

Impact du VLBI dans les séries EOP de l'IERS

Grandes lignes de l'exposé

I- Généralités et séries VLBI

II- Combinaison C04

III- Variations rapides (les derniers 30 jours)

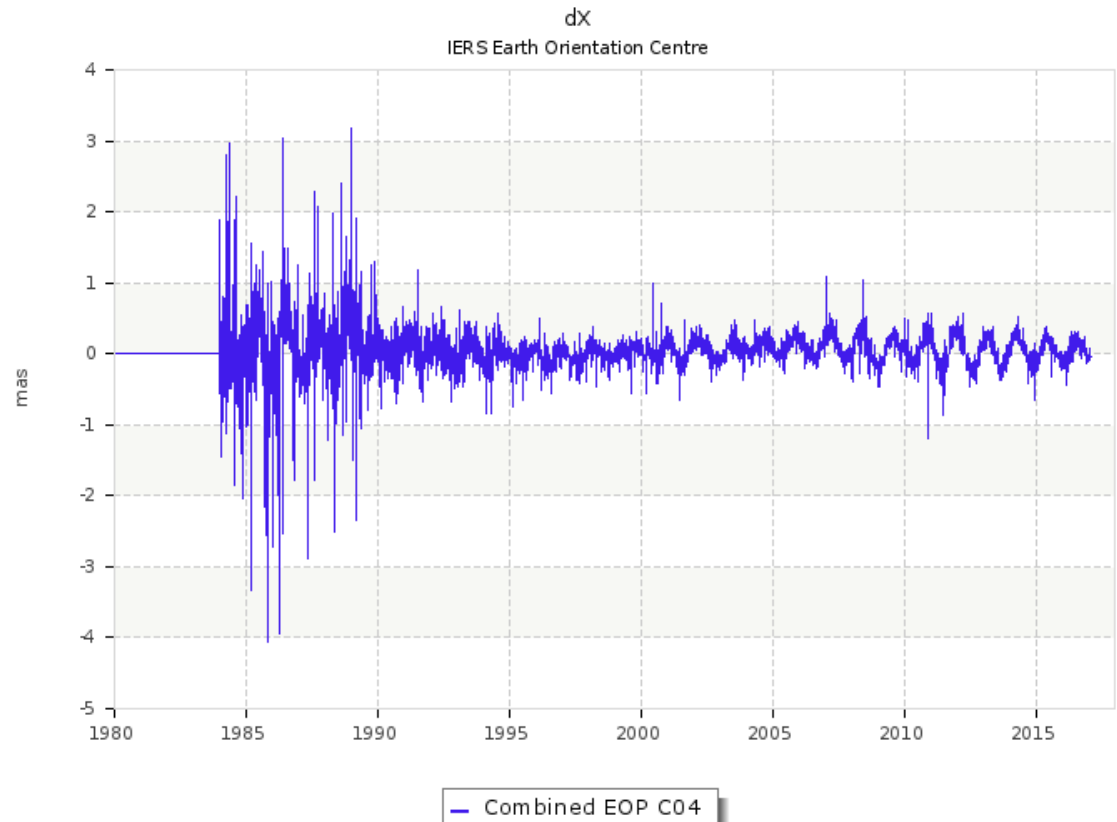
I. Les séries VLBI pour la nutation et UT1

Quelques points fondamentaux

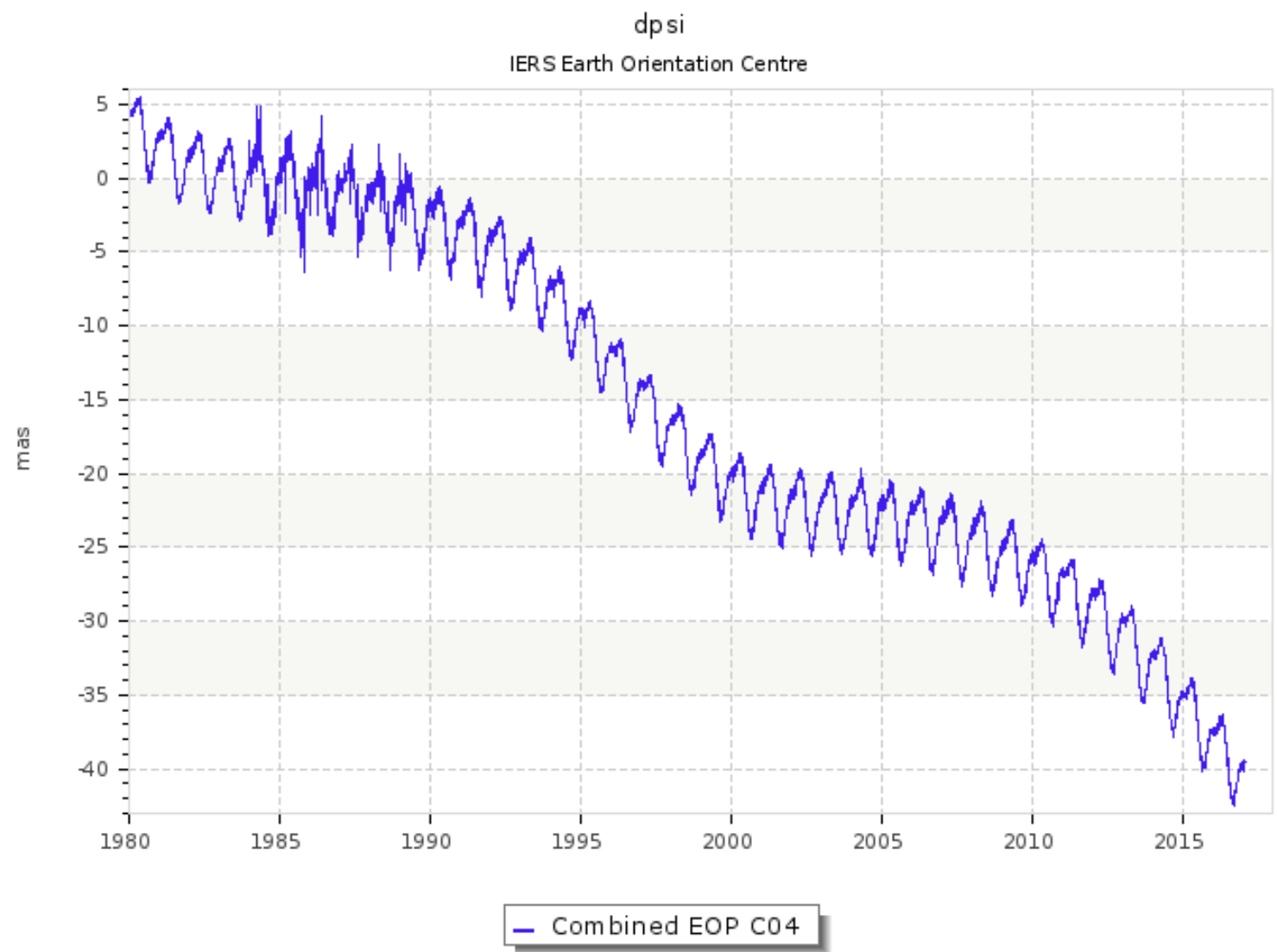
- A l'heure actuelle le VLBI est la seule technique qui donne la précession-nutation à 0.1 mas près (à titre de comparaison les déterminations d'astrométrie optique avaient une précision de 30 mas)
- Nutation à court terme par GNSS? *Rotacher et al 1999, Yao 2013 (thèse de doctorat)*
- Le VLBI est la seule technique donnant UT1 non biaisé

