



GPS : Ionosphere

RABAT – Janvier 2017

Rolland FLEURY

IMT Atlantique campus de Brest

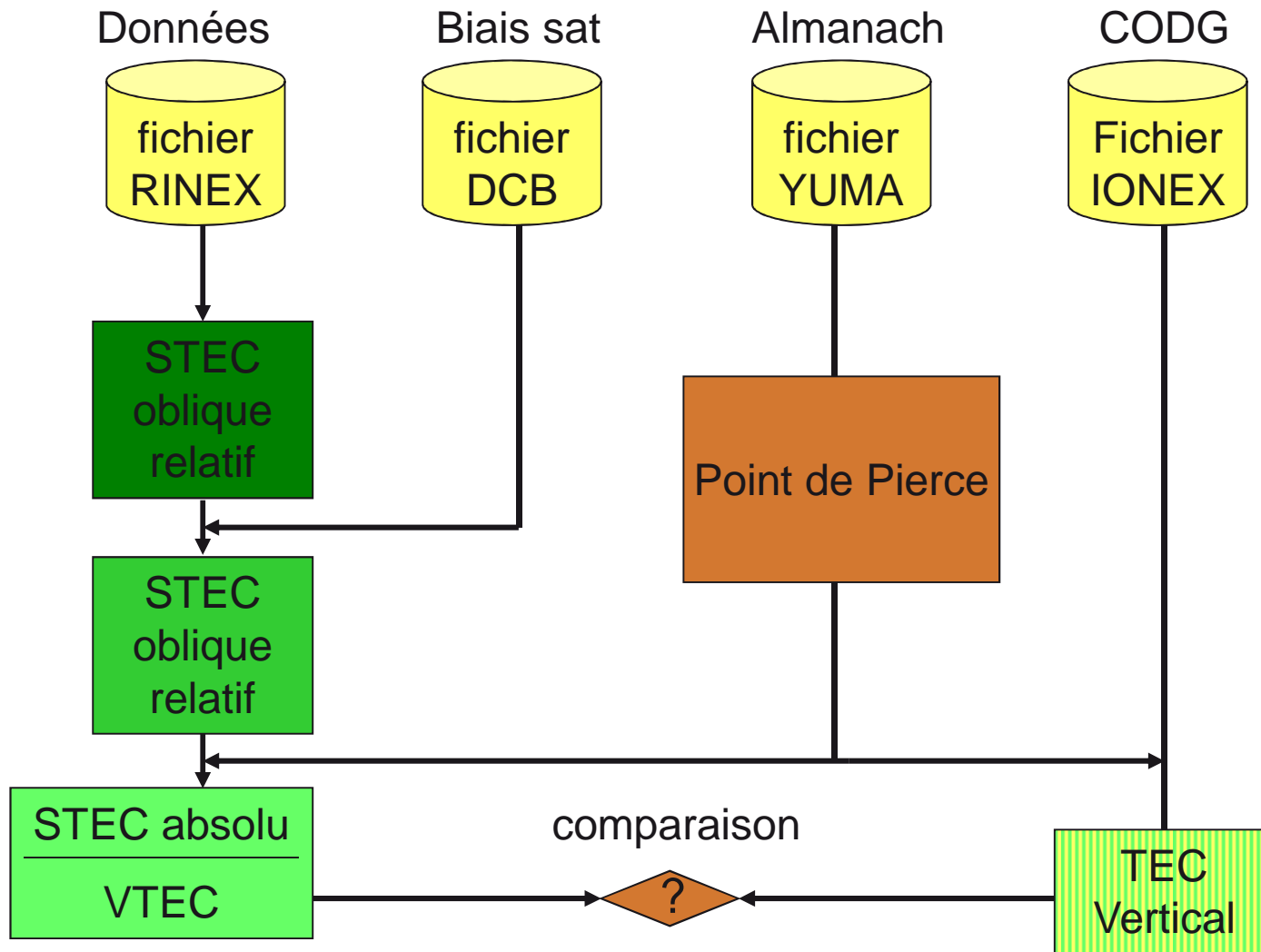
Working Session 2:

Traitement mesures GPS

RINEX & fichiers DCB

Traitement des mesures GPS

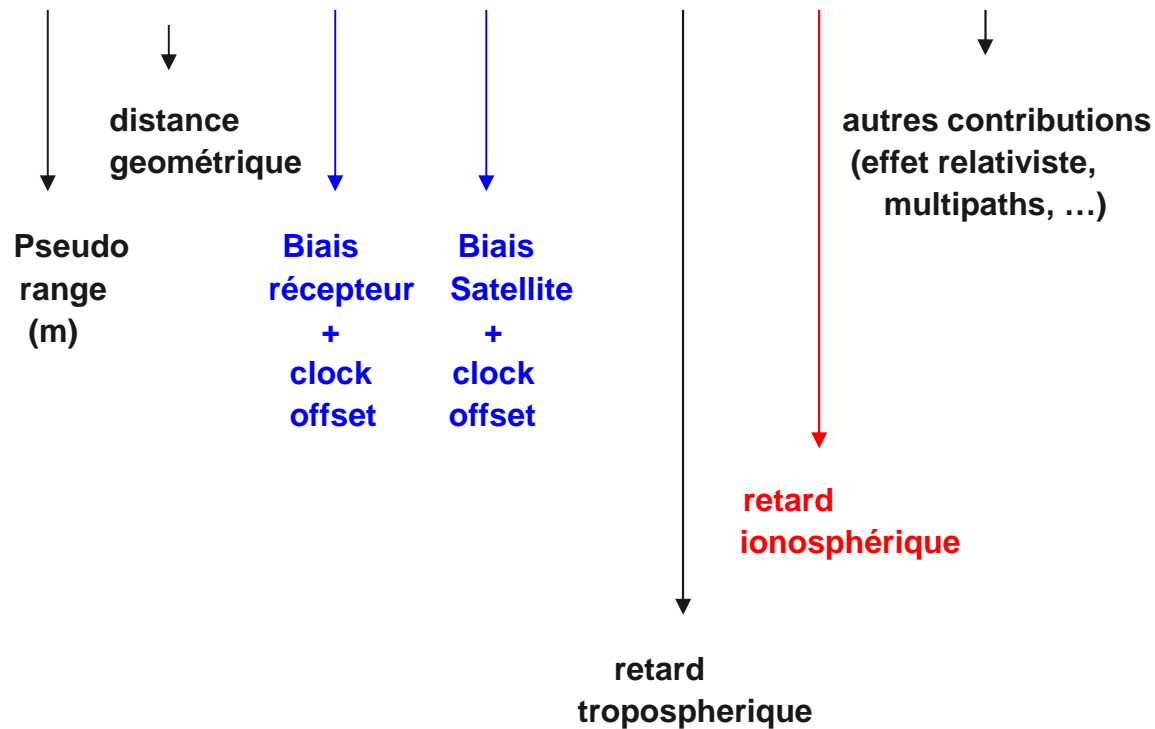
Le TP



Equations d'observation

■ Pseudo-distance (pseudo-range)

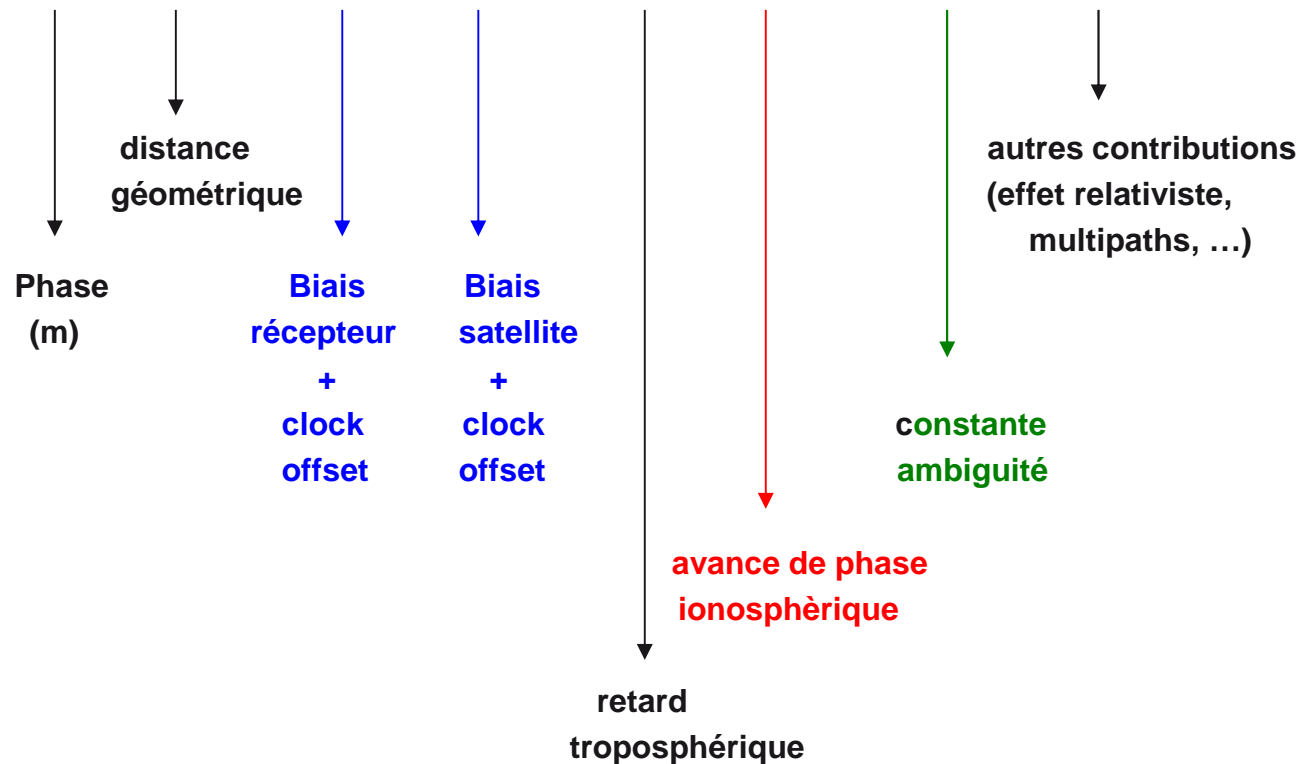
$$P_u^s(f) = \rho_u^s + c [b_u(f) - b^s(f)] + T_u^s + I_u^s(f) + \alpha_u^s(f)$$



Equations d'observation

■ Phase

$$L_u^s(f) = \rho_u^s + c [b_u(f) - b^s(f)] + T_u^s - I_u^s(f) + \lambda B_u^s + \alpha_u^s(f)$$



Equations d'observation

■ Terme ionosphérique

$$I_u^s(f) = \frac{a}{f^2} N_s$$

a=40,3
N_s=STEC entre s et u

$$P_u^s(f) = \rho_u^s + c[b_u(f) - b^s(f)] + T_u^s + \frac{a}{f^2} N_s + \alpha_u^s(f)$$

$$L_u^s(f) = \rho_u^s + c[b_u(f) - b^s(f)] + T_u^s - \frac{a}{f^2} N_s + \lambda B_u^s + \alpha_u^s(f)$$

Equations d'observation

■ Mesures pseudo-distance en bi-fréquence

$$\left\{ \begin{array}{l} P_u^s(f_1) = \rho_u^s + c[b_u(f_1) - b^s(f_1)] + T_u^s + \frac{a}{f_1^2} N_s + \alpha_u^s(f_1) \\ P_u^s(f_2) = \rho_u^s + c[b_u(f_2) - b^s(f_2)] + T_u^s + \frac{a}{f_2^2} N_s + \alpha_u^s(f_2) \end{array} \right.$$

$$P_u^s(f_1) - P_u^s(f_2) = c[b_u(f_1) - b_u(f_2)] - c[b^s(f_1) - b^s(f_2)] + a \left(\frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2} \right) N_s + \alpha_u^s(f_1) - \alpha_u^s(f_2)$$

