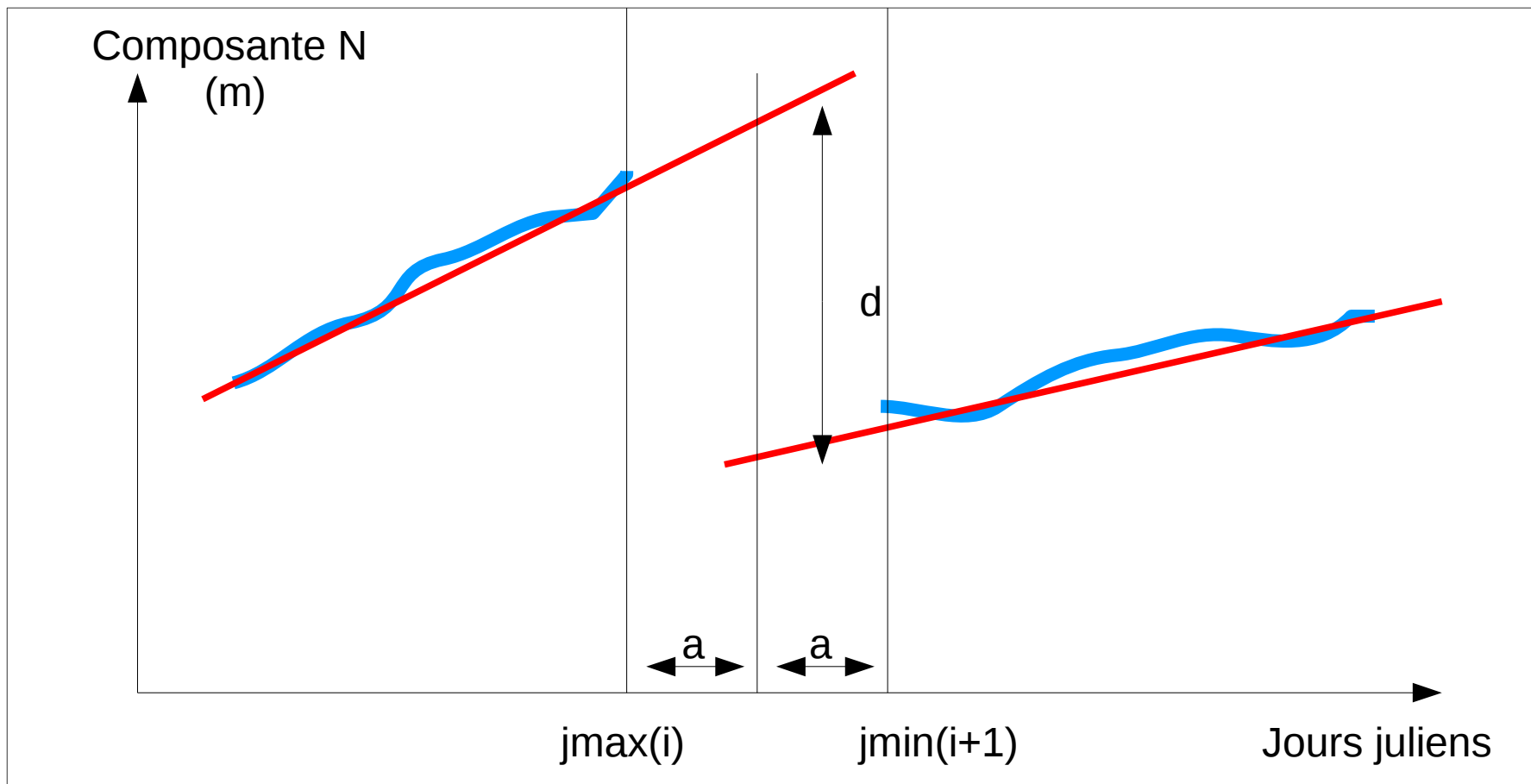
■ rate N cm/j
◆ rate E cm/j
▼ rate U cm/j
▲ rate tot cm/j

Années	N (cm/j)	E (cm/j)	U (cm/j)	tot (cm/j)
2007	5,52	12,46	1,95	13,77
2008	5,83	11,86	1,01	13,25
2007/08	5,74	12,05	1,31	13,41

Vitesse totale de 13,4cm/j

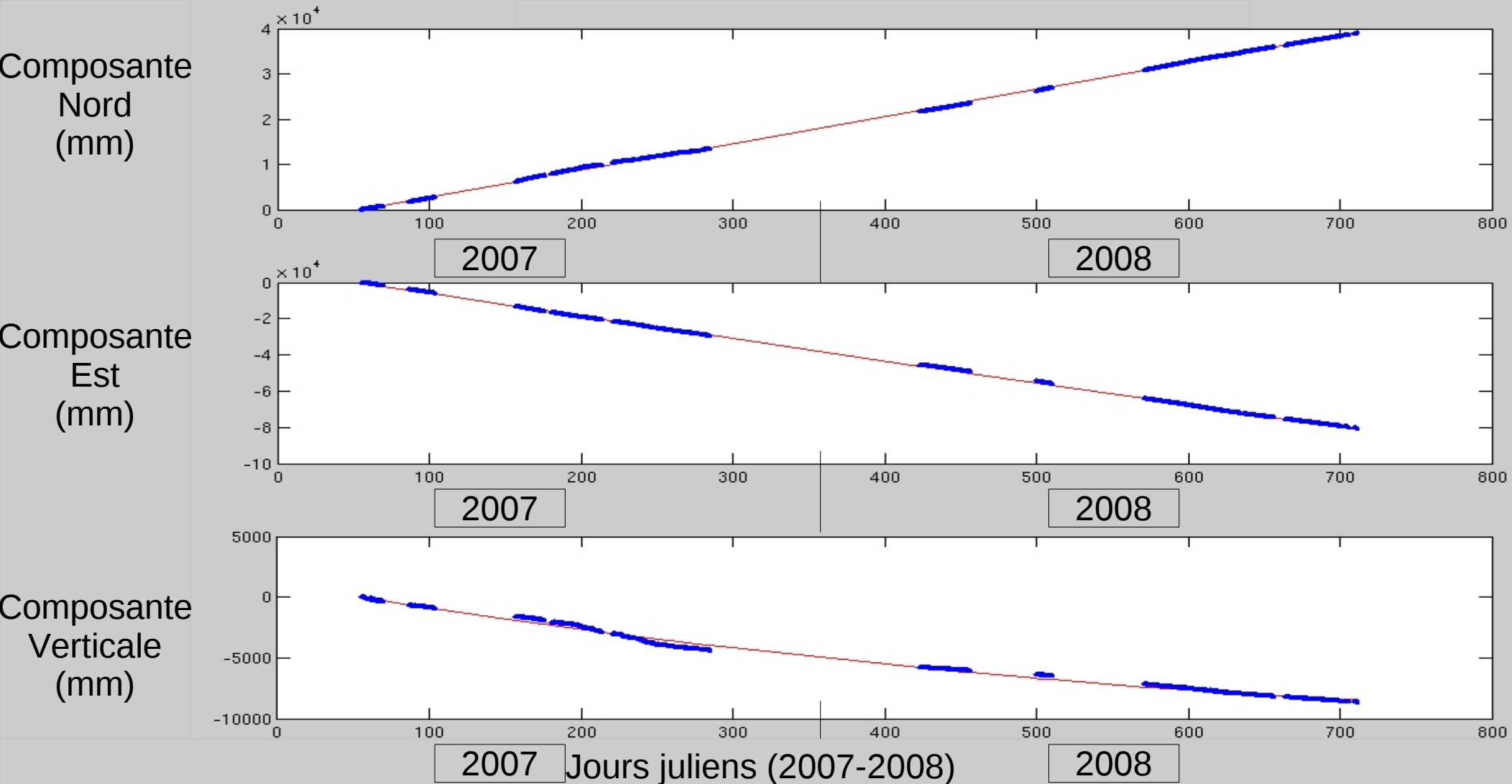
III) Résultats: Variation temporelle

Correction des sauts dus aux manipulations du point de mesure: (rotations du corner, manipulations du mat)



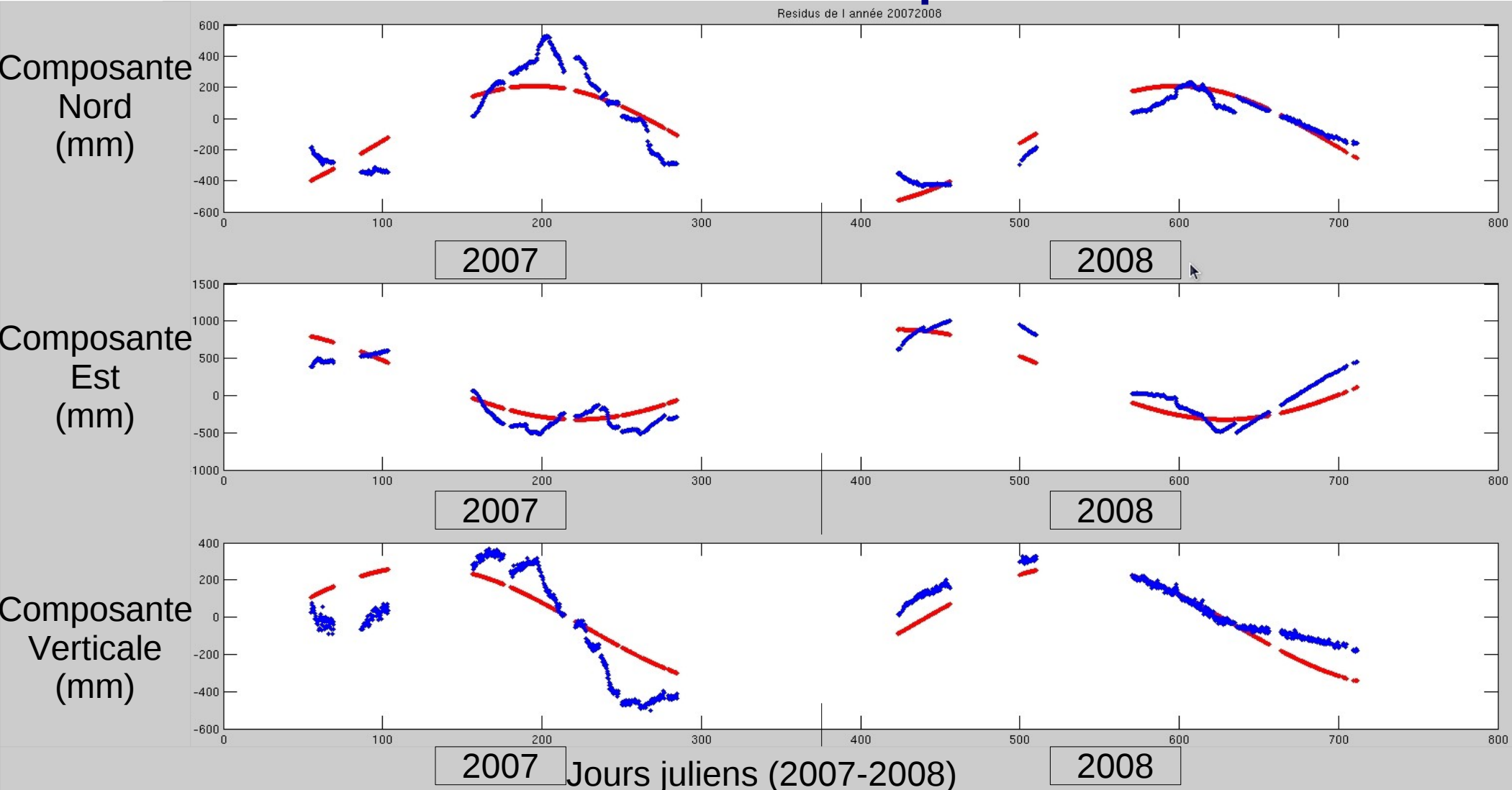
III) Résultats: Variation temporelle

Les variations temporelles du déplacement:



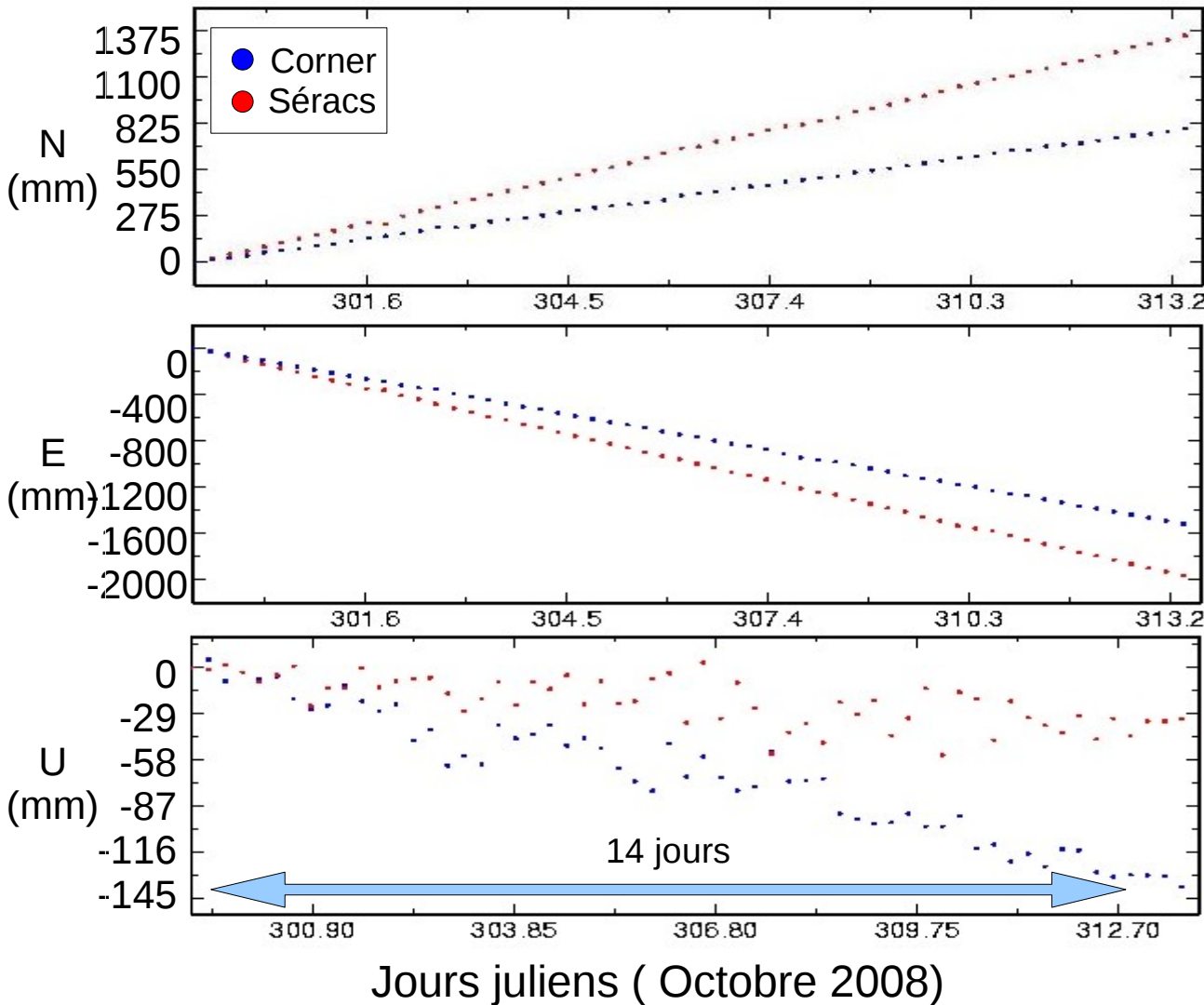
III) Résultats: Variation temporelle

Les variations saisonnières du déplacement: les résidus



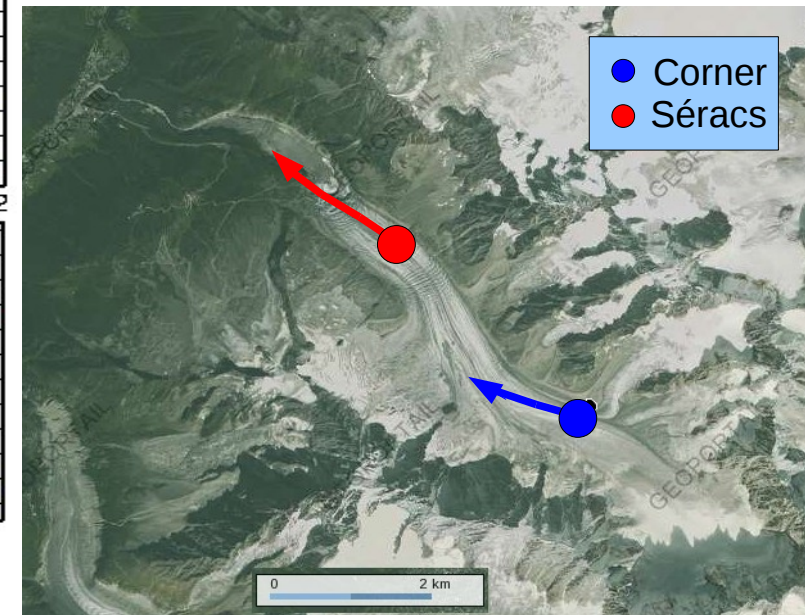
III) Résultats: Variation spatiale

Les variations spatiales du déplacement:



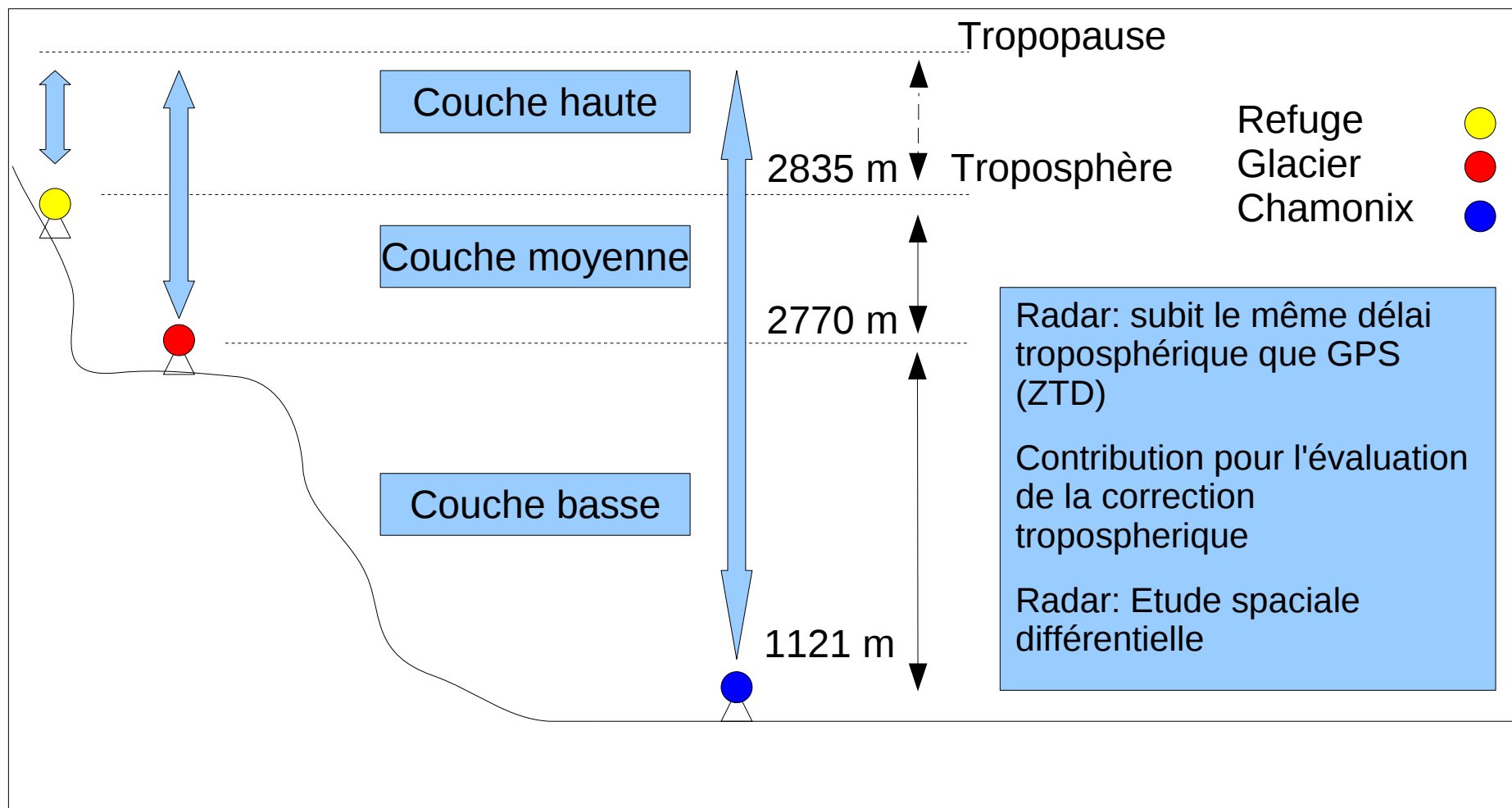
Vitesse Séracs = 16,76 cm/j
Vitesse Corner = 12,1 cm/j

Pente Sérac = 2%
Pente Corner = 10%



III) Résultats:

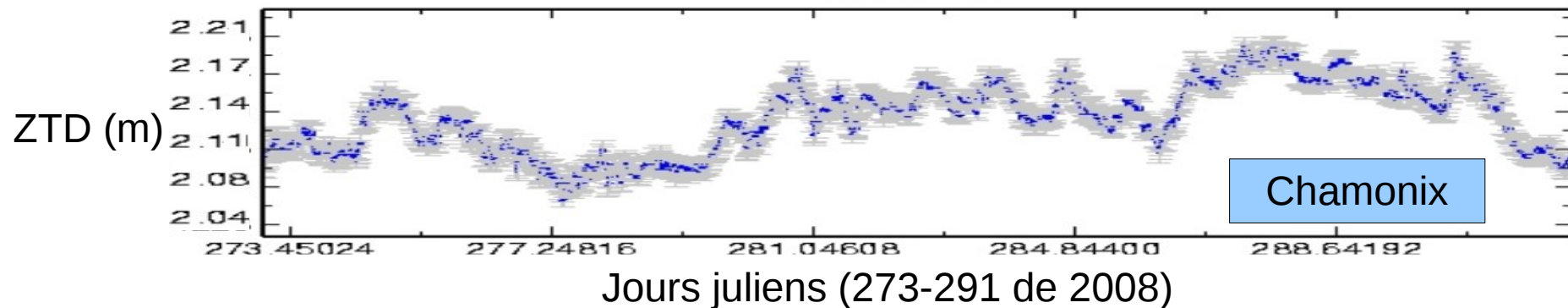
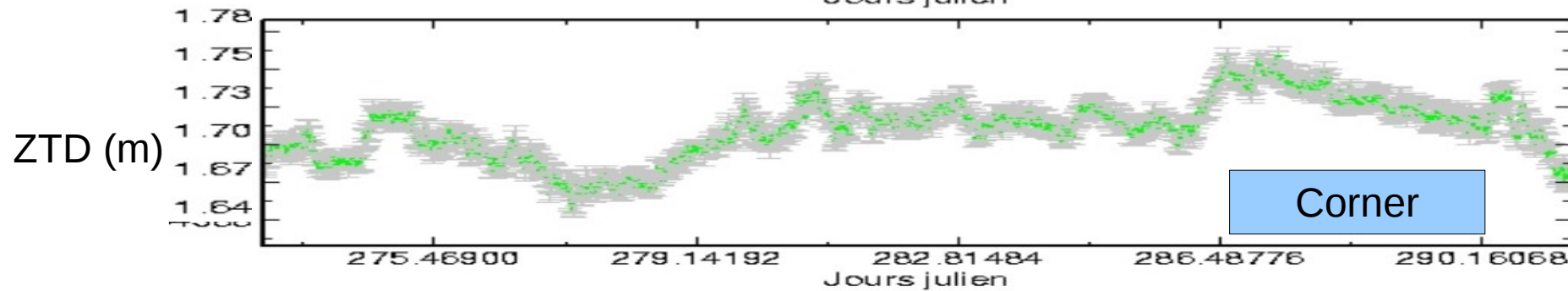
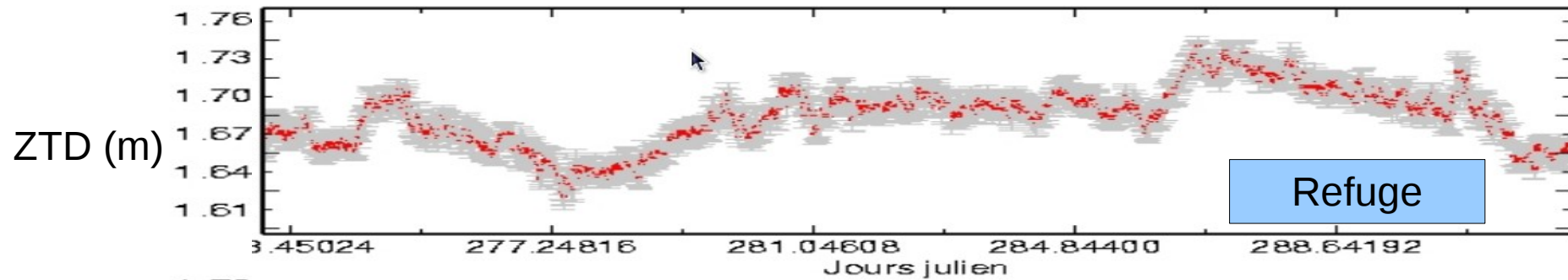
Le suivi des paramètres troposphériques: ZTD