1. Ecart au pôle céleste dX, dY

- dX, dY ~ 0.5 mas donnée depuis 1984
- Avant dX, dY = 0 : la précession-nutation est prise égale au modèle de nutation UAI 2000, appelé aussi MHB (Mathews-Herring Buffet)
- Ce modèle: convolution de la nutation d'une terre rigide Kinoshita/Souchay (1991) par une fonction de transfert géophysique + nutation océanique



1. Ancienne version par rapport au modèle IAU 1980



Toutes les séries accessibles sur <http://iers.obspm.fr>

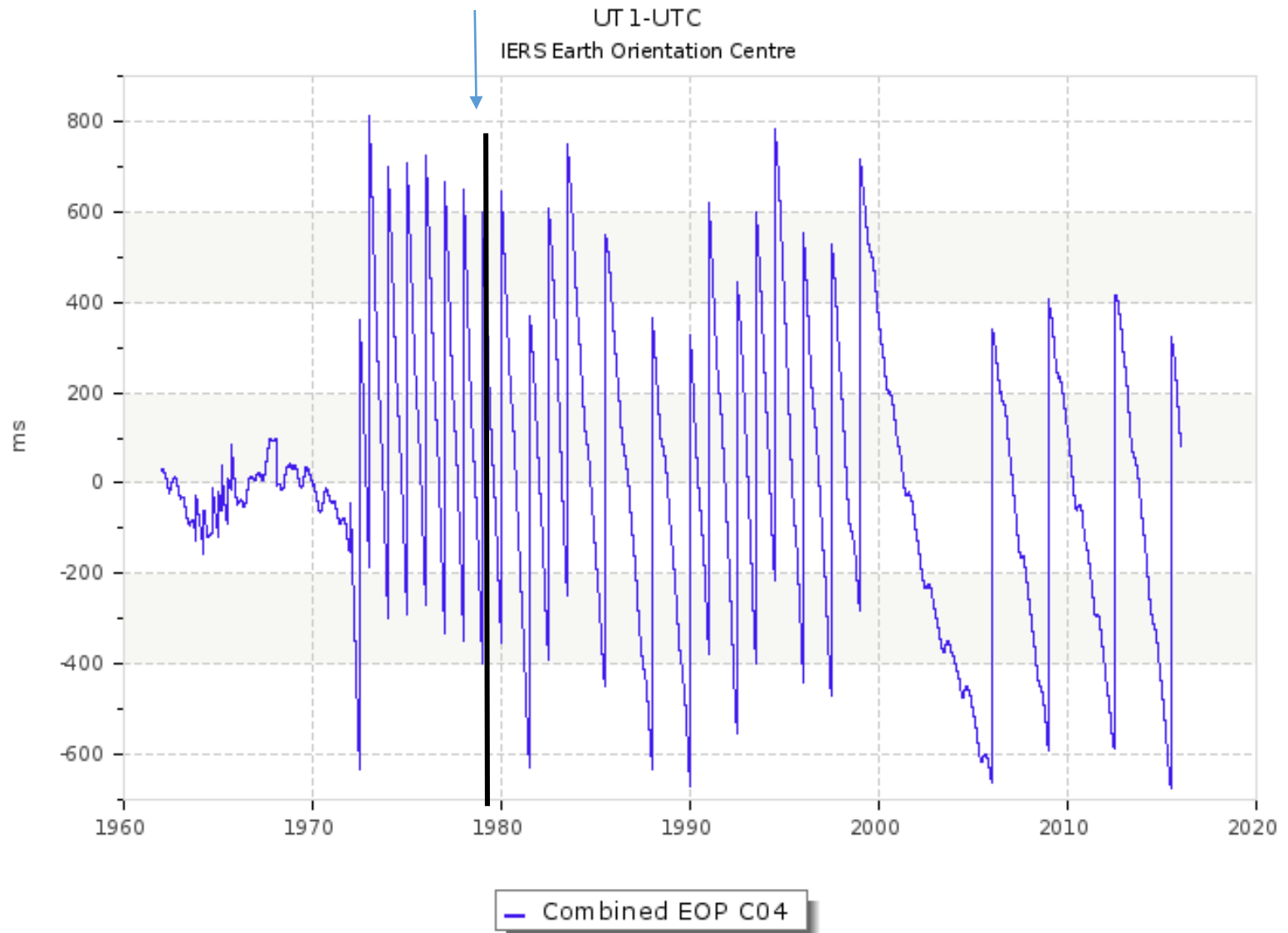
Time scale : Modified Julian Date Besselian Year

