

# PRÉSENTATION DU TRANSFERT DE TEMPS À GÉOAZUR/OCA – PLATEAU DE CALERN

La lune blanche  
Luit dans les bois ;  
De chaque branche  
Part une voix  
Sous la ramée ...

Ô bien-aimée.

L'étang reflète,  
Profond miroir,  
La silhouette  
Du saule noir  
Où le vent pleure ...

Rêvons, c'est l'heure.

Un vaste et tendre  
Apaisement  
Semble descendre  
Du firmament  
Que l'astre irise ...

C'est l'heure exquise.

L'heure exquise - P. VERLAINE



# PLAN DE LA PRÉSENTATION

I. A l'heure du plateau de Calern

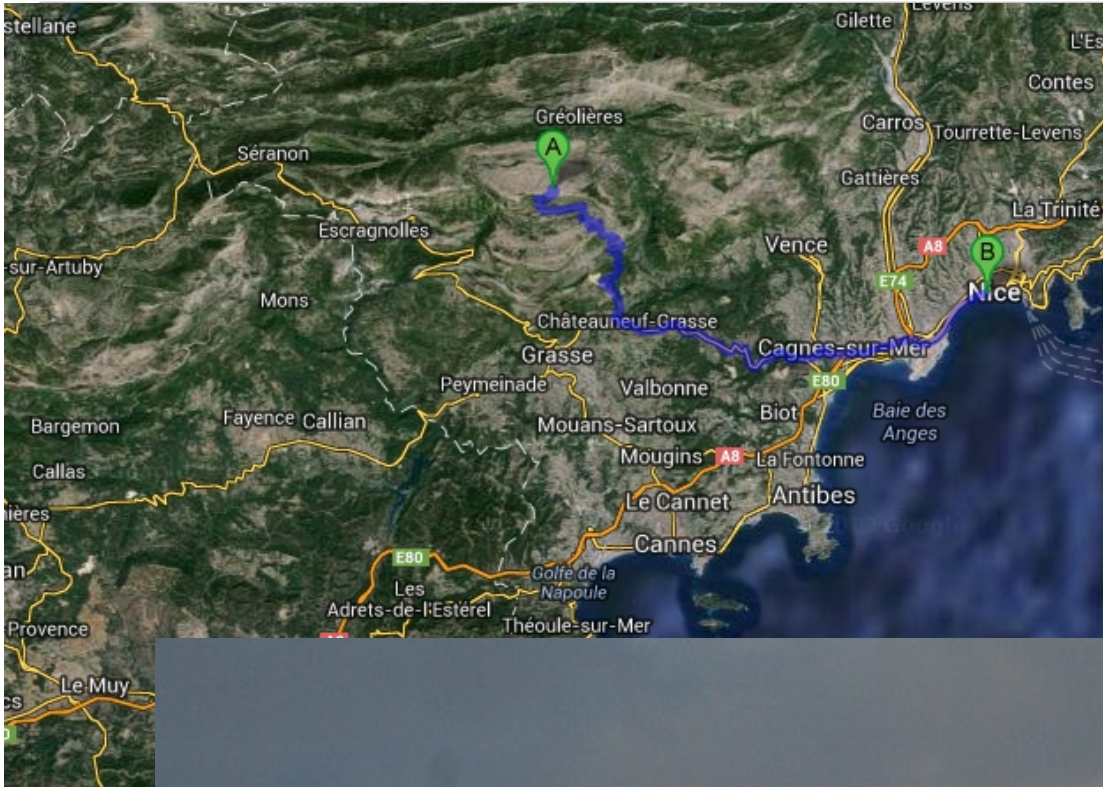
II. T2L2 : principe et performances

III. Étalonnages nécessaires et comparaisons inter-techniques



Présentation restreinte à l'aspect étalonnage et développement des moyens d'inter-comparaisons des techniques de transfert de temps –  
financement labex First-TF 2012

# A L'HEURE DU PLATEAU DE CALERN



# A L'HEURE DU PLATEAU DE CALERN



# A L'HEURE DU PLATEAU DE CALERN

T2L2  
MéO & FTLRS

Comparaison des techniques  
de transfert de temps

R&D  
Métrologie de précision

Télémétrie laser :  
MéO & FTLRS



Participation au  
TA(F)