$P1 - P2$
 Δb_u
 Δb^s
 C_I
supposé négligeable pour $\beta > 10^\circ$

$$N_s = \frac{1}{C_I} \left[\underbrace{(P1 - P2)}_{\text{RINEX}} - c \underbrace{(\Delta b^s - \Delta b_u)}_{\text{DCB}} \right]$$

Equations d'observation

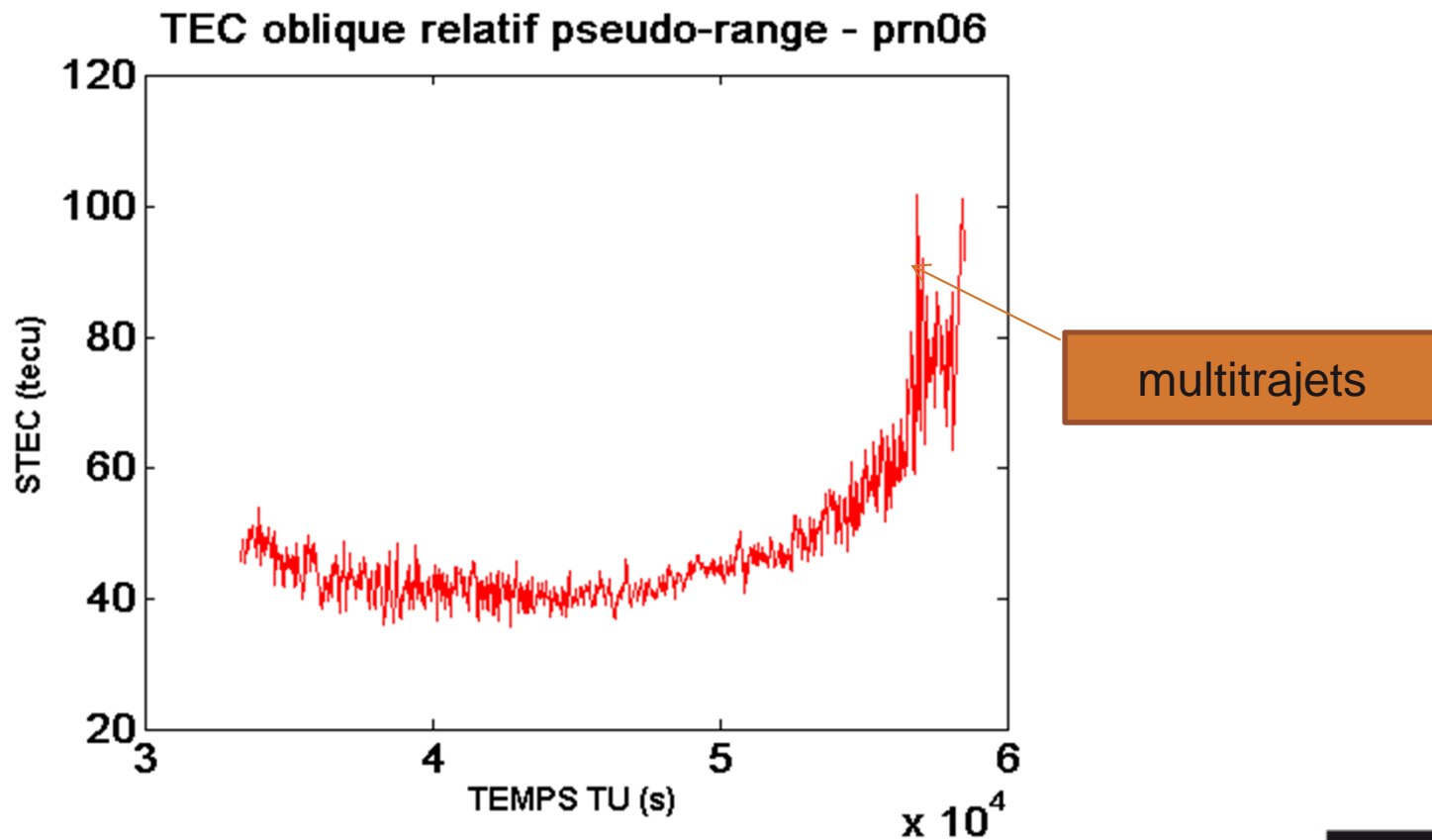
- **STEC (S=slant) ou TEC oblique**

$$N_s = \frac{1}{C_I} \left[\underbrace{(P1 - P2)}_{\text{RINEX}} - c \underbrace{(\Delta b^s - \Delta b_u)}_{\text{DCB}} \right]$$