Begin End Remove tidal variations from UT1/LOD¹ label in French

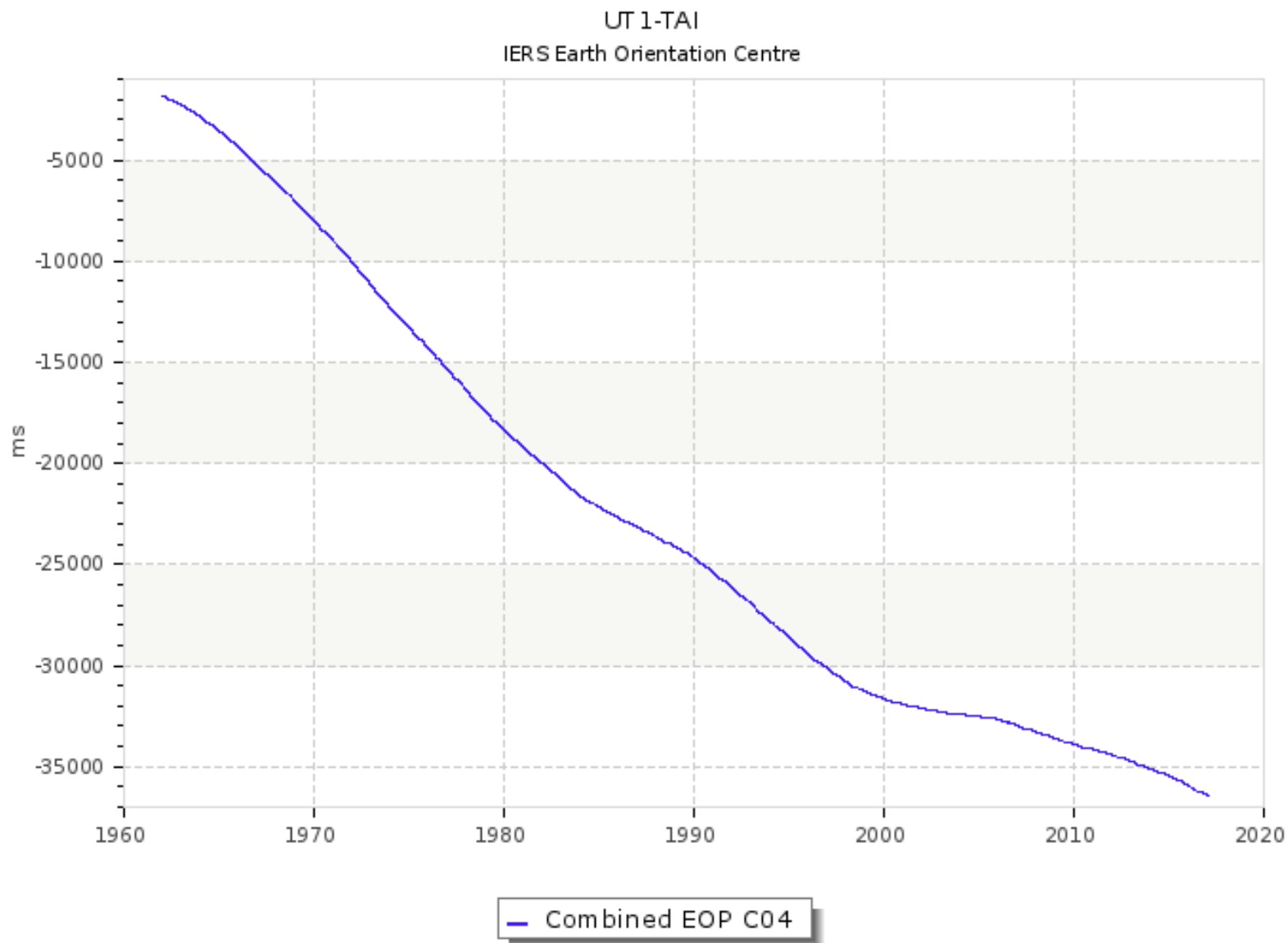
series IAU 1980 ²	series IAU 2000 ²	read	starting date	x	y	x-iy	UT1- UTC	UT1- TAI	dψ sinε ₀ UAI 1980	dε UAI 1980	dψ sinε ₀ + i dε	dX UAI 2000	dY UAI 2000	dX + i dY UAI 2000	dx/dt	dy/dt	LOD
				mas	mas	mas	ms	ms	mas	mas	mas	mas	mas	mas	mas/day	mas/day	ms
Select EOP																	
COMBINED EOP series of our service																	
<input checked="" type="radio"/> C04	C04	read	1962-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1
<input checked="" type="radio"/> C01	C01	read	1846-	1	1	1	1962-	1962-	1900-	1900-	1900-	1984-	1984-	1984-			
<input checked="" type="radio"/> C02		read	1830-					1									1
OTHER COMBINED EOP series																	
<input checked="" type="radio"/> SPACE		read	1993-	1	1	1	1	1							1	1	1
<input checked="" type="radio"/> BUL A	BUL A	read	1846-	1	1	1	1996-	1996-									
GPS EOP series																	
<input type="radio"/> CODE			1993-	1	1	1	1	1							1	1	1
<input type="radio"/> EMR			1996-	1	1	1	1	1							1	1	1
<input type="radio"/> ESOC			1996-	1	1	1	1	1							1	1	1
<input type="radio"/> GFZ			1996-	1	1	1	1	1							1	1	1
<input type="radio"/> IAA		read	2000-	1	1	1									1	1	1
<input type="radio"/> IGS Final			1996-	1	1	1	1	1							1	1	1
<input type="radio"/> IGS Rapid			1996-	1	1	1	1	1							1	1	1
<input type="radio"/> JPL			1996-	1	1	1	1	1							1	1	1
<input type="radio"/> NOAA			1996-	1	1	1	1	1							1	1	1
<input type="radio"/> SIO			1996-	1	1	1	1	1							1	1	1
VLBI EOP series																	
<input checked="" type="radio"/> AUS	AUS	read	1983-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
<input checked="" type="radio"/> BKG	BKG	read	1984-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1
<input checked="" type="radio"/> CGS	CGS	read	1984-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1
<input checked="" type="radio"/> GSFC	GSFC	read	1979-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1
<input checked="" type="radio"/> IAA	IAA	read	1979-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
<input checked="" type="radio"/> IVS quaterly	IVS	read	1984-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1
<input checked="" type="radio"/> IVS rapid	IVS	read	2005-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1
<input checked="" type="radio"/> MAO	MAO	read	2000-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			

2. UT1 -UTC depuis 1962

Début de la contribution VLBI



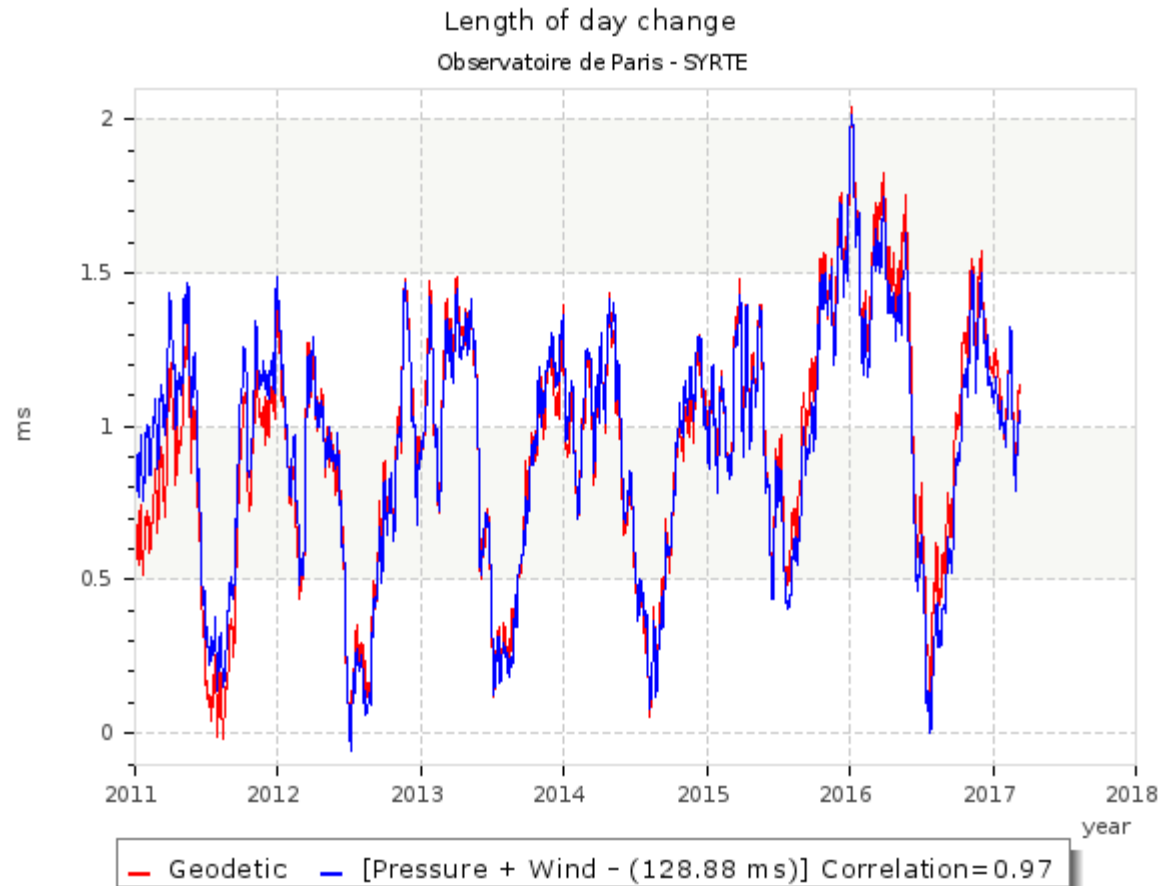
2. UT1 –TAI disponible sur notre site WEB pour toutes les séries



La quantité géophysique intéressante est l'écart à la durée du jour

$$\frac{\Delta\omega_3}{\omega_3} = -\frac{\Delta D}{D} = -\frac{d(UT1-TAI)}{dt} \quad D: \text{durée du jour } 86400 \text{ s TAI}$$

Celle-ci déterminée par satellite a une résolution temporelle plus grande, mais est biaisée. Correction des biais par le LOD(VLBI).