Participation au  
TAI

Participation à  
UTC

Equipex :  
REFIMEVE+

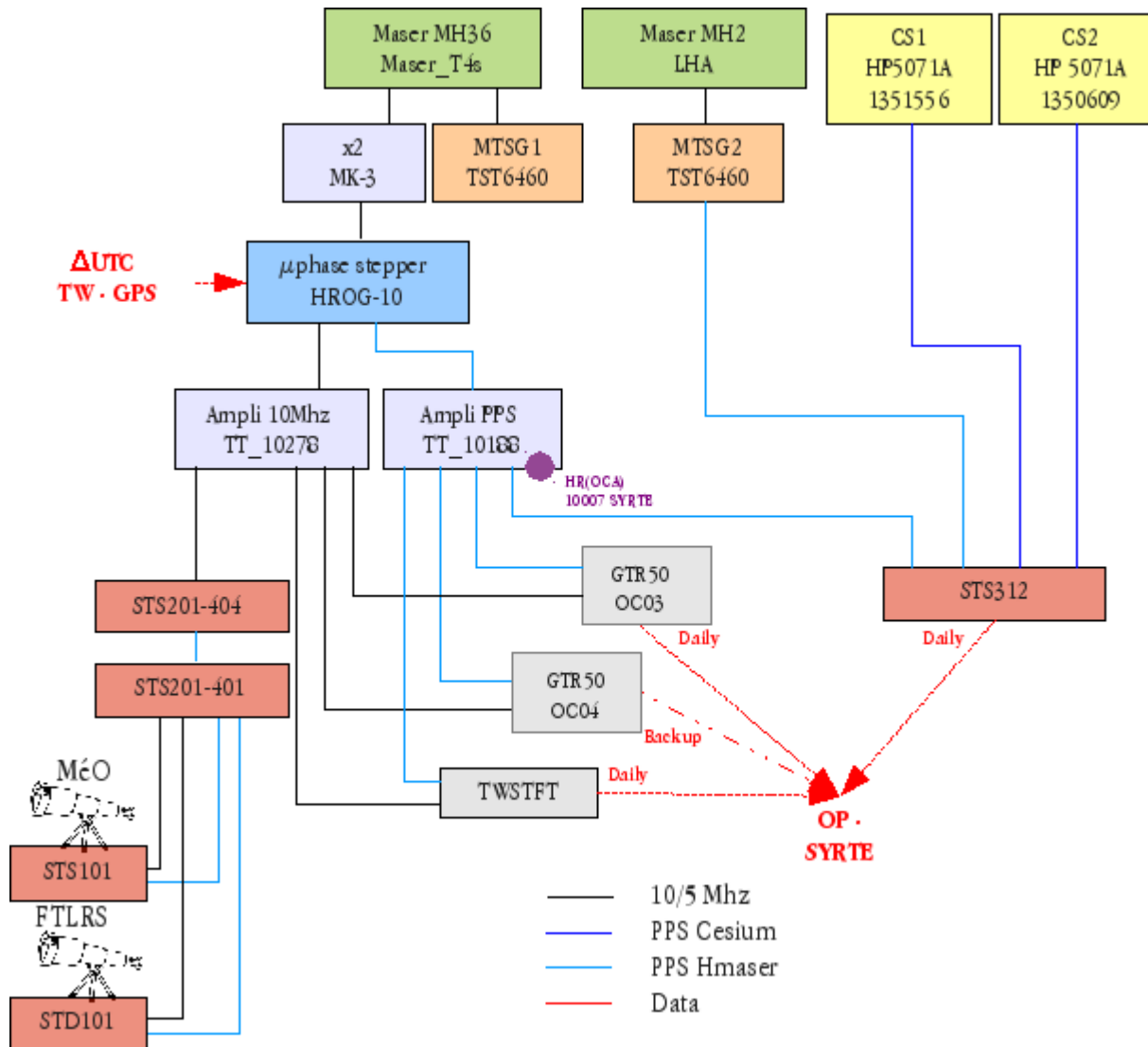
Labex :  
First-TF

# A L'HEURE DU PLATEAU DE CALERN

- 1 stations **laser fixe MéO** 1.54m (Télémétrie, T2L2, lien cohérent)
- 1 station **laser ultra-mobile FTLRS** (Télémétrie, T2L2)
- 1 système de **transfert de temps 2 voies TWSTFT**
- 2 **horloges atomique Césium**
- 2 **masers** à hydrogène
- 3 **dateurs ultra stables STX** (précision : 0.6 ps rm et linéarité : 0.3 ps rms)
- 2 **récepteurs GPS** Dicom GTR 50
- 1 **micro-phase stepper**, 5 intervalomètre SR620, amplis, multiplexeurs ...