III) Résultats:

ZTD à l'aplomb des 3 stations:

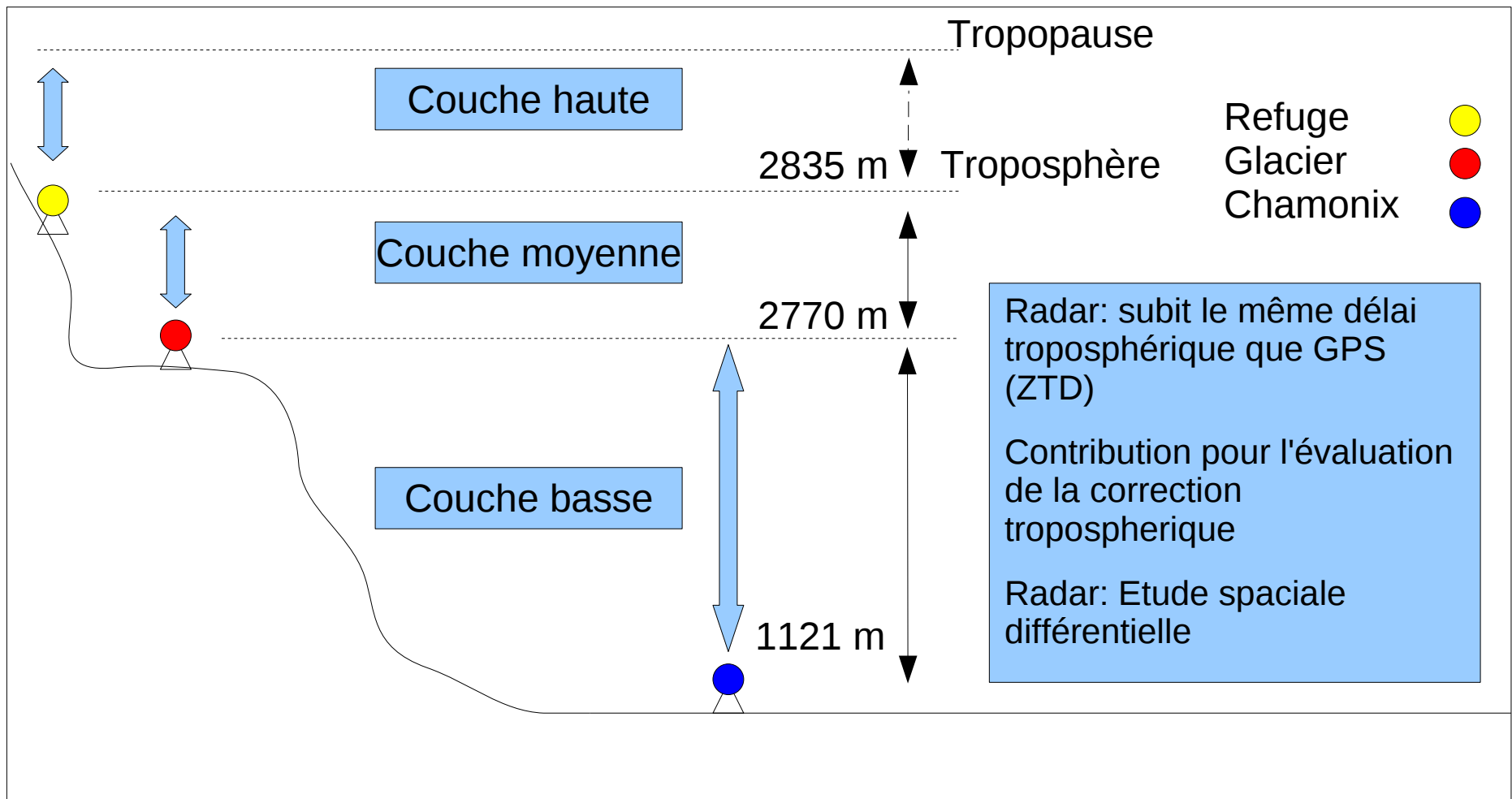
ZTD_de_argr,_argg_et_chmx



Jours juliens (273-291 de 2008)

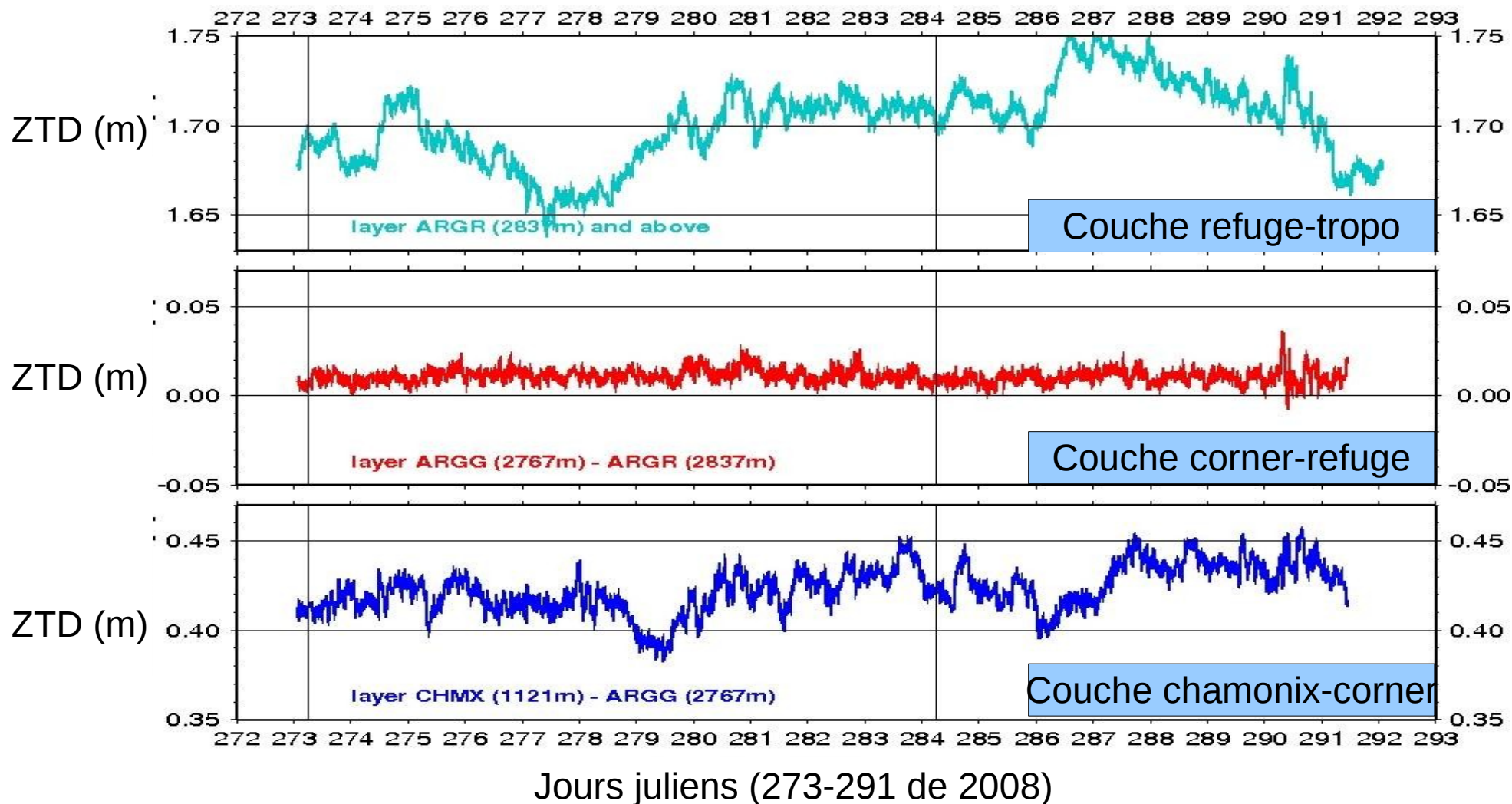
III) Résultats:

ZTD différentiels:



III) Résultats:

ZTD différentiels:

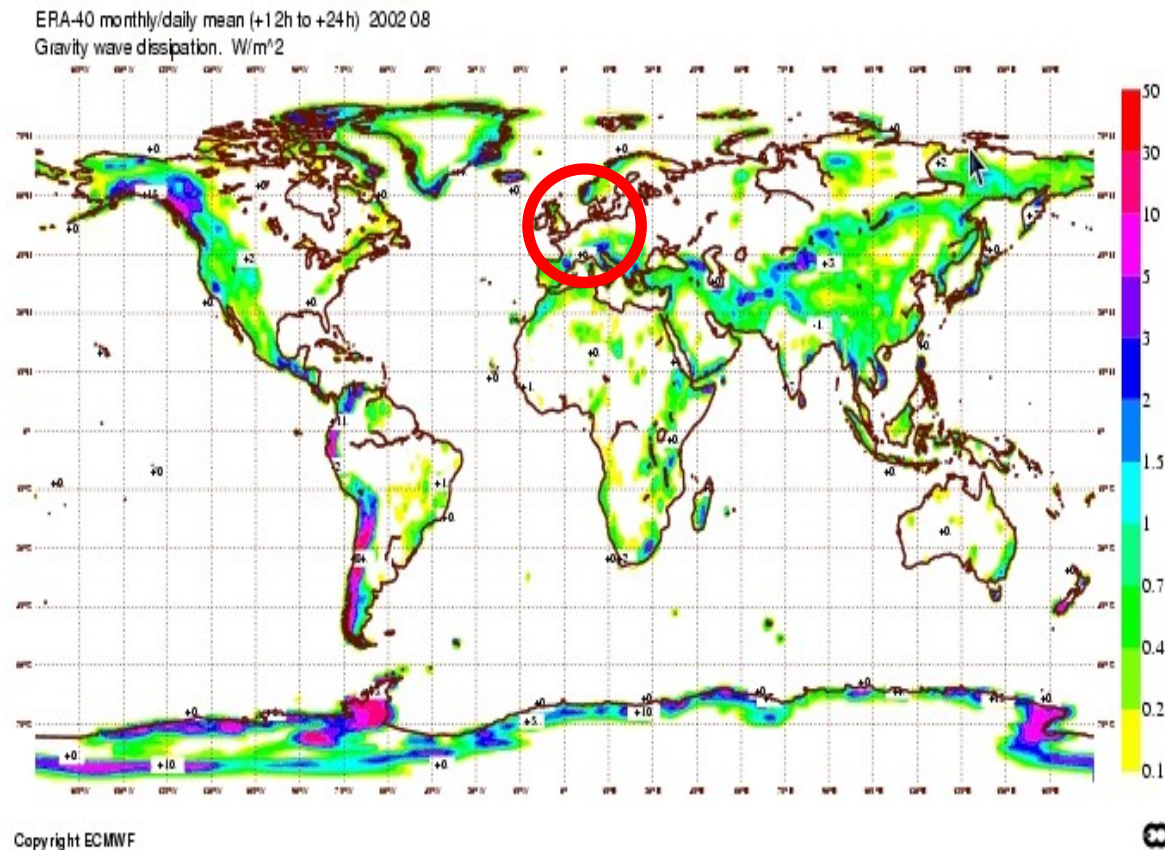
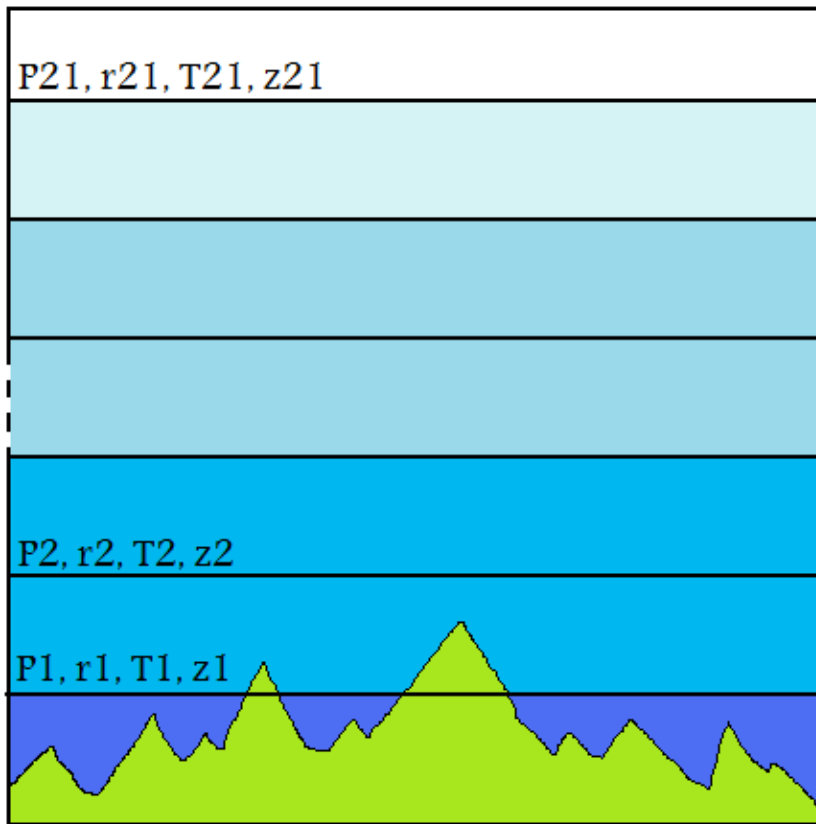


III) Résultats:

Détermination des ZTD avec le modèle ERA40:

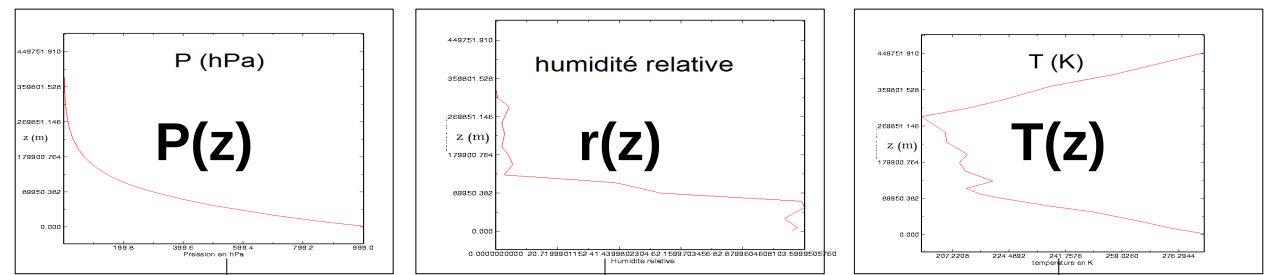
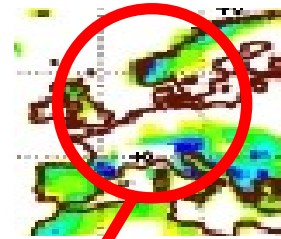
21 niveaux de pression

Maillage terrestre

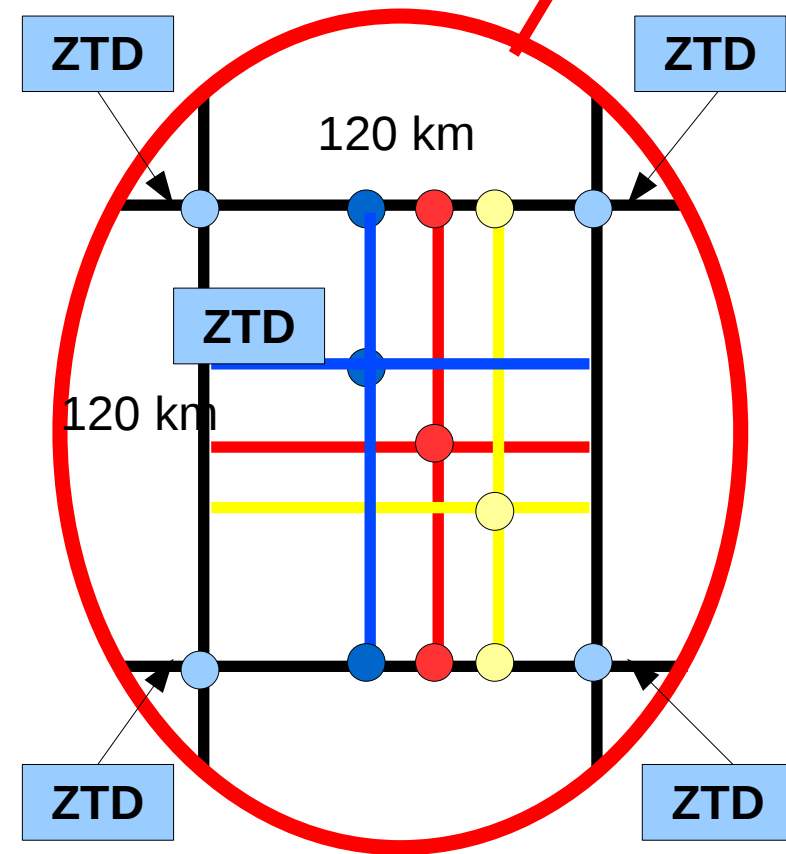
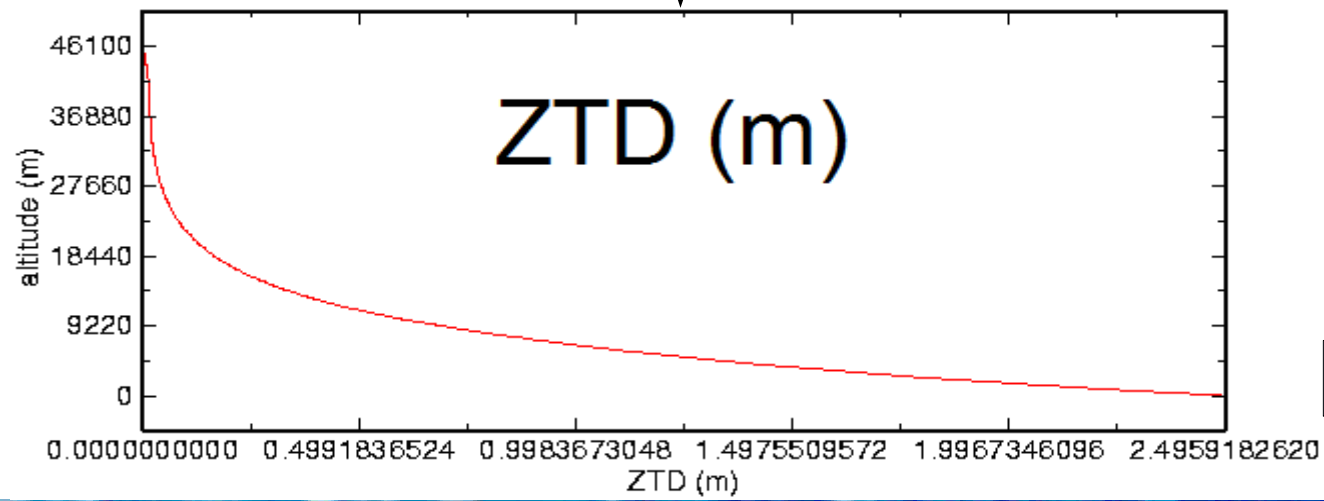


III) Résultats:

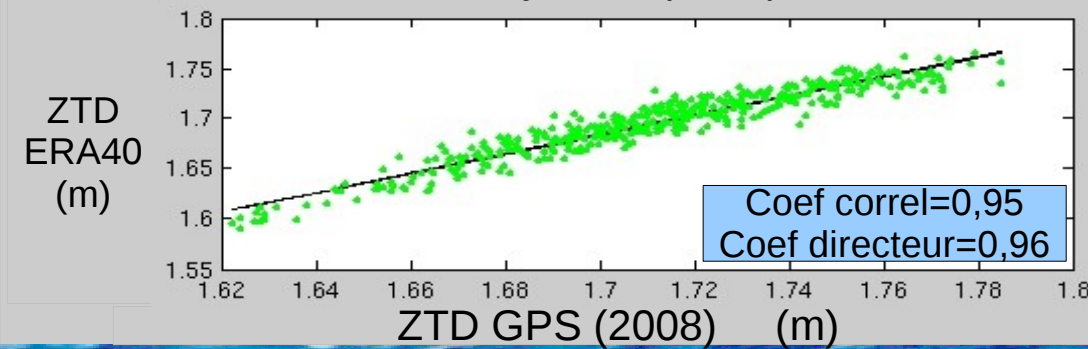
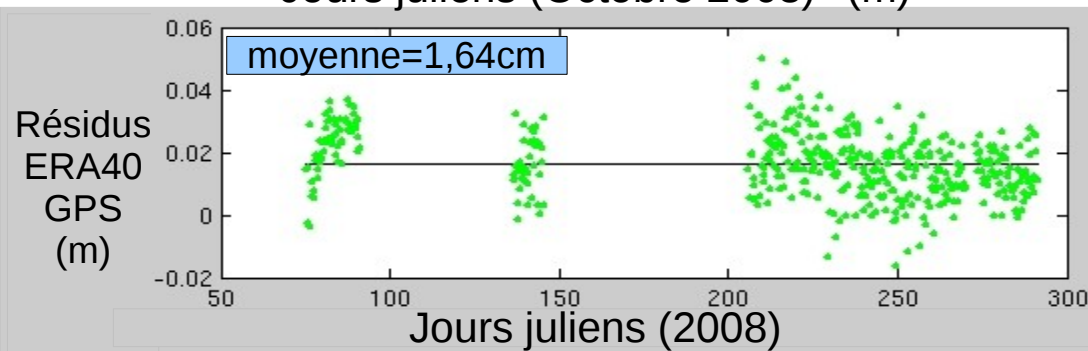
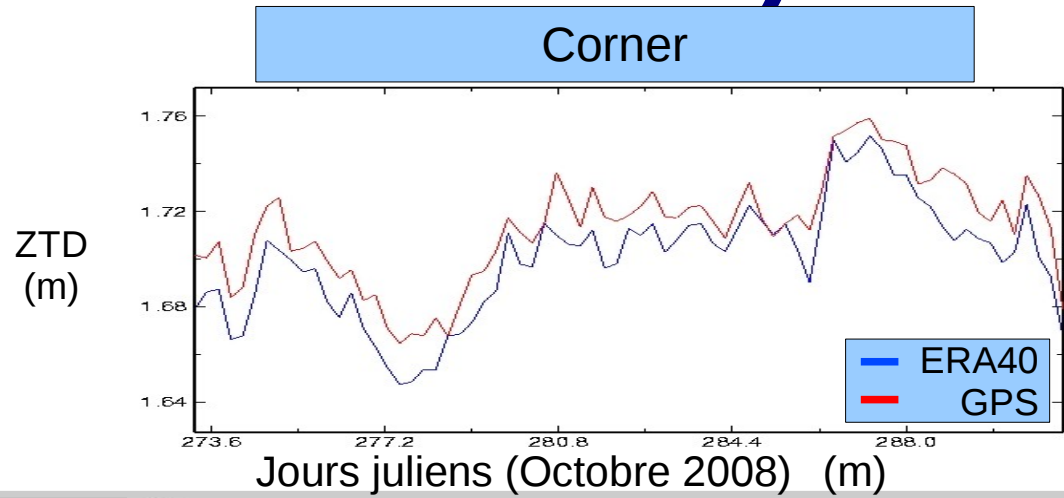
Détermination des ZTD avec le modèle ERA40:



ZTD(z,P,r,T) Integration

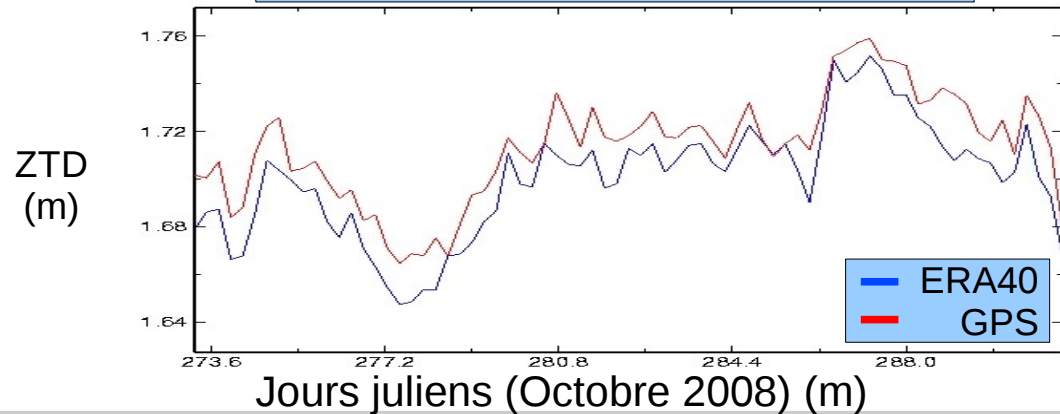


III) Résultats:

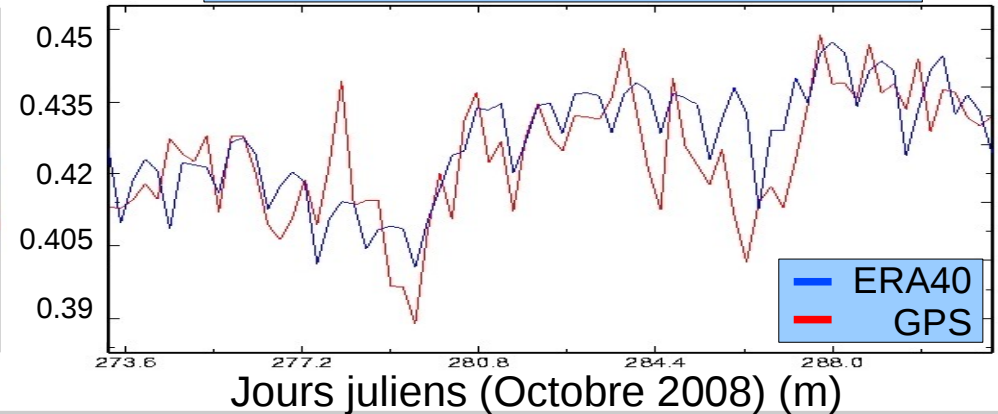


III) Résultats:

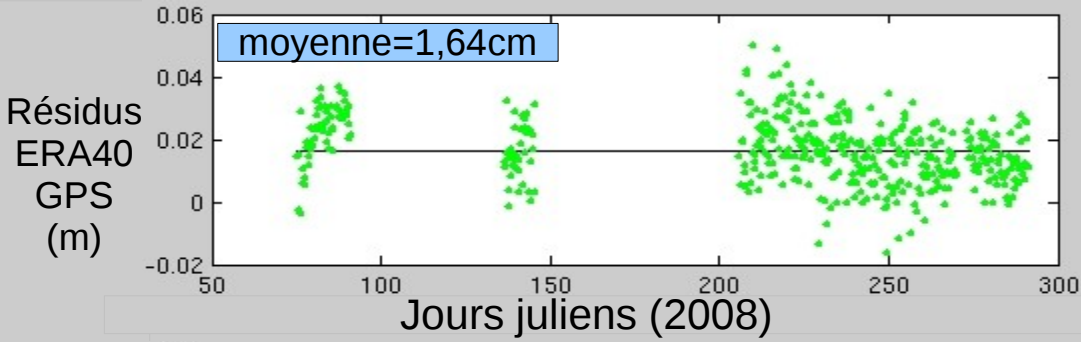
Corner



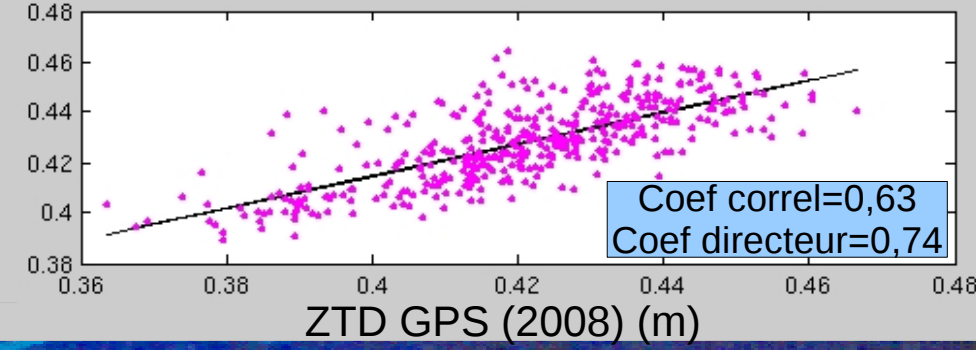
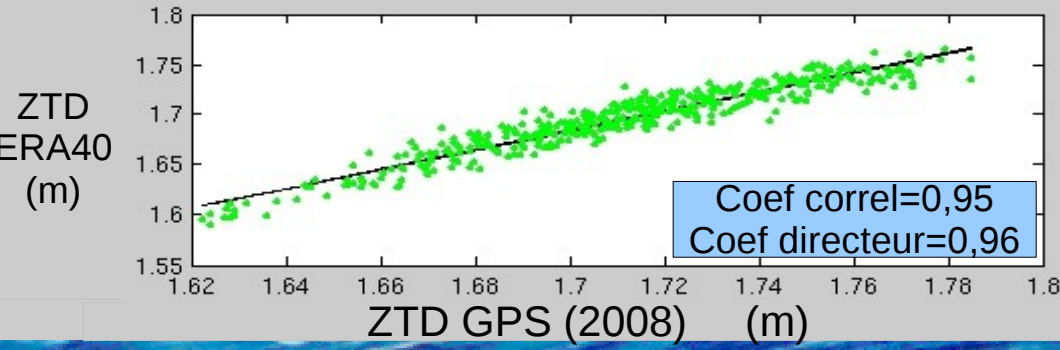
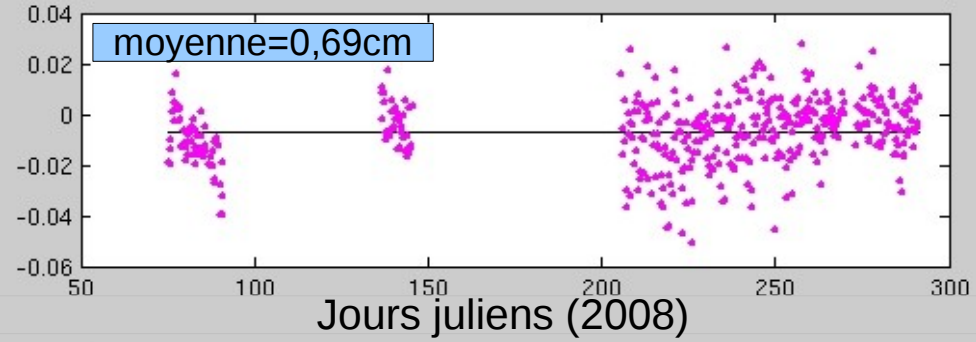
Couche Chamonix-corner



moyenne=1,64cm



moyenne=0,69cm



Conclusion:

Sites contraignants mais riches en information

- difficultés d'accès et du maintien du matériel
- Complémentarité par rapport aux mesures radar
 - continuité temporelle de la mesure
 - capacité d'estimation du délai troposphérique

Resultats majeurs

- variabilité inter-annuelle de glissement
- variabilité spatiale du glissement
- suivi précis du délai troposphérique dans un contexte où les modèles météorologiques manquent de résolution

Contributions interdisciplinaires

- méthodologie imagerie radar:
 - suivi des positions *in situ* du corner réflecteur
 - calibration et validation de la correction troposphérique
- glaciologie: dynamique du glacier
- atmosphère: mesure locale de la vapeur d'eau

Merci:



Vincent et al, 2009 :