II. Combinaison C04

Paramètres de rotation de la Terre (PRT) de référence recommandé par l'IERS

- *Valeurs finales* se terminant un mois en arrière données par l'Observatoire de Paris: **C04** ou **Bulletin B** (journalière), **C01** (tous les 0.05 an)
- *Valeurs rapides* (de un mois en arrière à la date en cours) + prédiction données par l'USNO: **Bulletin A**
- En fait, pour nos besoins et ceux du CNES, nous calculons une extension avec les valeurs rapides et la prédiction (autre label WEB/FTP)
- Les PRT C04 / Bulletin A se composent des valeurs journalières des/de
 1. coordonnées du pôle céleste intermédiaire (CIP) dans le repère terrestre international (ITRF)
 2. **UT1 – UTC**
 3. **Corrections au modèle de nutation IAU 2000 dX, dY (« écarts au pôle céleste »)**
 4. L'écart à la durée du jour LOD

Principe de la combinaison C04 pour dX, dY:

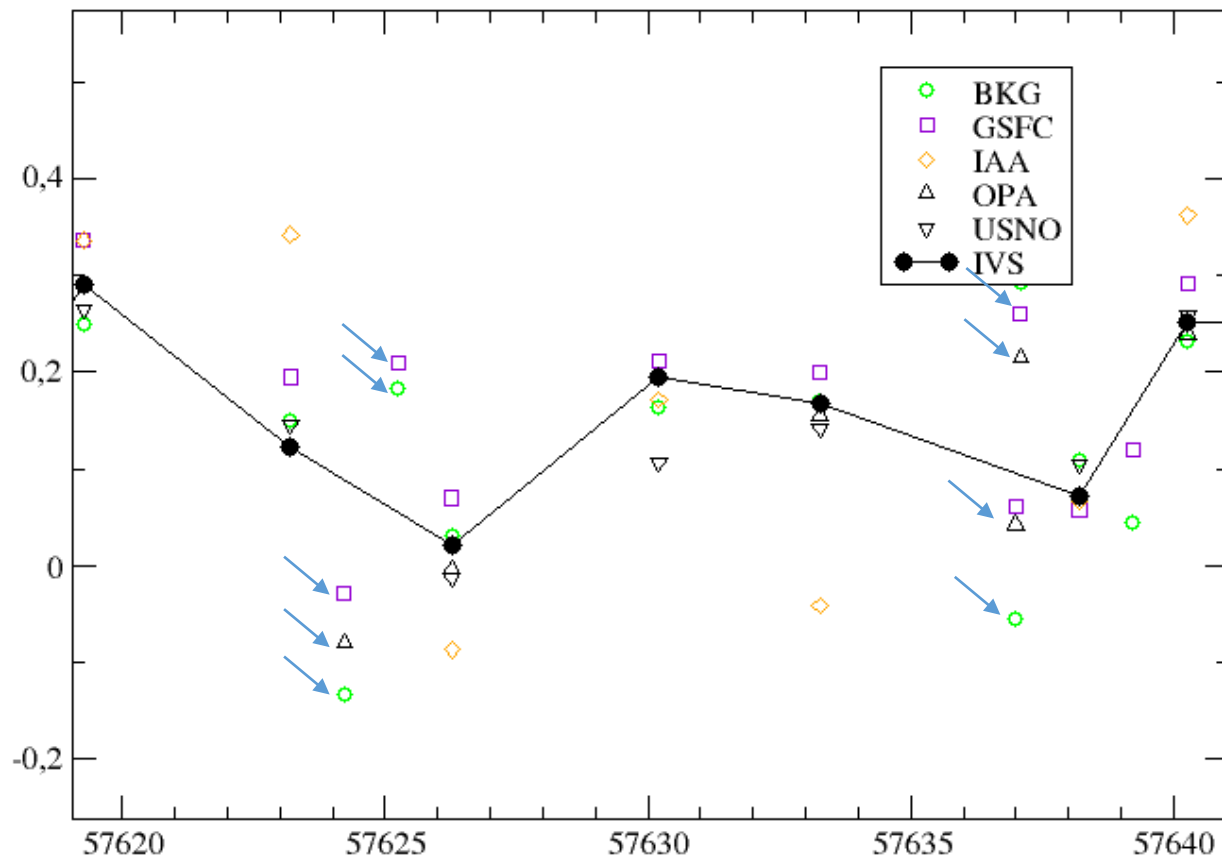
- Collecte des séries dX, dY des centres IVS: OPA, GSFC, USNO,...
- Retrait de biais et pente éventuelles par rapport à la série combinée IVS cohérente avec l'ICRF
- Pondération annuelle des séries en calibrant les erreurs formelles des valeurs dX, dY par la dispersion moyenne entre les différentes séries sur un an
- Ordonnancement par dates croissante
- Moyennisation sur intervalles consécutifs de 0.5 jours, propagation des valeurs à la date moyenne pondérée par splines
- Interpolation linéaire à 0h
- Calcul journalier, version IERS mardi et jeudi + Bulletin B mensuel

Principe de la combinaison C04 pour UT1-UTC:

- Collecte des séries UT1-UTC des centres IVS: OPA, GSFC, USNO,...
- Retrait de biais et pente éventuelles par rapport à la série combinée IVS cohérente avec l'ICRF
- **En raison de l'amplitude de UT1-UTC $< 0.9 \text{ s} \equiv 10''$, retrait d'une série de référence lissée (la solution C04 précédente + prédiction) aux dates des séries individuelles pour minimiser les erreurs d'interpolation**
- Pondération annuelle des séries en calibrant les erreurs formelles des valeurs UT1 par la dispersion moyenne entre les différentes séries sur un an
- Ordonnancement par dates croissante
- Moyennisation sur intervalles consécutifs de 0.5 jours, propagation des valeurs à la date moyenne pondérée par splines
- Interpolation à 0h par splines cubiques
- **Rajout de la référence aux dates interpolées**
- Calcul journalier, version IERS mardi et jeudi + Bulletin B mensuel