# A L'HEURE DU PLATEAU DE CALERN



→ Completely optimised Oct. 2012.

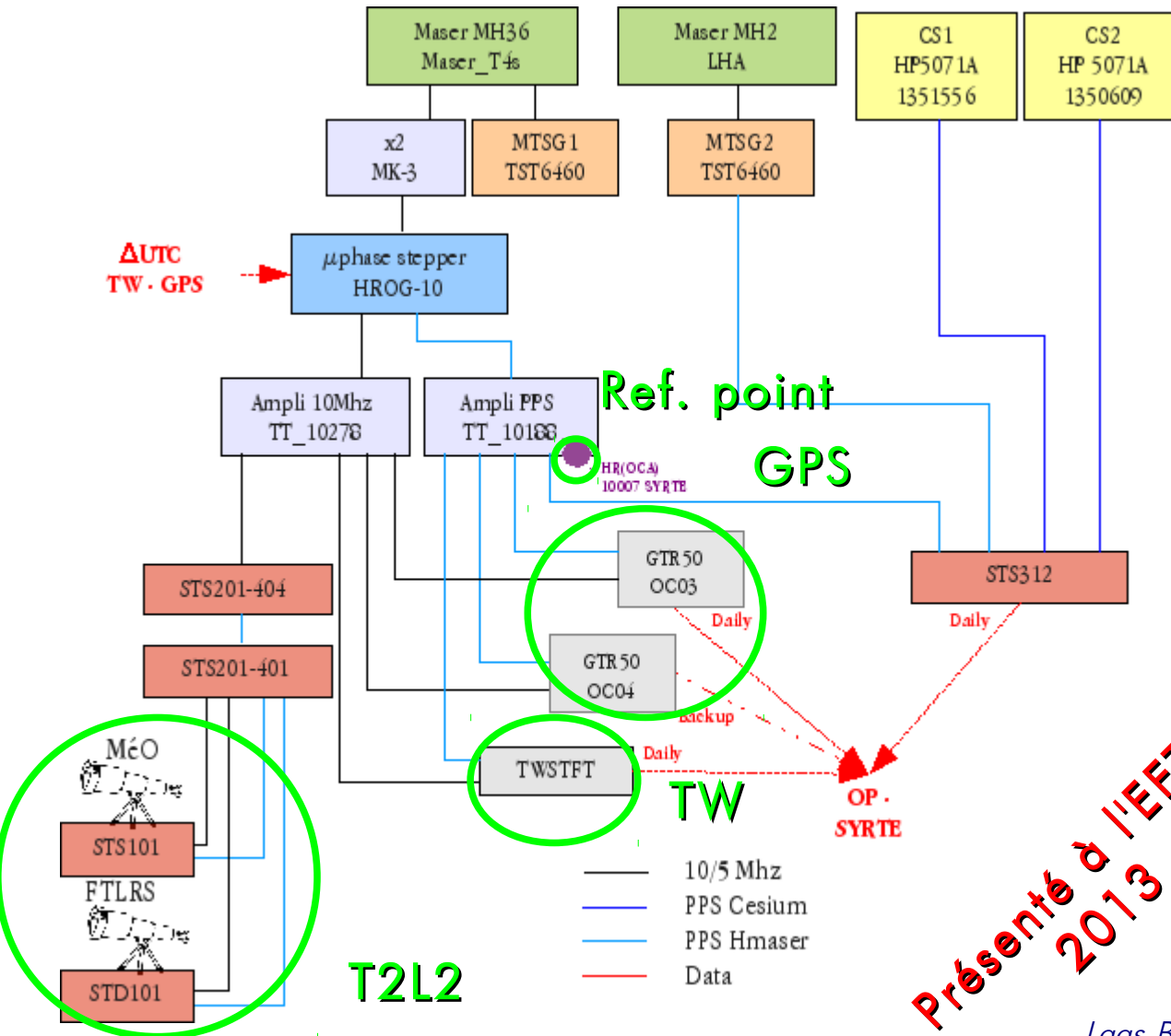
→ A **single local atomic time scale** based on the hydrogen maser.

→ **Daily** and **automated** maser frequency correction compared to UTC (OP) via **GPS** and **TWSTFT**.

→ Acquisition of a set of **ultra stable PPS signal generator**: STS and distributor STD.

→ Acquisition of a **subpicosecond event timer** with 14 entries: STS312 particularly to make hourly PPS signals measurements for all clocks in the context of our participation in the TA(F).

# A L'HEURE DU PLATEAU DE CALERN



→ Completely optimised Oct 2012.