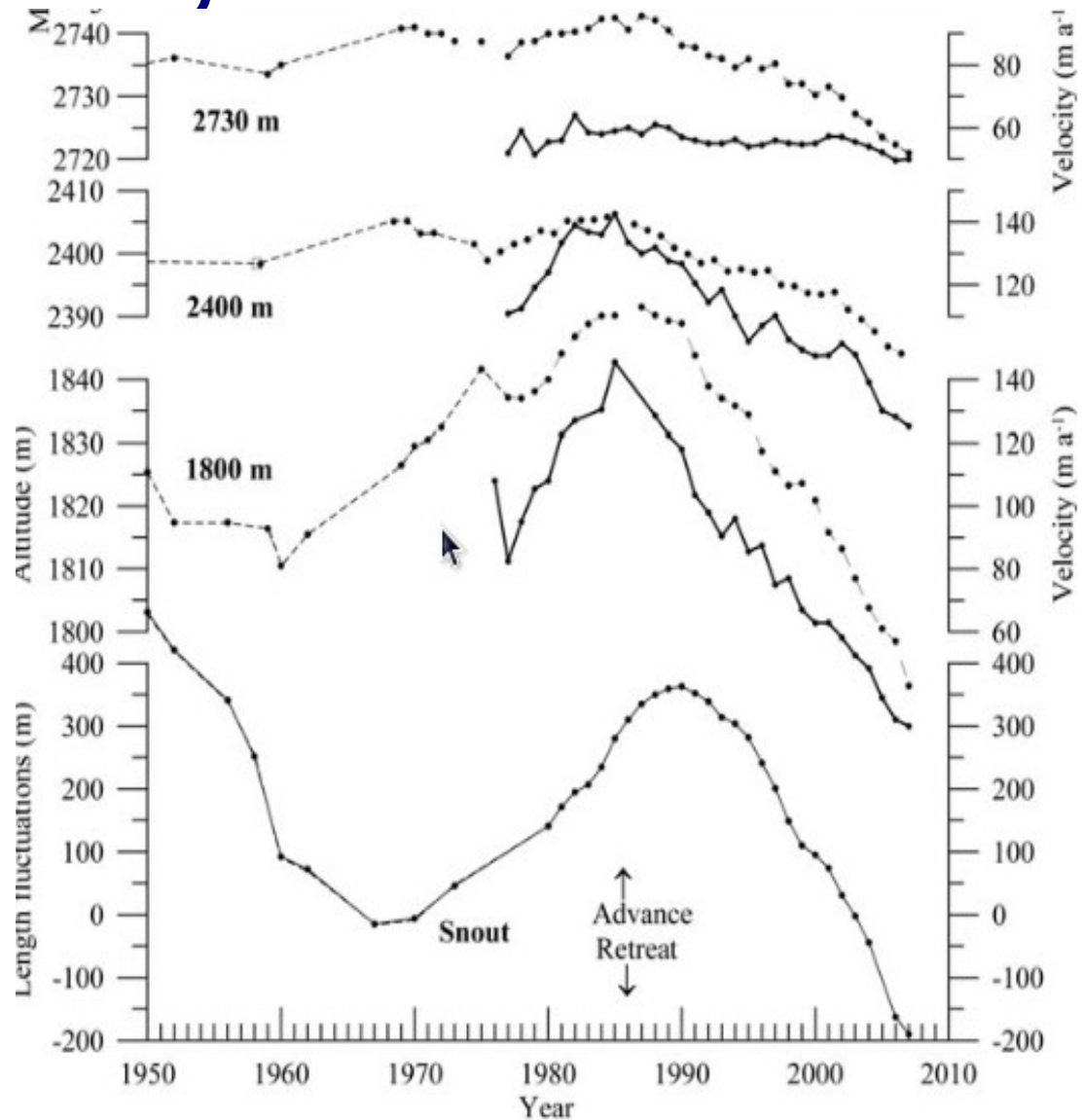
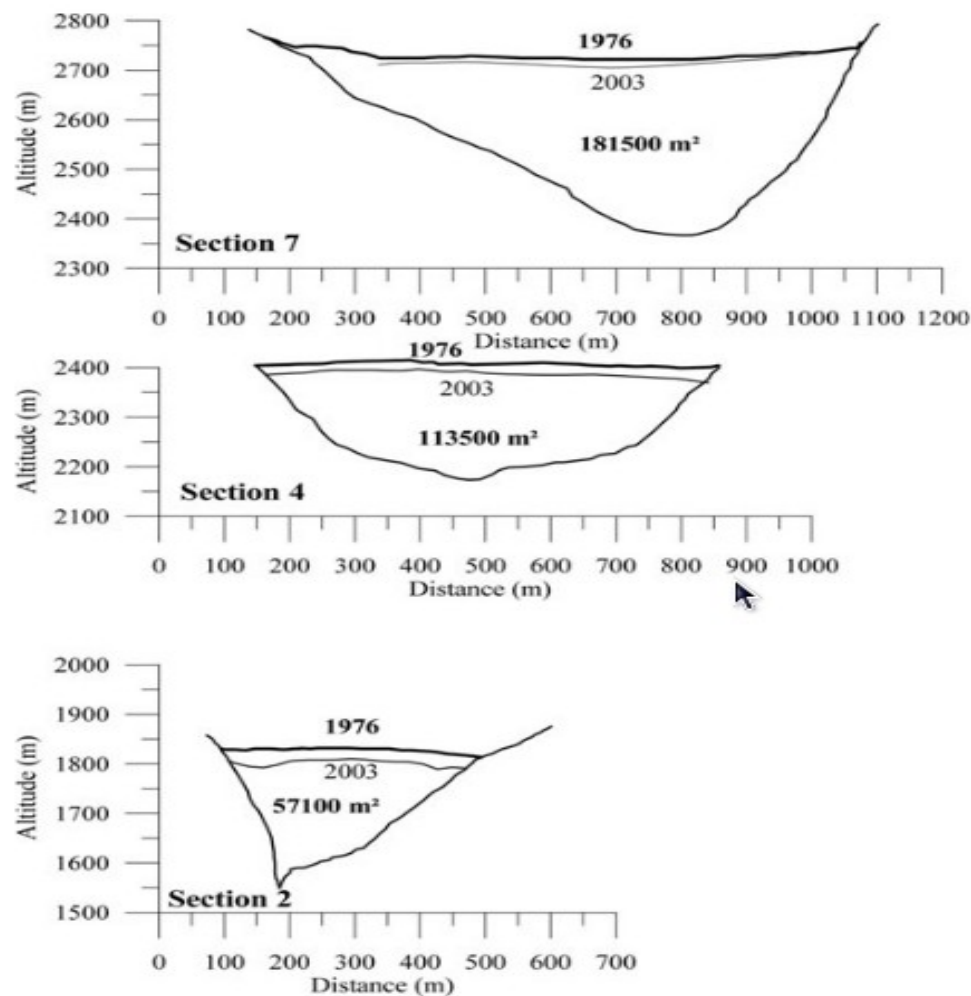
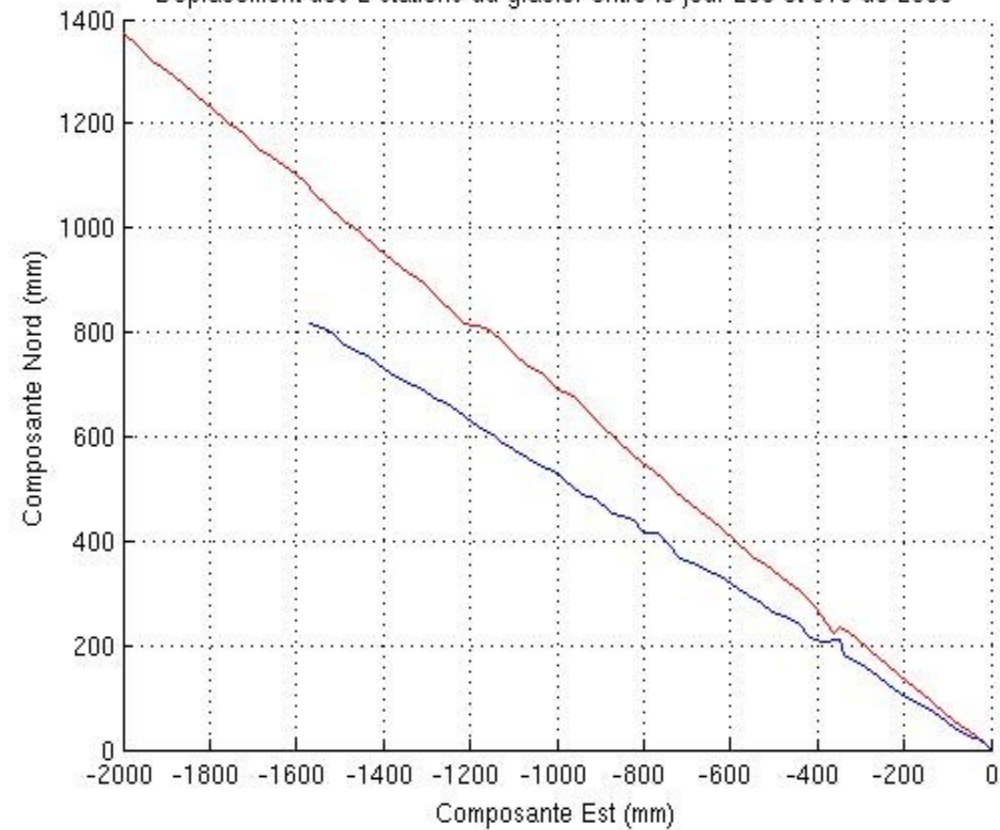


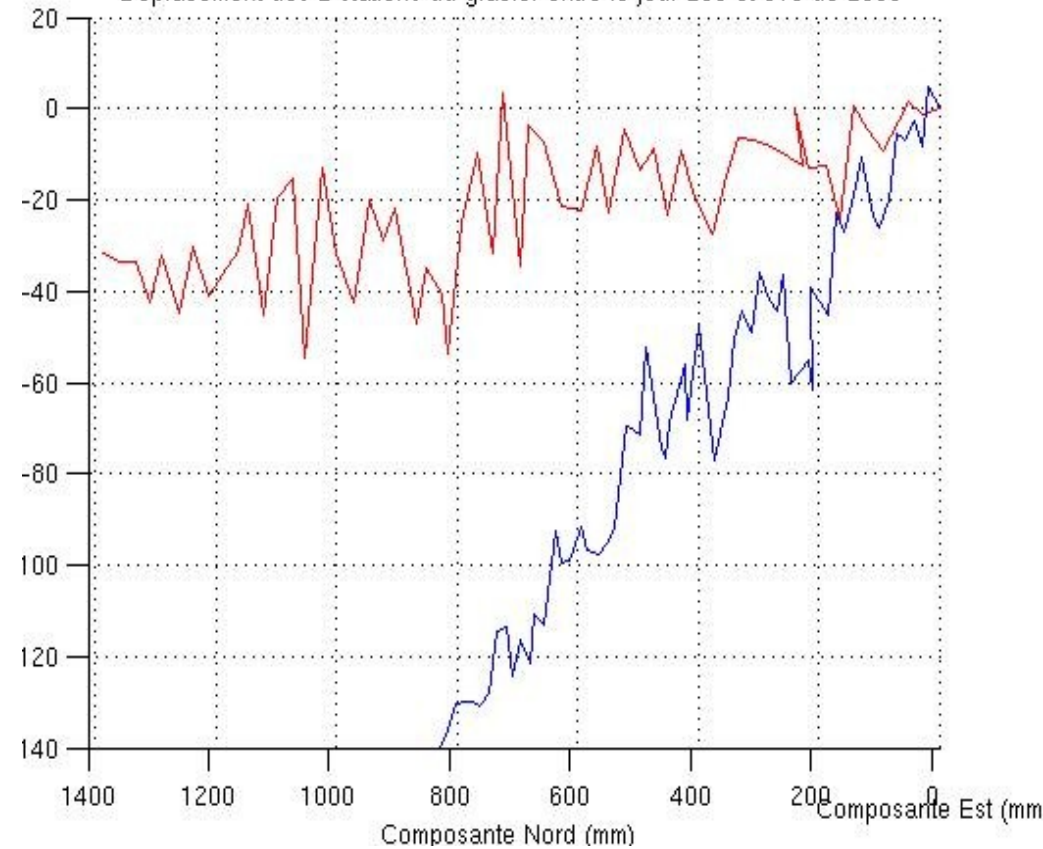
Fig. 2. Cross-sections 7 (a), 4 (b) and 2 (c). The horizontal and vertical scales are the same for all cross-sections. The surface area values correspond to the year 1976. The cross-sections are seen from the downstream.

Déplacement spatiale :

Déplacement des 2 stations du glacier entre le jour 299 et 313 de 2008



Déplacement des 2 stations du glacier entre le jour 299 et 313 de 2008



I) Principe du GPS:

GPS: (Système global de positionnement)

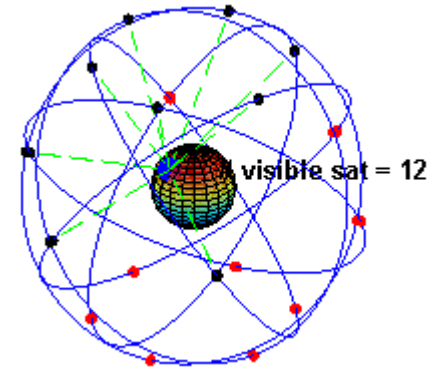
3 parties:

- La partie spatiale:

>24 satellites en orbite (actuellement 32)
sur 6 plans inclinés de 55° avec l'équateur
À 20200 km.

Horloge au rubinium et émetteur radio.

- La partie de contrôle centralisée dans le Colorado.
Mise à jour des messages de navigation des
satellites.