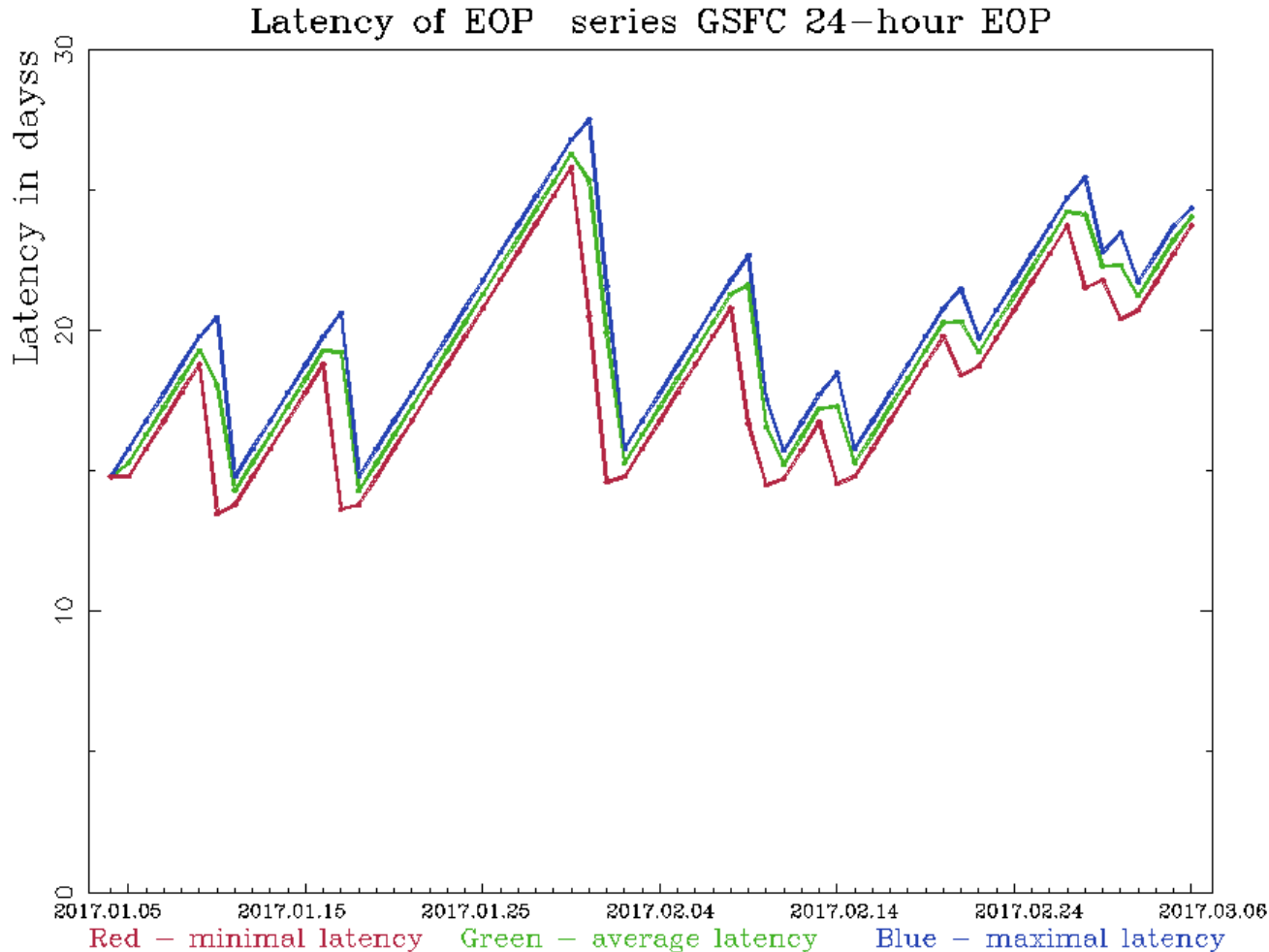
Valeurs de la série IVS combinée complétée par celles des autres centres

- Sélection exclusive des valeurs IVS dans un intervalle de 1 jour les entourant
- En dehors prise en compte des valeurs des autres séries



Retard moyen des données: dX, dY, UT1-UTC (standard)

Retard moyen par rapport à la date actuelle: exemple représentatif des séries du GSFC depuis janvier 2017



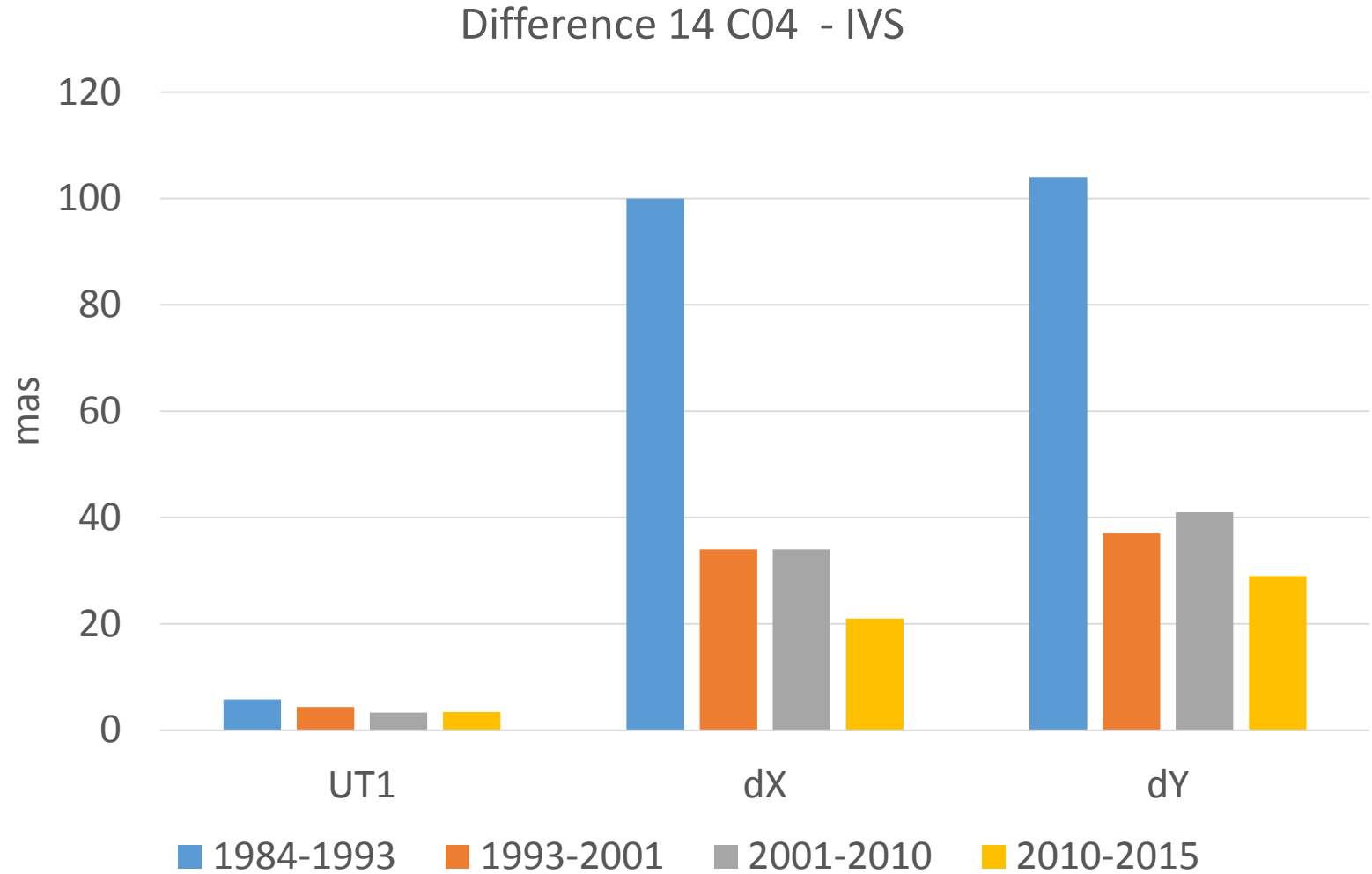
Leonid Petrov,
<http://earthrotation.net>