- **DCB** = 'Differential Code Bias'
- **=0** → **STEC relatif**

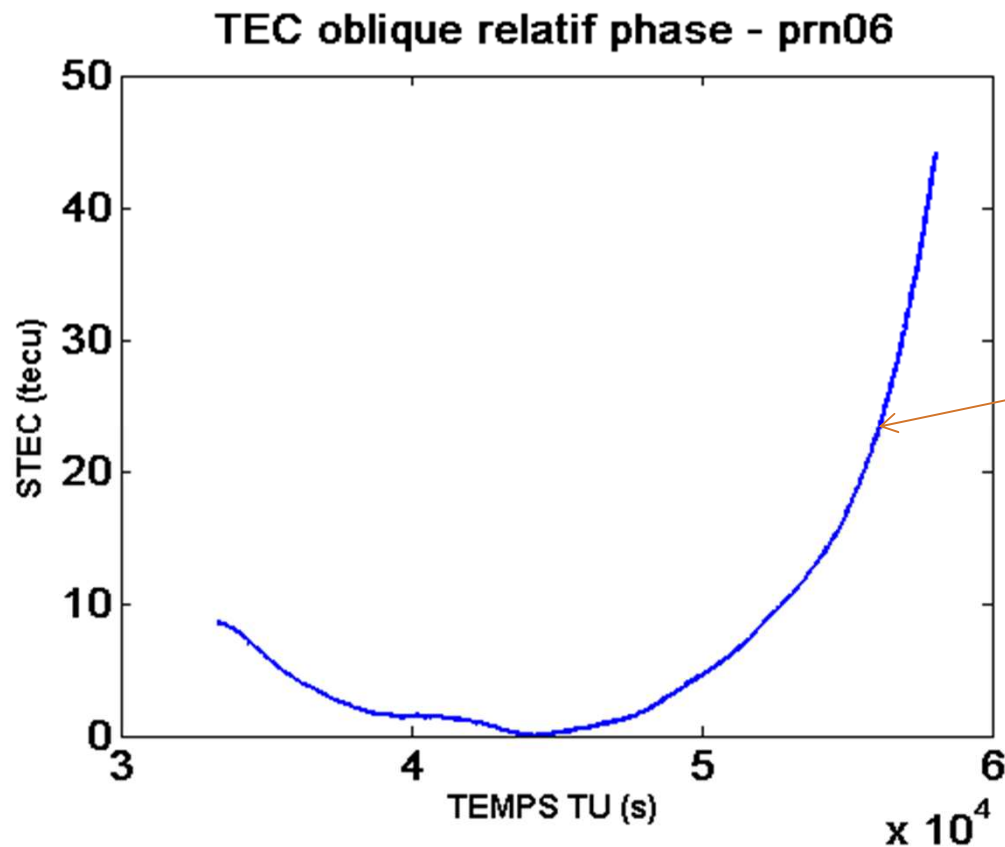
Traitement fichier RINEX – ws1

■ Trait=4 & tracer=2 : STEC_PR=f(t), PRN06



Traitement fichier RINEX – ws1

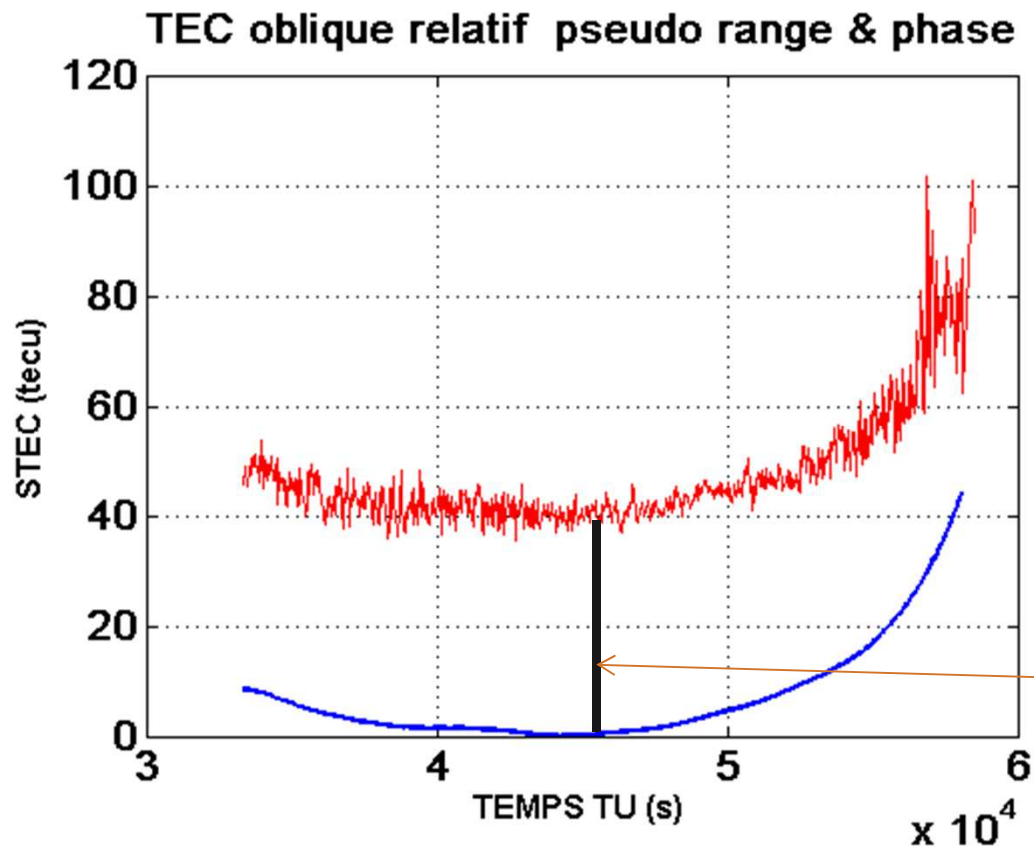
■ Trait=4 & tracer=3 : STEC_Ph=f(t), PRN06