→ A single local atomic time scale based on the hydrogen maser.

→ Daily and automated maser frequency correction compared to UTC (OP) via GPS and TWSTFT.

→ Acquisition of a set of ultra stable PPS signal generator: STS and distributor STD.

→ Acquisition of a subpicosecond event timer with 14 entries: STS312 particularly to make hourly PPS signals measurements for all clocks in the context of our participation in the TA(F).

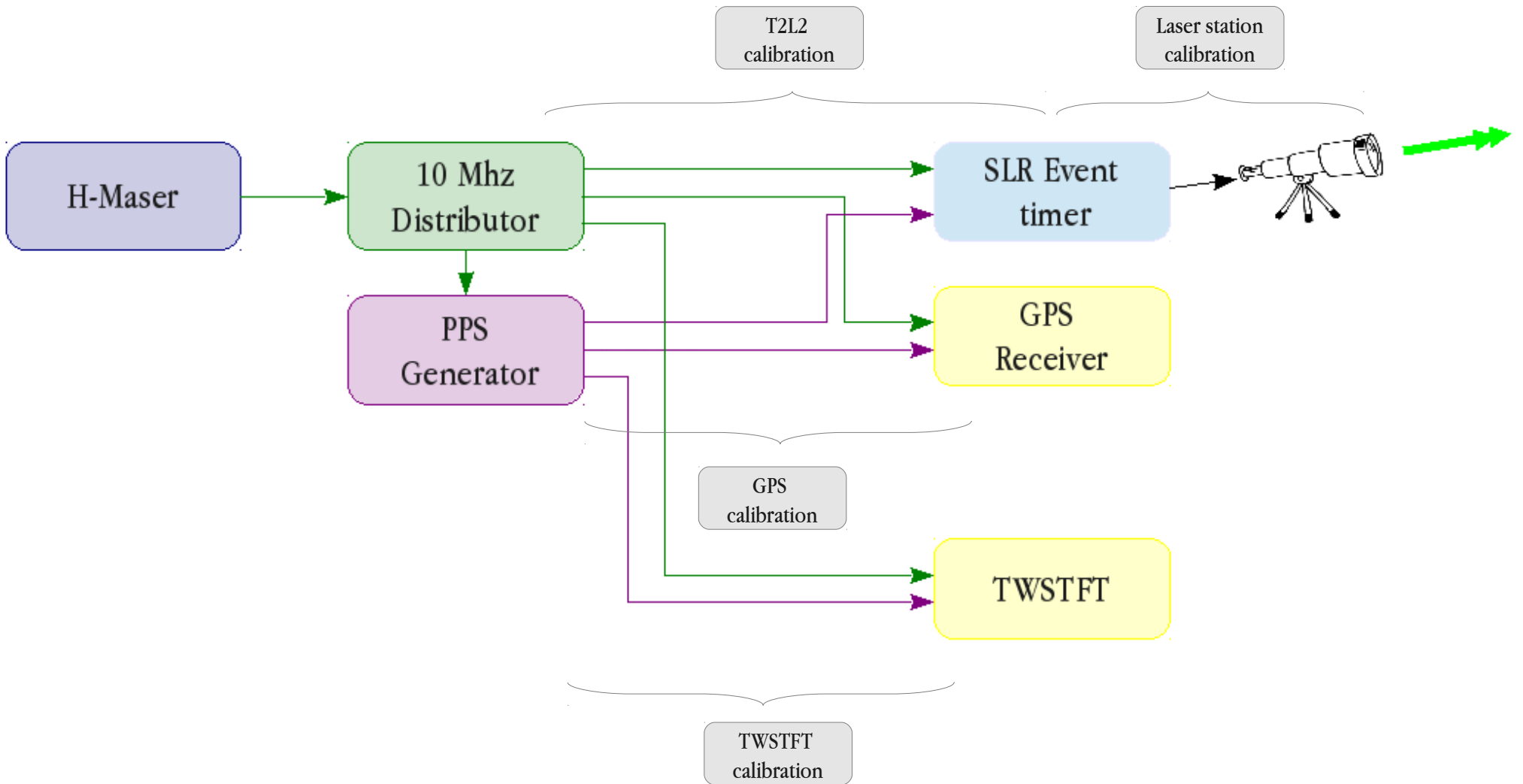
**FINANÇÉ PAR LE LABEX FIRST TF 2012**

**Présenté à l'EFTF 2013**

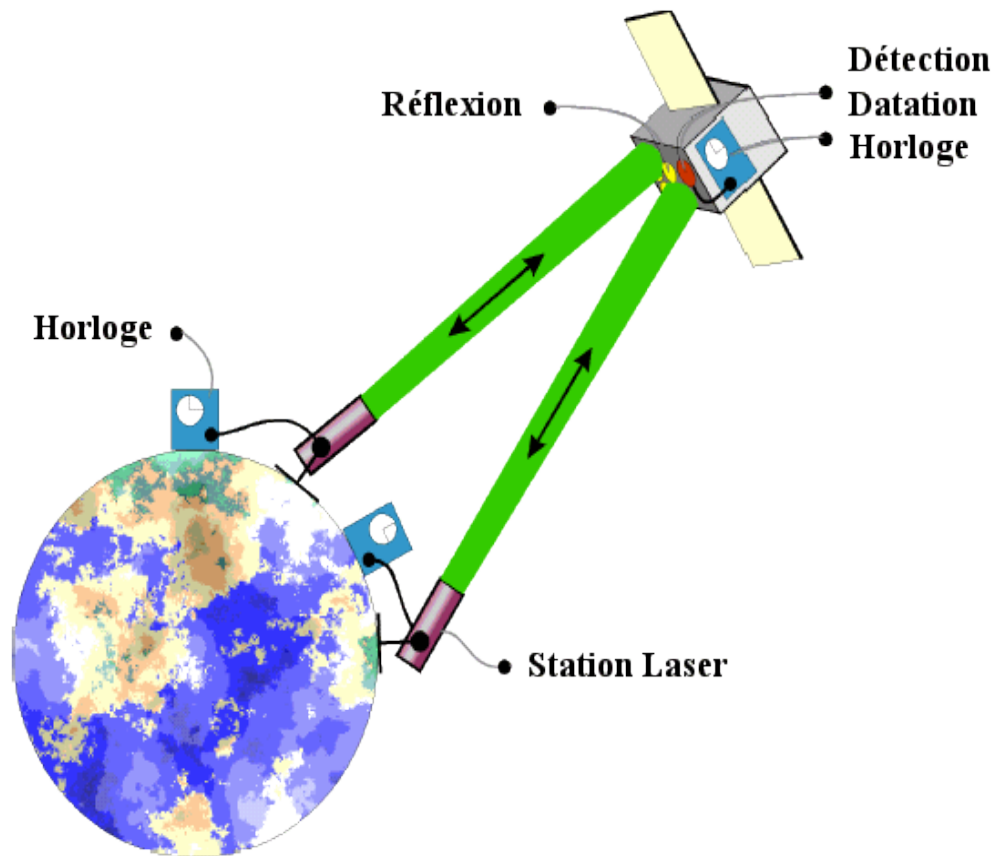
Laas-Bourez, M. et al. Proc. EFTF 2003