I) Principe du GPS:

Cas réel, 3 sources d'incertitudes:

- Horloges: dH - Orbites: dO
- Paramètres atmosphériques: $d(\text{Atm})/l$

$$\phi = r/l + N + d(\text{iono})/l + d(\text{tropo})/l + dH + dO$$

Combinaison linéaire de L1 et L2 => Elimination de $d(\text{iono})$:

$$d(\text{iono}) = \text{cst}/f^2 \Rightarrow \phi(L1L2) = \phi(L1) + f2/f1 * \phi(L2)$$

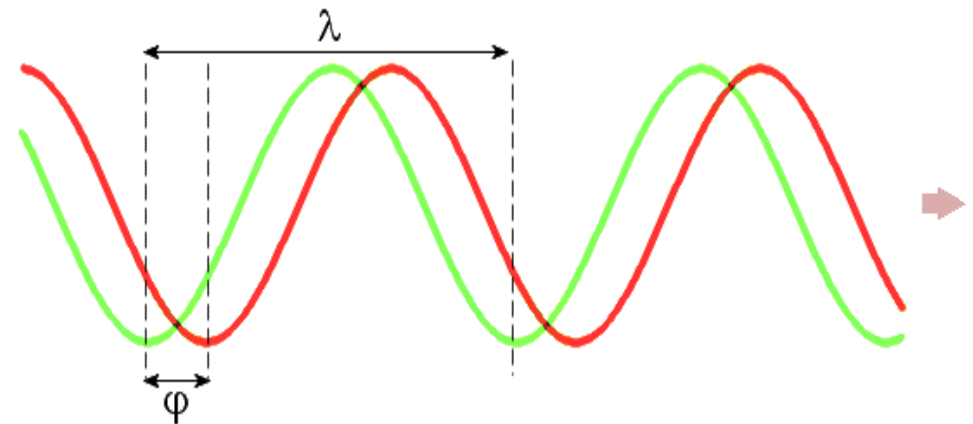
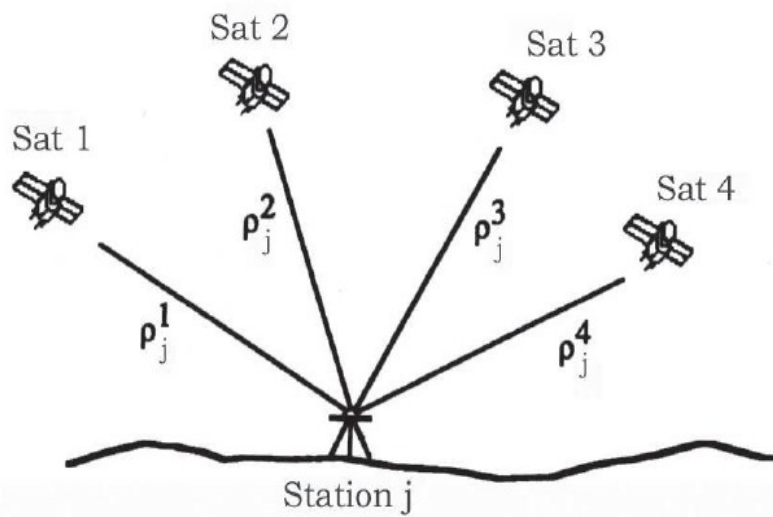
I) Principe du GPS:

i) Principe du GPS:

Signal électromagnétique émis sur 2 fréquences:

$L1 = 1575.42 \text{ MHz}$

$L2 = 1227.60 \text{ MHz}$



ambiguïté déphasage

$$t = N * T + dt$$

tps du trajet période

observable

$$\text{phi} = -\frac{c}{l} * dt = \frac{r}{l} + N$$

vitesse de lumière

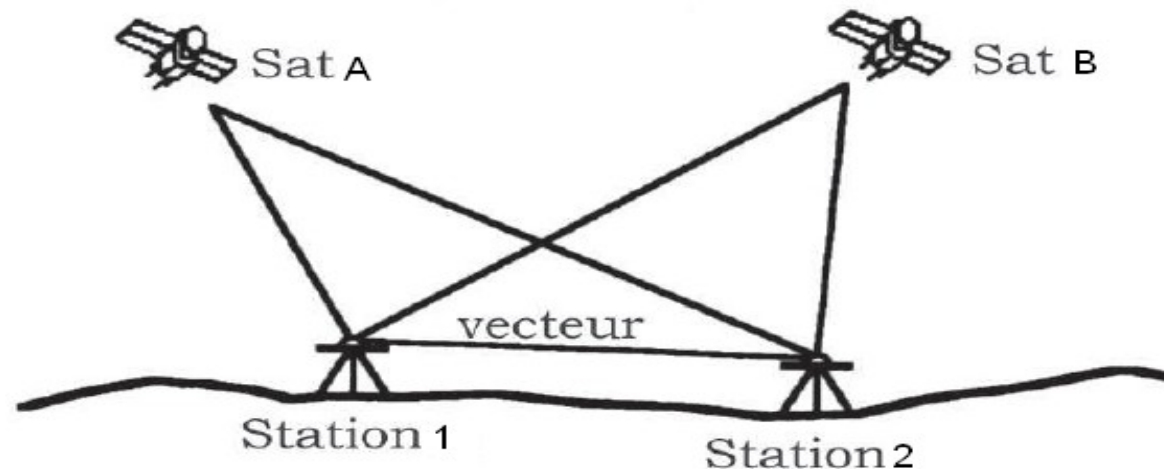
trajet

I) Principe du GPS:

Double différence => Elimination de dH

$$\text{phi}(A,B,1,2) = \text{phi}(A,1) - \text{phi}(A,2) - (\text{phi}(B,1) - \text{phi}(B,2))$$

$$\dots + (\cancel{dHA + dH}) - (\cancel{dHA + dH2}) - (\cancel{dHB + dH1}) + (\cancel{dHB + dH2})$$

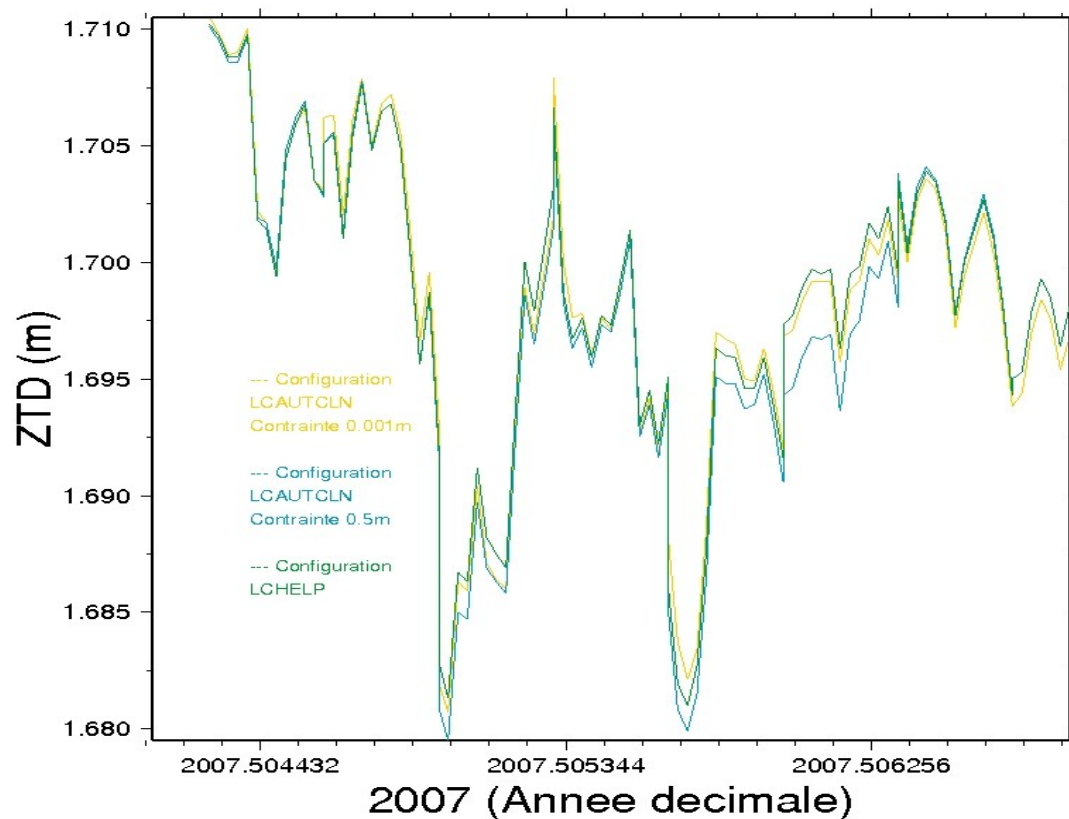


$$\text{phi} = r/l + N + d(\text{tropo})/l + dO$$

II) GAMIT:

Comparaison de différentes configurations des contraintes des stations IGS: 0.3%

ZTD du jour 185 de 2007



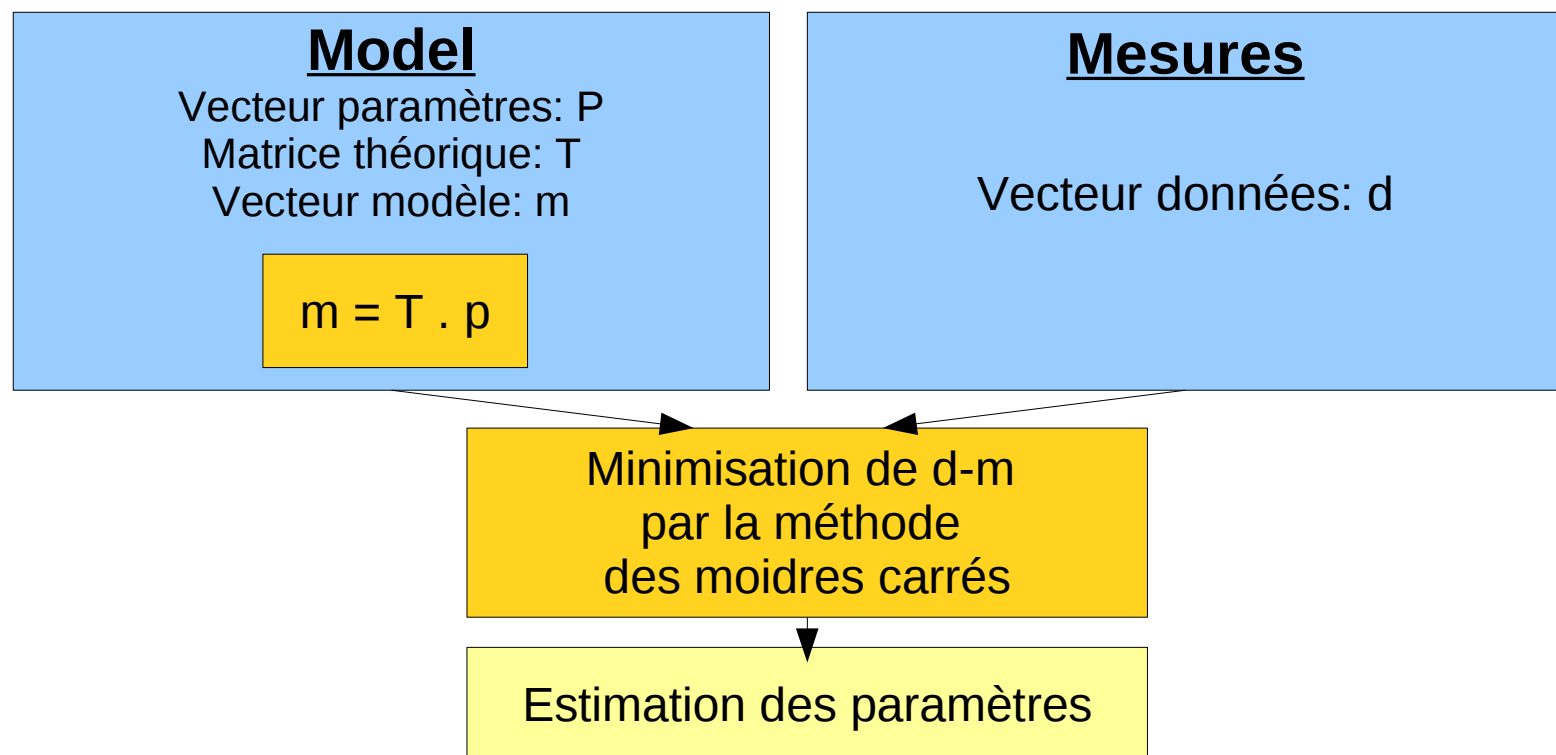
=> Station IGS
contraintes à
50 cm.