- peu bruité
- choix d'une
valeur minimale
nulle

Traitement fichier RINEX – ws1

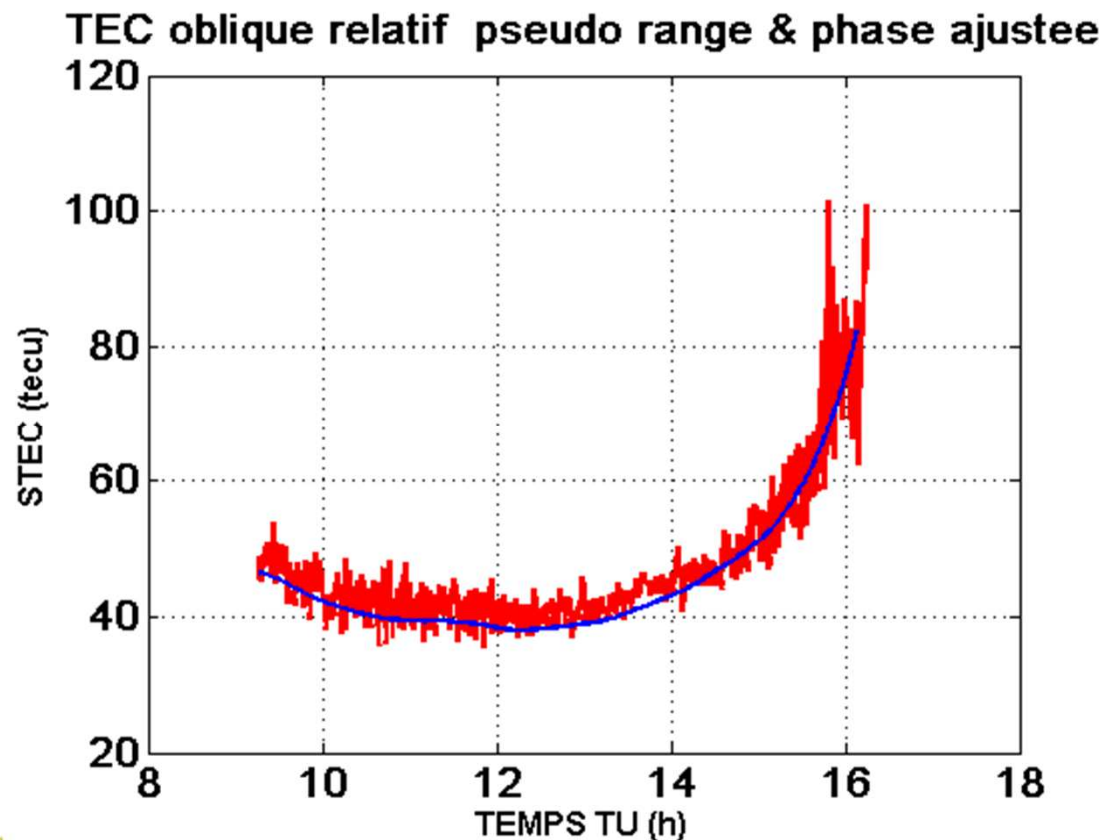
■ Trait=4 & tracer=4 : STEC_PR & Ph=f(t), PRN06



Traitement fichier RINEX – ws1

- Trait=4 & tracer=5 : STEC_PR_Ph ajustée=f(t), PRN06

constante
ambiguïté
=41354799,0





Traitement fichier RINEX – ws2

■ Exercice 1

- Lire le fichier temporaire **tmp_01.txt**
- Calculer le STEC pour tous les satellites et toutes les époques
- Ecrire le résultat dans le fichier temporaire **tmp_02.txt**
- Tracer le STEC en fonction de l'heure TU