# A L'HEURE DU PLATEAU DE CALERN



# T2L2 : PRINCIPE ET PERFORMANCES



x Synchronisation d'horloges par lien Laser : impulsions laser envoyées à partir de plusieurs stations laser au sol vers un satellite équipé d'une horloge et d'une instrumentation de datation des impulsions lumineuses.

x T2L2 a été lancé en tant qu'instrument passager sur le satellite **Jason 2** en juin 2008. Depuis cette date **Géoazur** et le **CNES** exploitent les données.

# T2L2 : PRINCIPE ET PERFORMANCES

## ■ Lancé en 2008 sur Jason-2 :

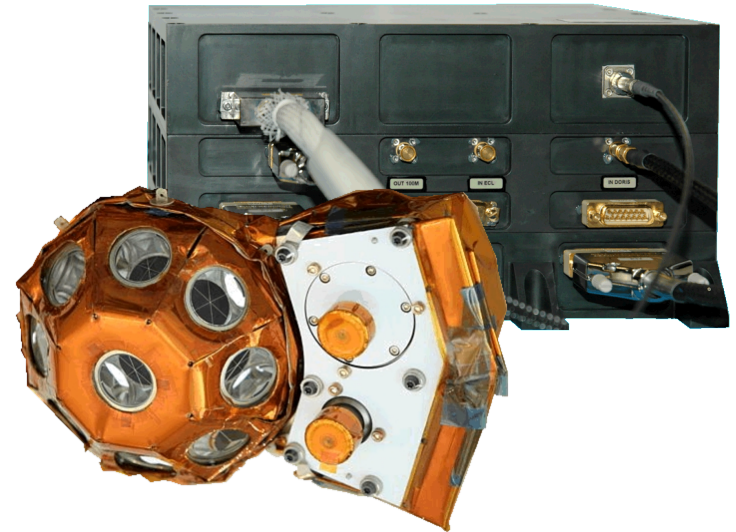
- ◆ Env. 6 ans de mission en continue
- ◆ Plus de 20 stations lasers impliquées dans le monde, soit 26000 passes et env. 130 millions tirs laser détectés
- ◆ Tous les paramètres sont nominaux