Contribution relative des séries VLBI dans la C04

De MJD 57438.00 a 57803.00

kode	som. ind.	%	
IGS	149500.002	89.60	x
ILRS	9391.464	5.63	x
IVS	7956.443	4.77	x
BKG	162082.538	3.23	UT1
GSFC	43106.501	0.86	UT1
IAA	4133.858	0.08	UT1
OPA	4745470.092	94.51	UT1
USNO	1667.393	0.03	UT1
IVS	64572.689	1.29	UT1
BKG	17168.754	17.16	dX
GSFC	16512.625	16.51	dX
IAA	4744.134	4.74	dX
OPA	13742.775	13.74	dX
USNO	1734.005	1.73	dX
IVS	46122.135	46.11	dX

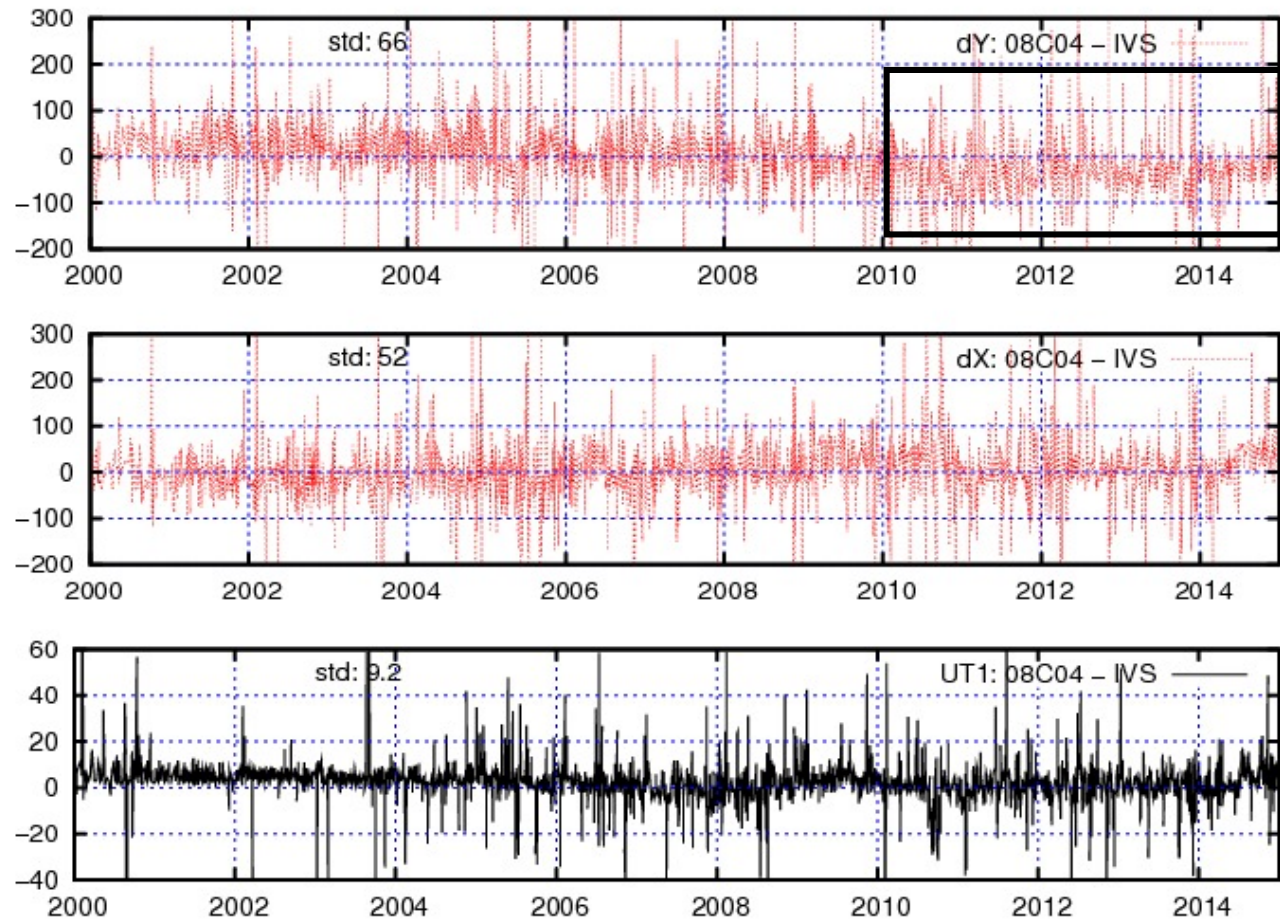
Différences C04 (version ITRF 14) – IVS combinée



Différences C04 (version ITRF 08) – IVS combinée

C04 ancienne version (08 C04)