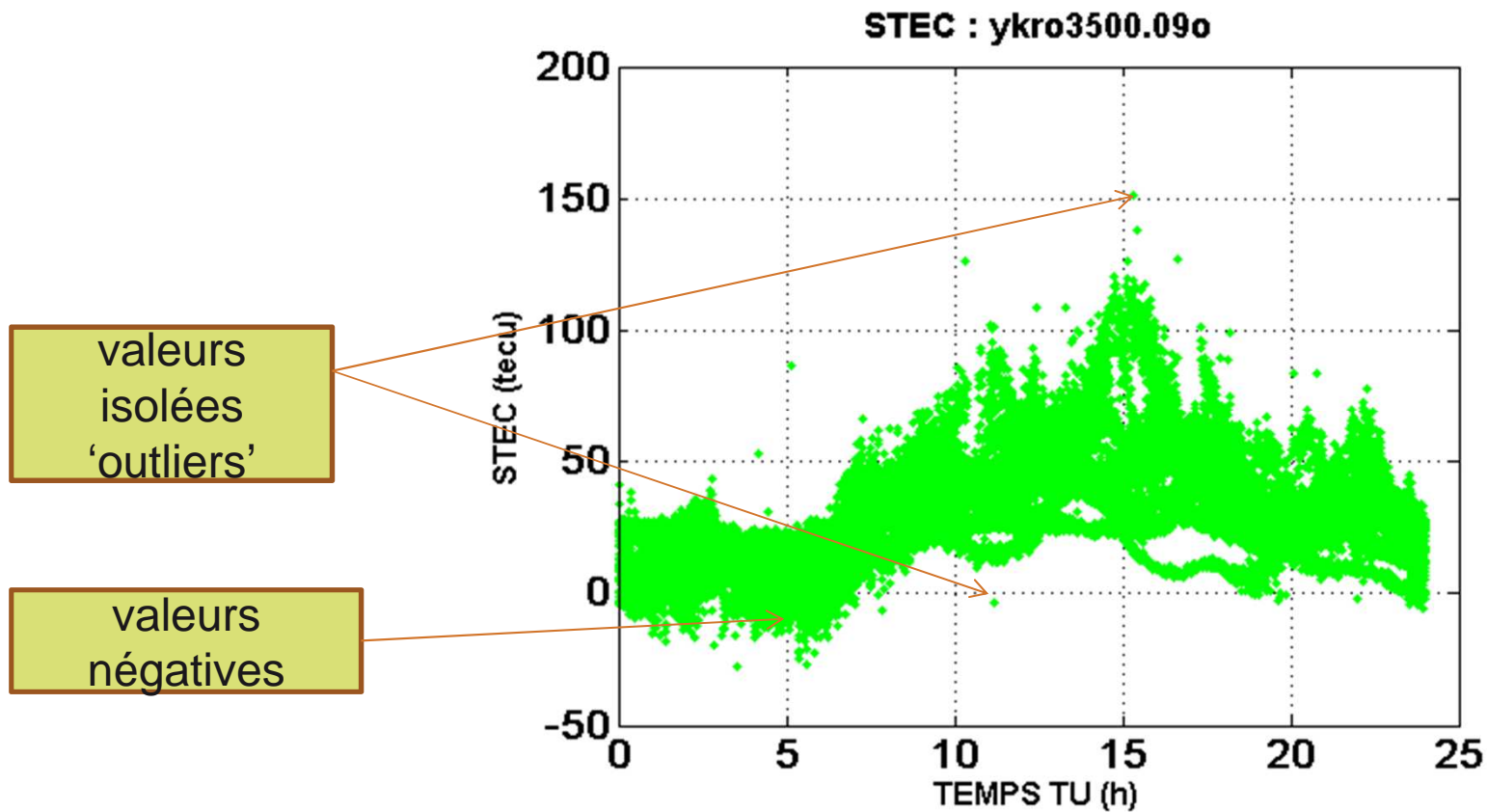
Traitement fichier RINEX – ws2

■ fichier tmp_02.txt

```
0.0 27 8.48
0.0 17 14.63
0.0 9 28.32
0.0 12 3.89
0.0 2 6.26
0.0 10 7.99
0.0 5 8.95
0.0 15 5.51
0.0 4 11.23
0.0 28 0.46
30.0 27 6.41
30.0 17 11.26
30.0 9 10.94
30.0 12 8.49
30.0 2 9.29
30.0 10 8.20
30.0 5 8.69
30.0 15 6.98
30.0 4 10.37
30.0 28 4.25
60.0 27 7.39
60.0 17 9.58
60.0 9 14.20
60.0 12 11.77
60.0 2 5.40
60.0 10 7.70
60.0 5 8.93
60.0 15 6.11
60.0 4 6.87
60.0 28 2.28
90.0 27 7.14
90.0 17 16.62
```