II) Analyse des données:

- Estimation:

- ambiguïtés
- ZTD
- erreur d'orbites
- positions relatives

- Principe de GAMIT:



II) Analyse des données:

2 séries de calculs:

Les séries temporelles de positionnement

- ZTD toutes les 2h, 1 gradient
- sessions de 6h toutes les 6h

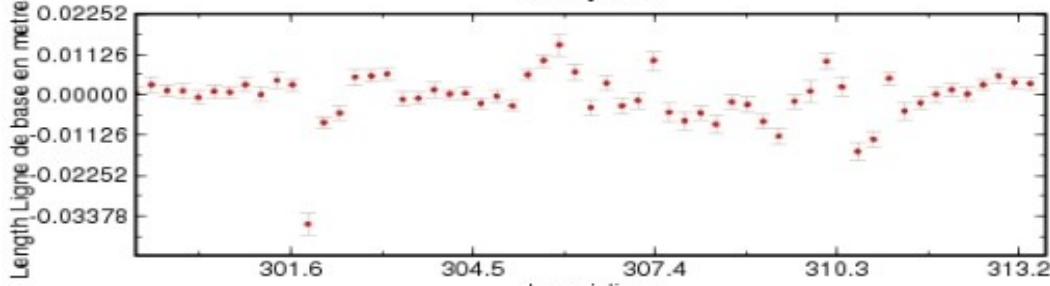
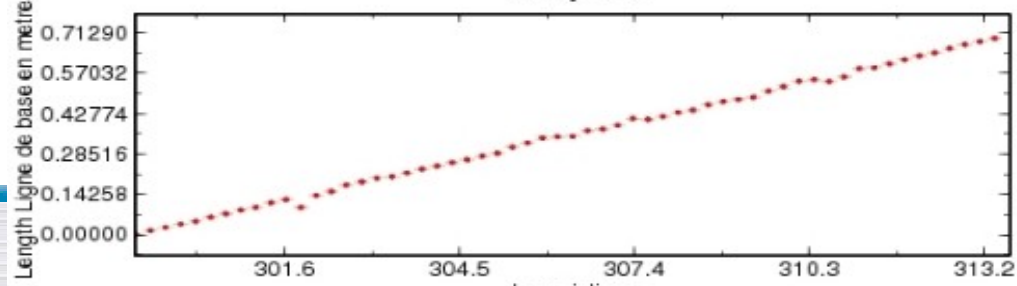
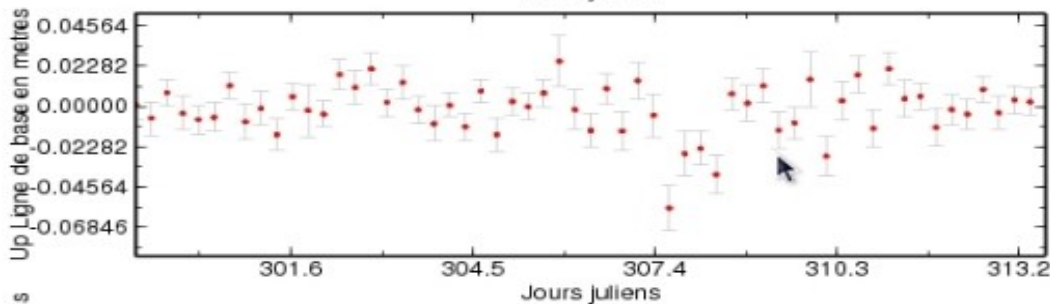
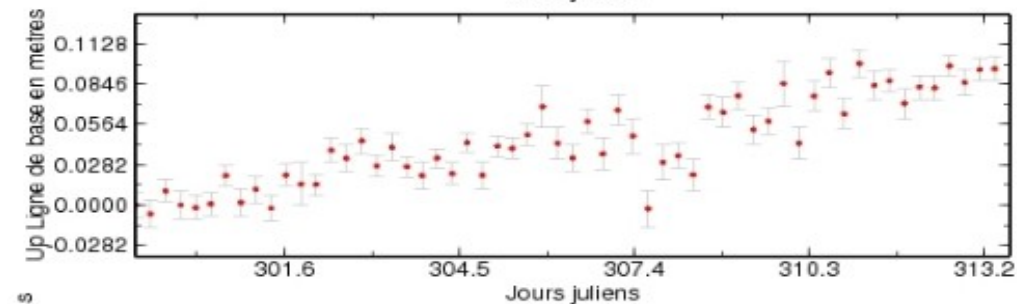
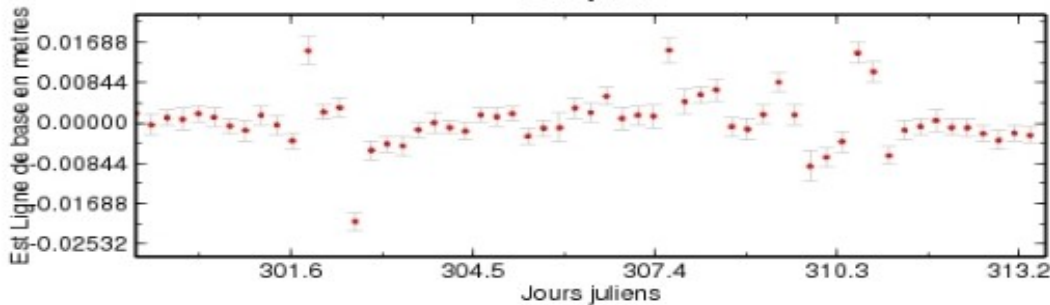
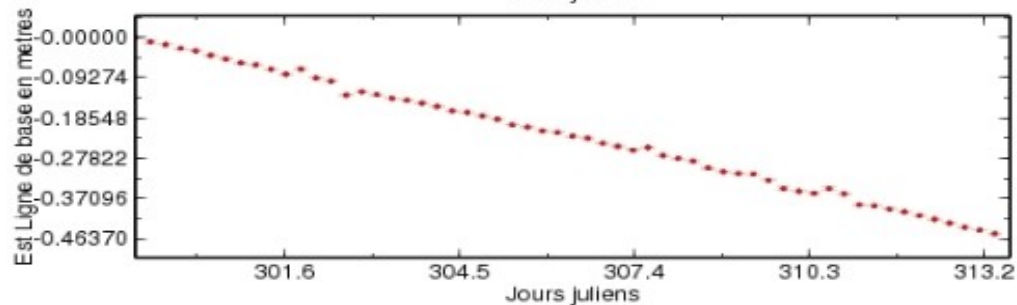
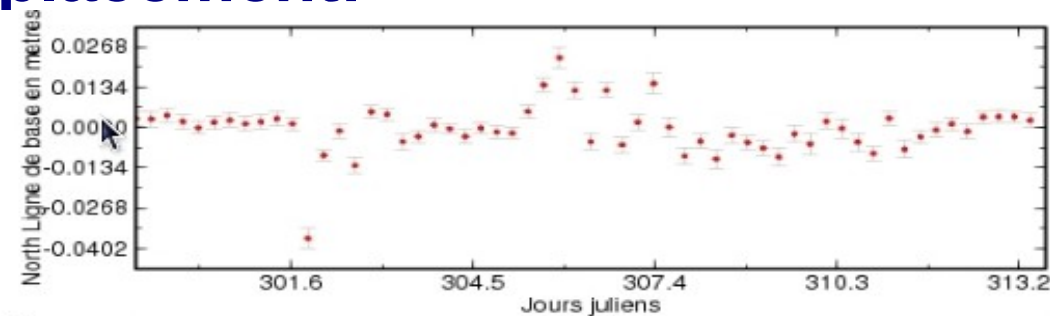
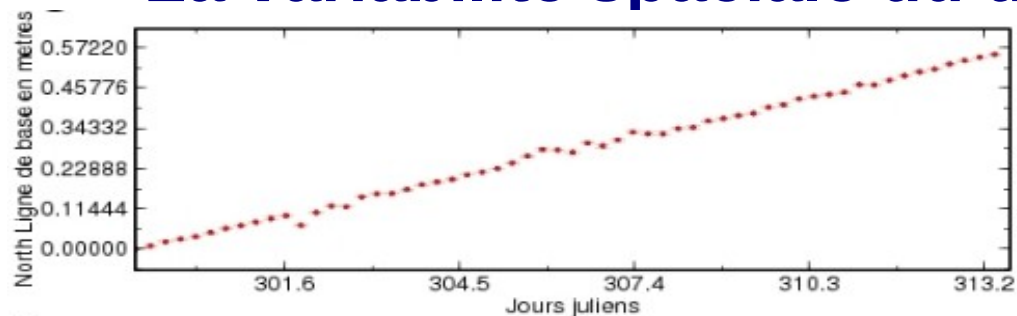
les paramètres troposphériques

- Changement des positions et vitesses a priori
- ZTD toutes les 15min, 13 gradients
- sessions de 6h toutes les 3h (fenêtre glissante)



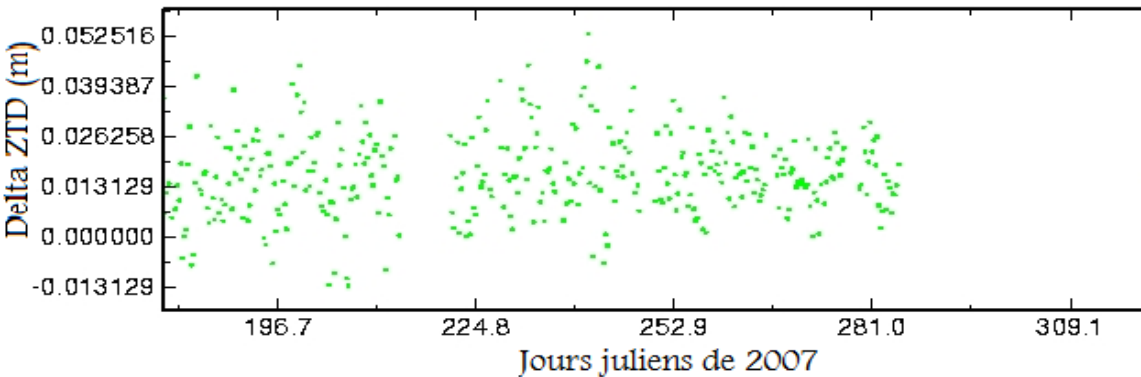
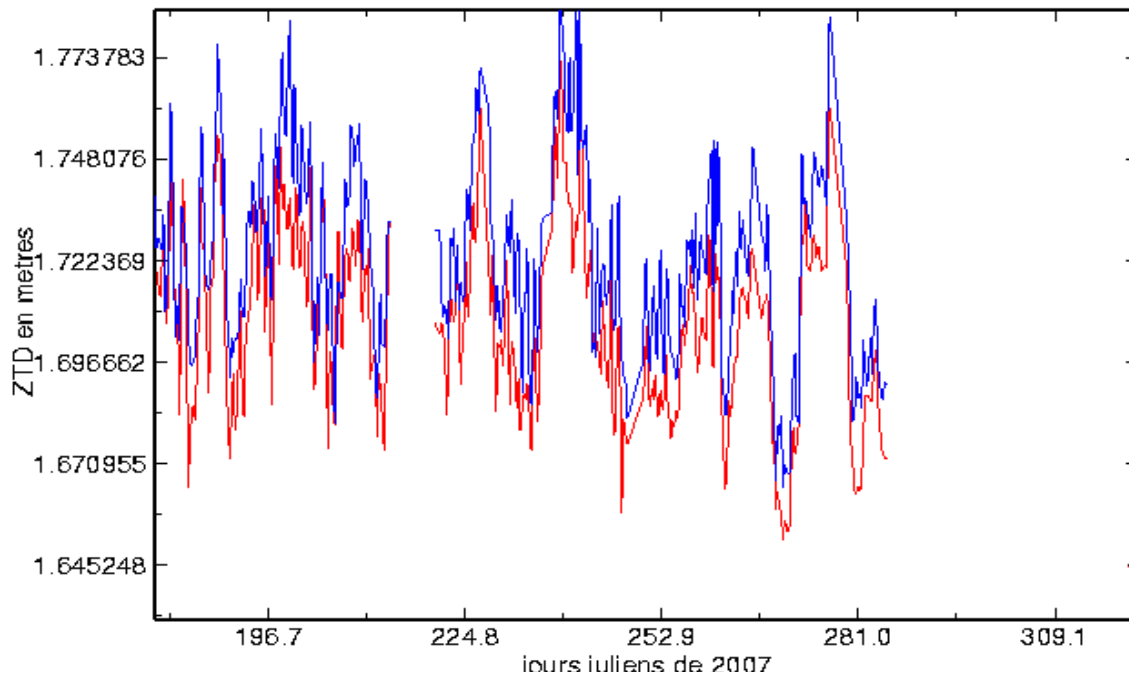
III) Résultats:

La variabilité spatiale du déplacement:



III) Résultats:

Variation des ZTD ERA40 en 2007



Correlation 2007