Biais pour dY à partir de 2010



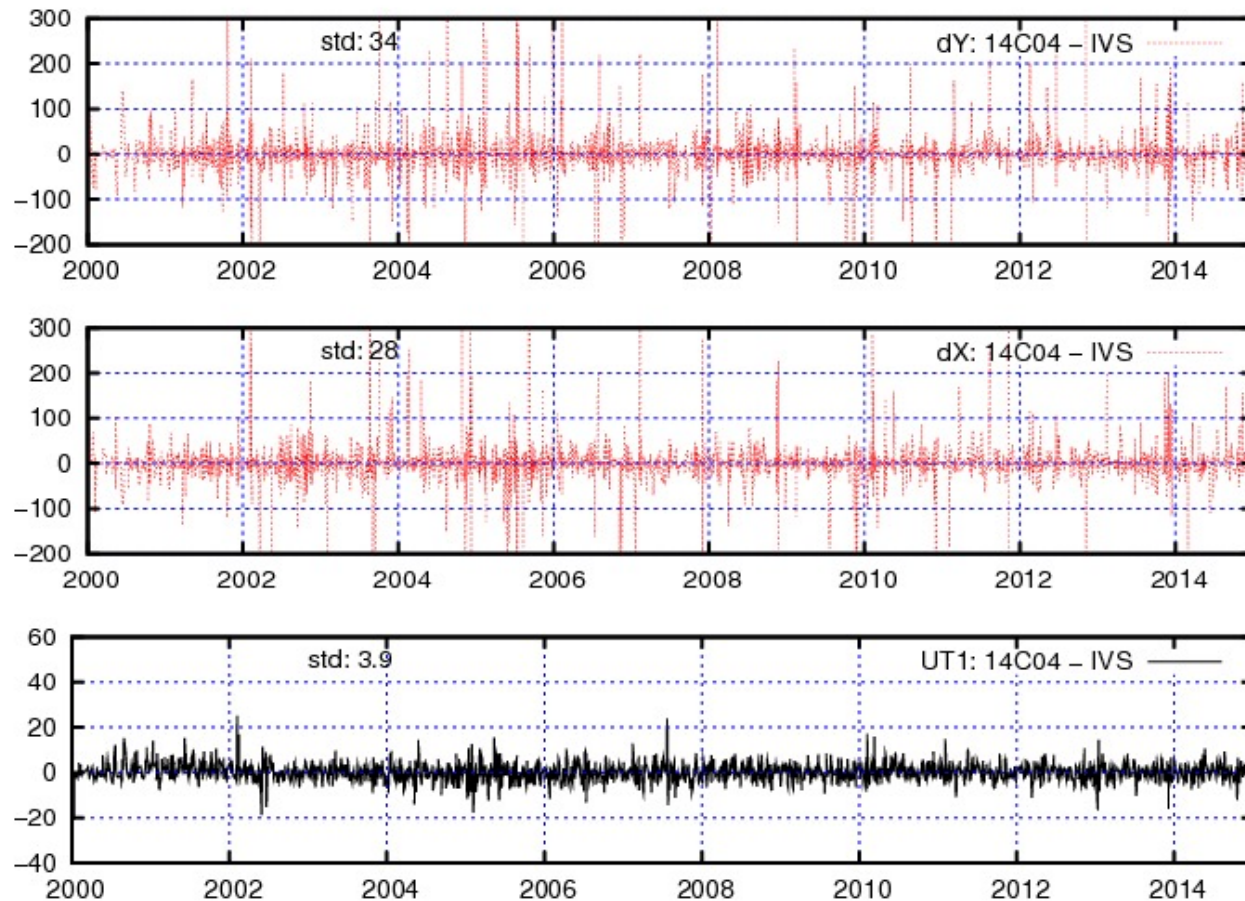
Différences C04 (version ITRF 14) – IVS combinée

Amélioration spectaculaire

Pour dX, dY : 30/40 μas au lieu de 60 μas

Pour UT1: 4 μas au lieu de 14 μas

14 C04 – IVS



III. Variations rapides

Détermination des variations rapides pour dX , dY

- Pratique actuelle dX , $dY = 0$ sur *les deux dernières semaines sans détermination VLBI*, erreur au plus de l'ordre de 0.5 mas n'obérant pas les traitements des observations de géodésie spatiale...
- Plus forte variation de ~ 0.3 mas sur $430/2 = 215$ jours, 0.020 mas pour 2 semaines, inférieur à l'incertitude
- Possibilité d'extrapoler par un modèle empirique constituée de corrections à qq termes luni-solaires (1 a, 18.6 a, 182 j, 13.6 j) + modèle de la nutation libre du noyau

Détermination des variations rapides pour UT1-UTC

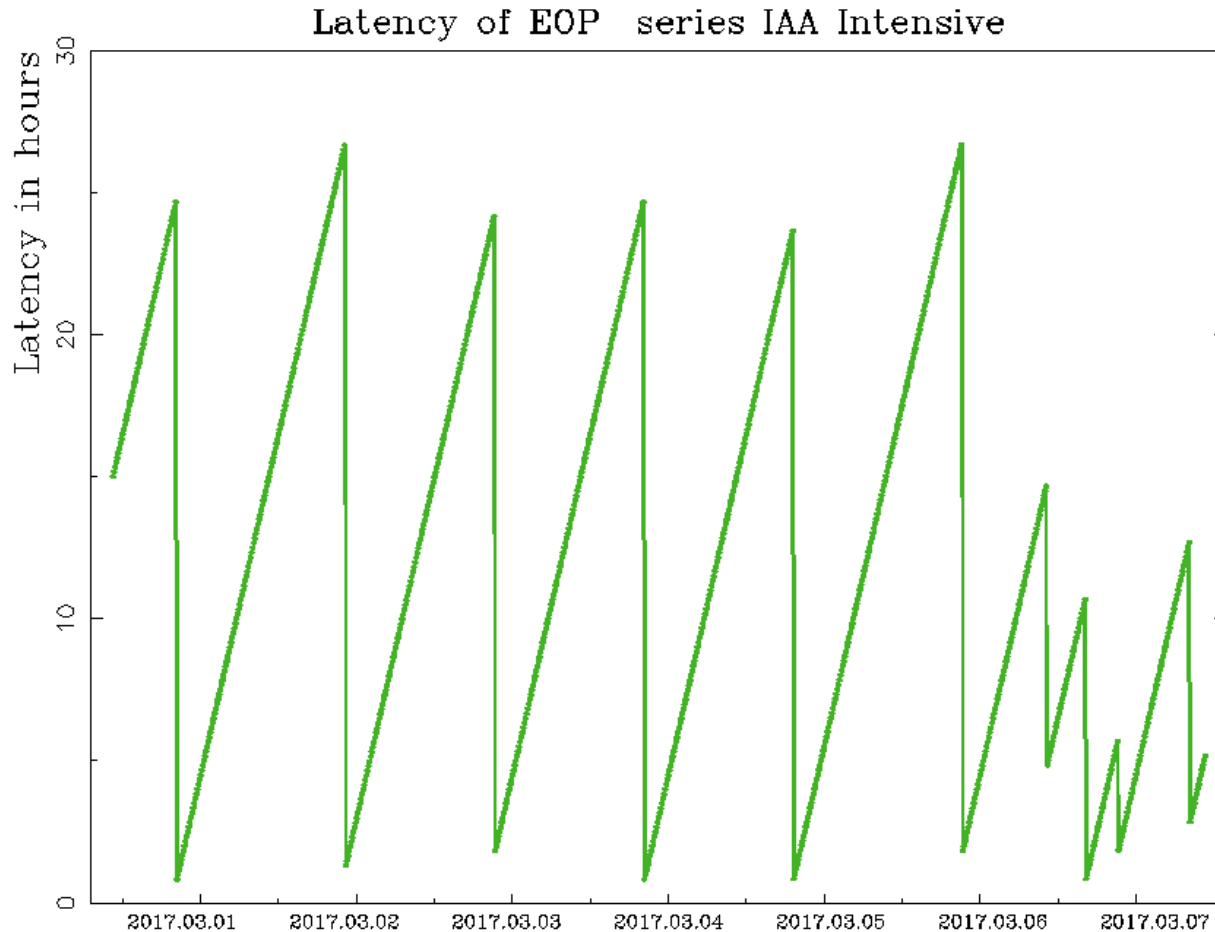
- Utilisation des sessions VLBI intensives donnant UT1 –UTC avec un délai allant de 1 h à 50 h.
- Pour aller de la dernière date VLBI t_{VLBI} à 0h de la date en cours, intégration de l'écart à la durée du jour LOD donné par GNSS

$$UT1 - UTC = (UT1 - UTC)_{t_{VLBI}} - \int_{t_{VLBI}}^{0h} \frac{LOD}{D} dt,$$

$$D = 86400 \text{ s TAI}$$

Retard des données UT1 –UTC intensives

Retard moyen par rapport à la date actuelle: exemple représentatif de la Série IAA intensive depuis janvier 2017