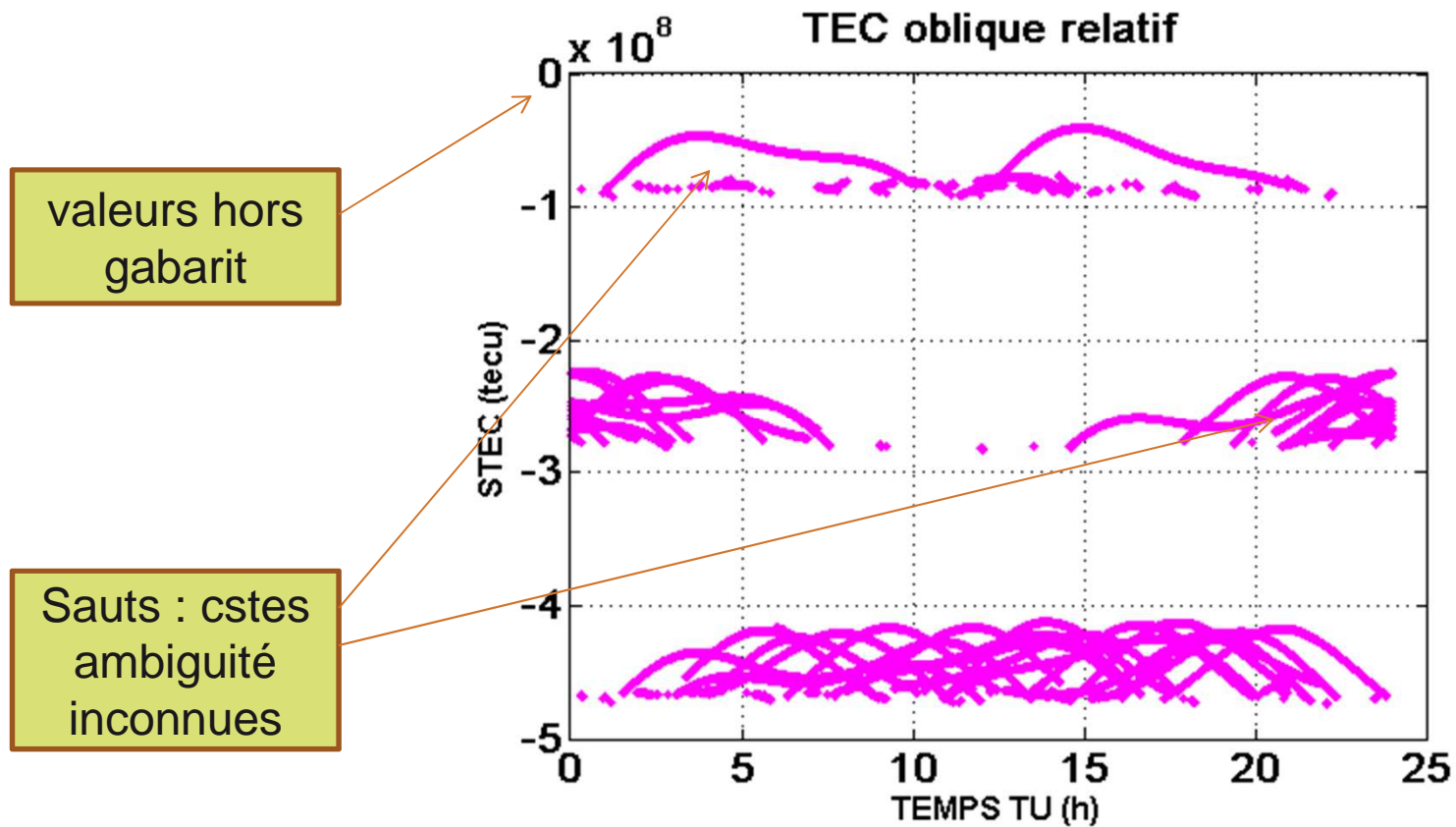
Traitement fichier RINEX – ws2

■ Trait = 5 – tracer STEC PR relatif



Traitement fichier RINEX – ws2

■ Trait = 6 – tracer STEC Ph relatif



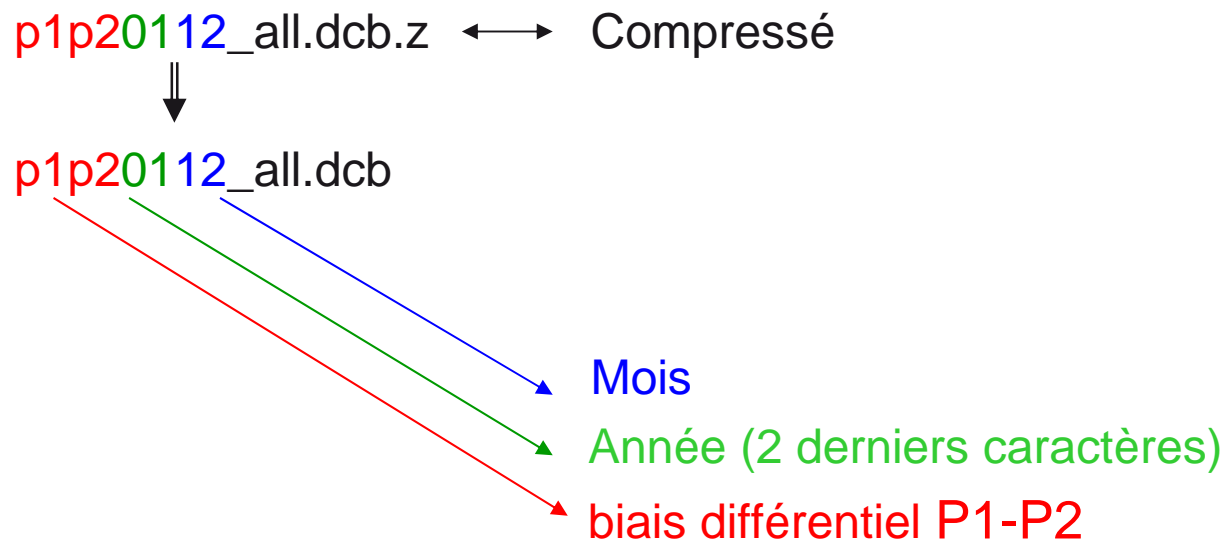
Traitement fichier DCB – ws2

■ STEC absolu

$$N_s = \frac{1}{C_I} \left[\underbrace{(P1 - P2)}_{\text{RINEX}} - c \underbrace{(\Delta b^s - \Delta b_u)}_{\text{DCB}} \right]$$

Traitement fichier DCB – ws2

- **Differential Code Biases (DCB)**
- **Nom des fichiers - Exemple :**



Traitement fichier DCB – ws2

■ Format DCB

Biais :

1 ns \leftrightarrow 2.85 TECU

biais différentiel
satellite

Biais différentiel
récepteur (IGS)

CODE'S MONTHLY P1-P2 DCB SOLUTION FOR YEAR-MONTH 01-12 04-JAN-02 11:44

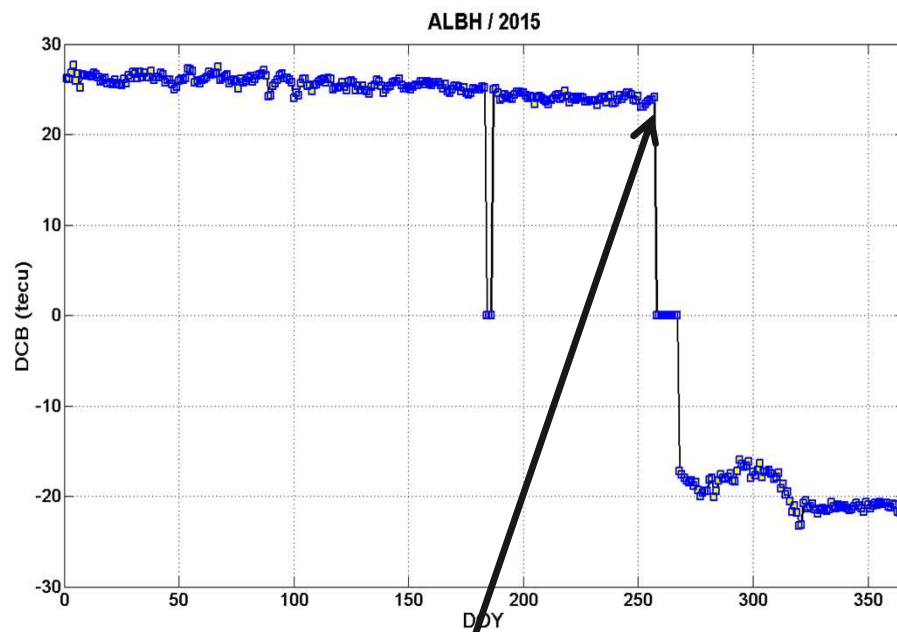
DIFFERENTIAL (P1-P2) CODE BIASES FOR SATELLITES AND RECEIVERS:

PRN / STATION NAME	VALUE (NS)	RMS (NS)
*** *****	*****	*****
G01	-1.449	0.019
G02	-2.659	0.020
G03	-0.789	0.017
G04	0.270	0.030
G05	-0.381	0.022
G06	-0.172	0.017
G07	-2.385	0.033
G08	-0.969	0.027
G09	0.264	0.020
G10	-2.113	0.023
G11	3.935	0.019
G13	3.822	0.020
G14	3.265	0.023
G15	-1.824	0.017
G17	-1.960	0.018
G18	3.284	0.015
G20	0.680	0.020
G21	-2.136	0.019
G22	-1.023	0.019
G23	-1.634	0.014
G24	-2.825	0.020
G25	1.163	0.028
G26	0.490	0.016
G27	-0.902	0.018
G28	2.985	0.026
G29	0.953	0.020
G30	1.963	0.017
G31	0.148	0.020
G AJAC 10077M005	-9.853	0.089
G ALBH 40129M003	22.251	0.090
...		
G ZWEN 12330M001	0.711	0.454