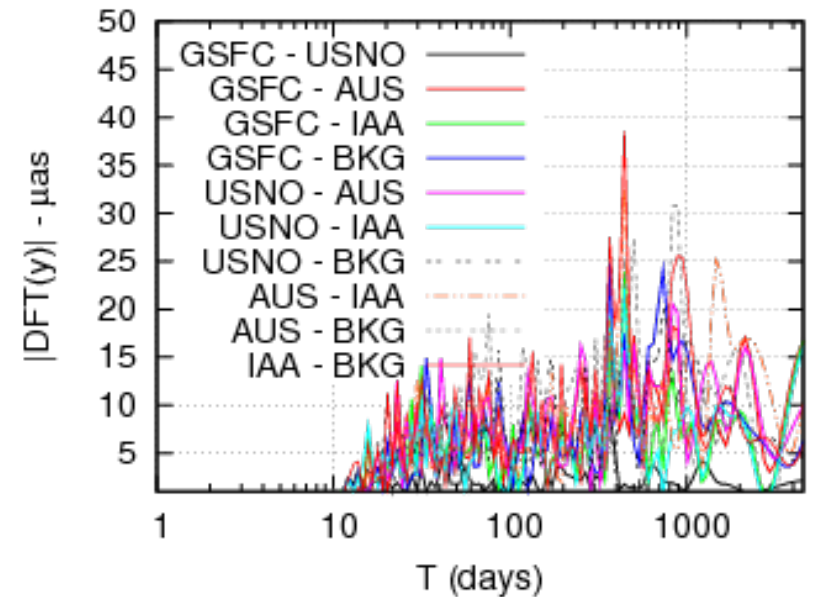
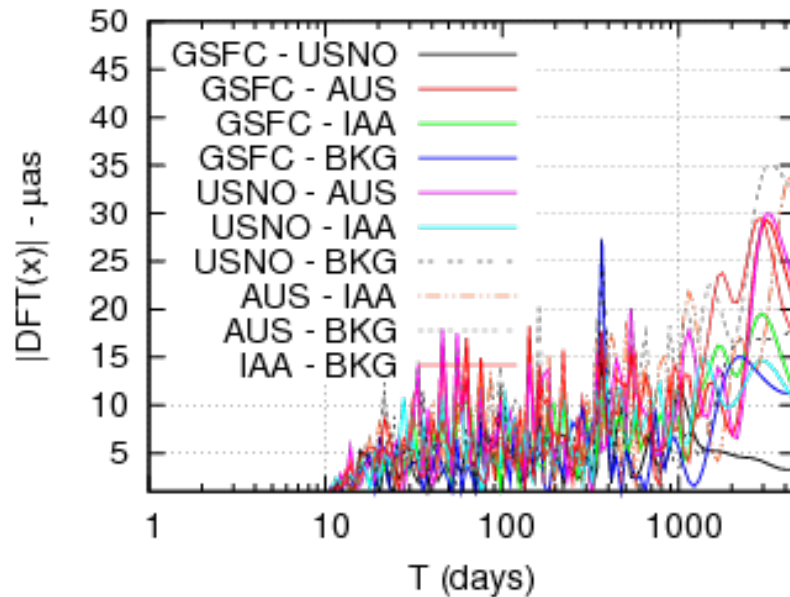
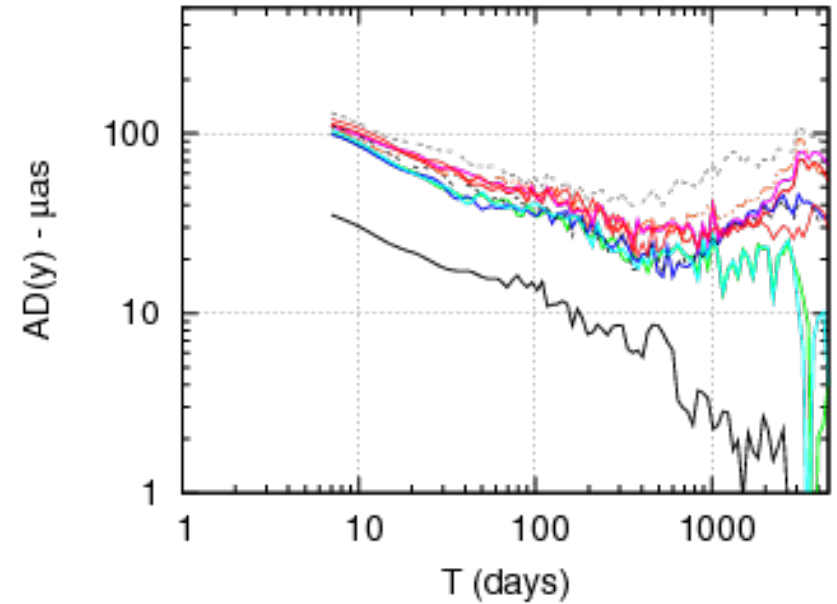
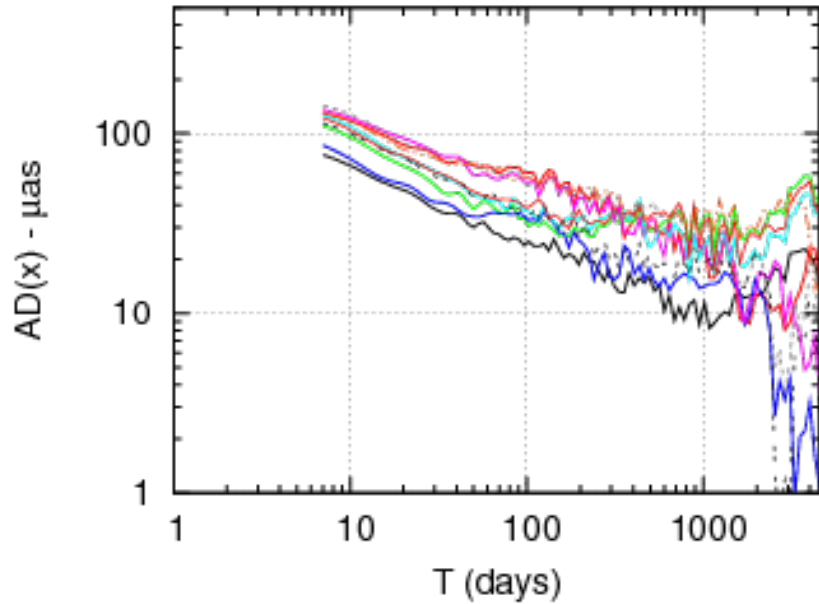


Leonid Petrov,
<http://earthrotation.net>

Et le mouvement du pôle?

- Résolution temporelle > 5 jours moins bonne que pour les séries GNSS ~ 1 jour
- Pour des périodes > 7 jours, l'écart au pôle C04, provenant essentiellement des GNSS, est environ $80 \mu\text{as}$ (2010-2015), soit 2 fois l'incertitude de la série C04
- Cependant...

Déviatiun d'Allan et spectre pour les différences de paires



Bilan statistique journalier: à vous de jouer!

http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/WEBFTP14/accueil_C04.html