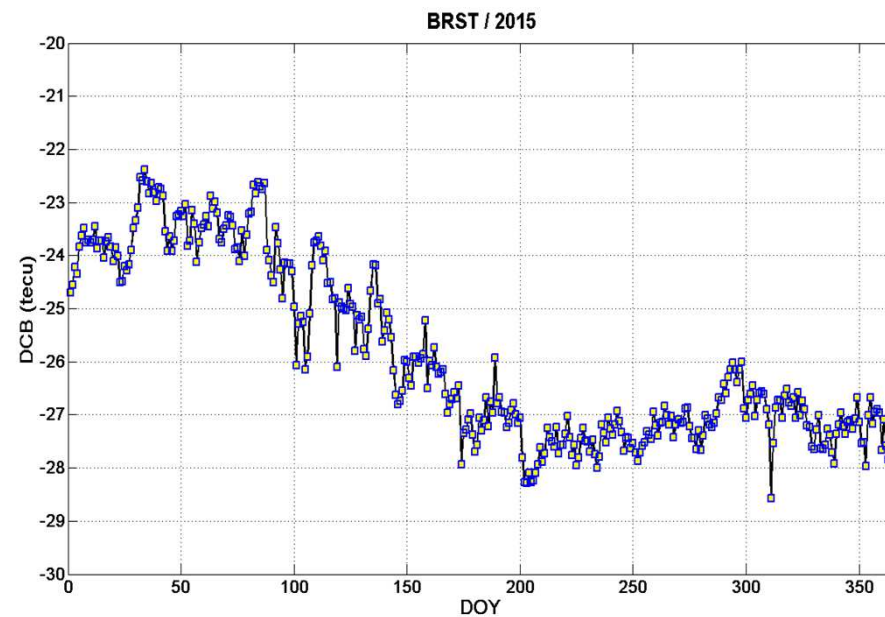


Traitement fichier DCB – ws2

■ Exemples biais récepteur ALBH/BRST en 2015



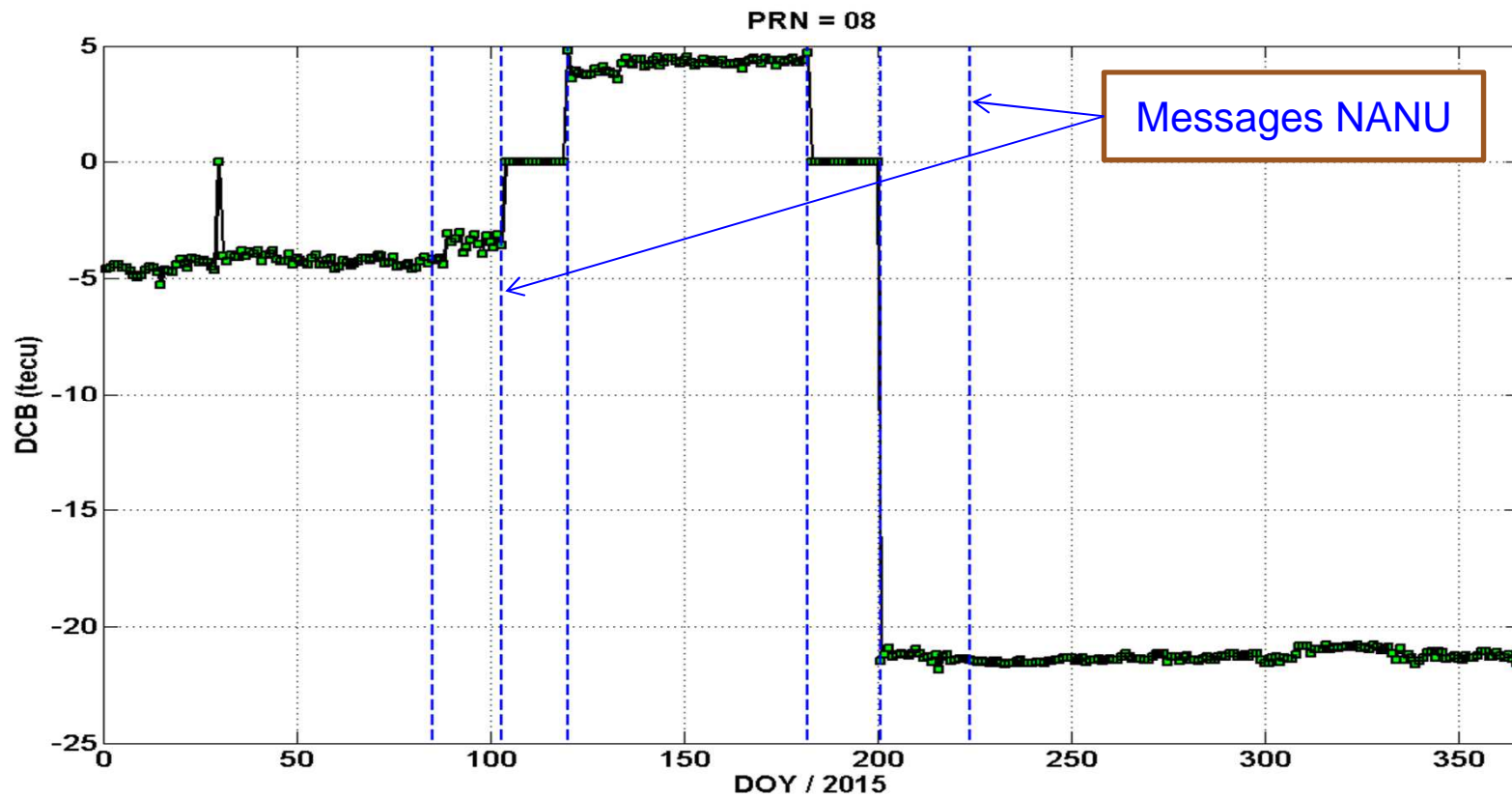
Changement de récepteur



$\Delta \approx 4$ tecu

Traitement fichier DCB – ws2

■ Exemples biais satellite #08 en 2015



Traitement fichier RINEX + DCB – ws2

■ trait=7 : STEC absolu (calibré)