## ■ Traitement de données

- ◆ CMS complètement opérationnel
- ◆ Données <https://t2l2.oca.eu/>

## ■ Objectifs scientifiques :

- ◆ Stabilité :  $< 10 \text{ ps @ } 100 \text{ s}$ ,  $< 2 \text{ ps @ } 1000 \text{ s}$  &  $< 10 \text{ ps @ } 1 \text{ jour}$
- ◆ Exactitude 300 ps
- ◆ Freq. horloge bord : qqes  $10^{-13}$



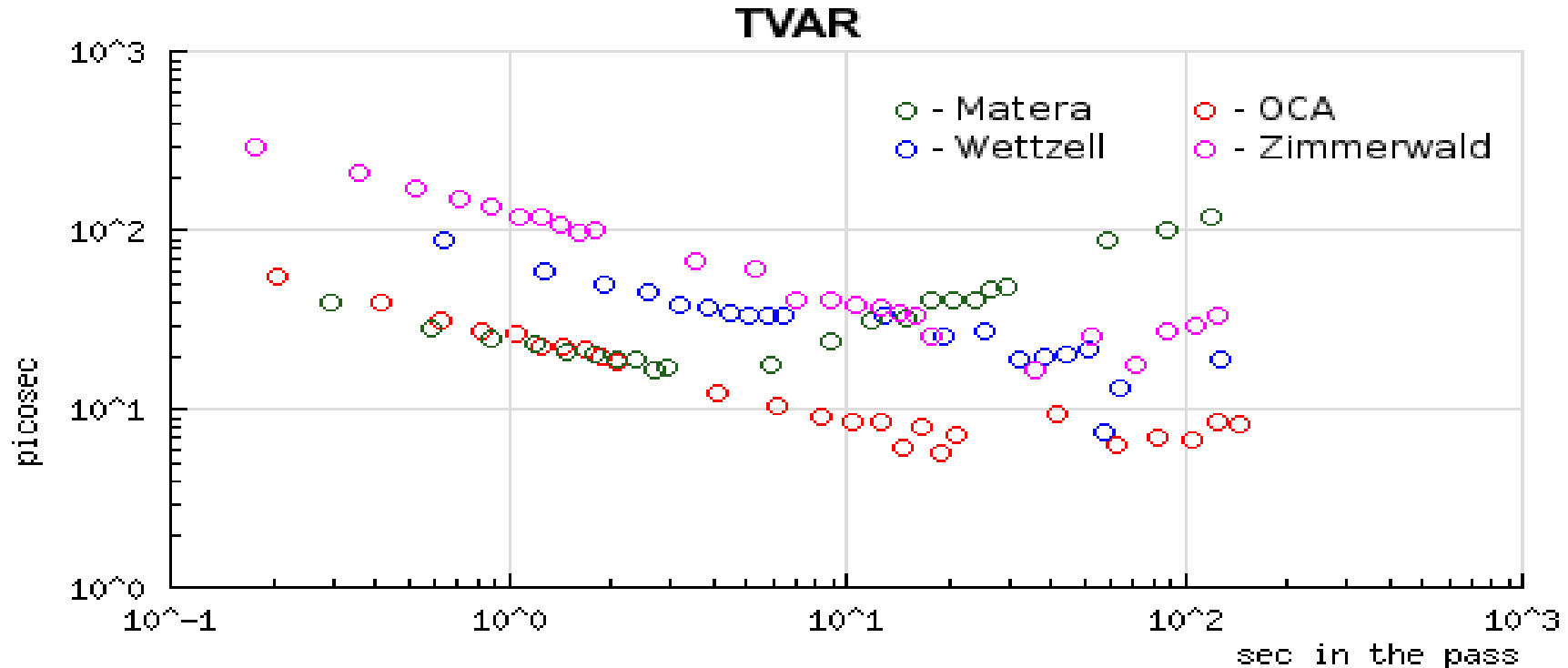
*Samain, E. et al. International J. Modern Phys. 2008*

## Résultats en stabilité

La stabilité à court terme : Inférieure à 10 ps de 10 à 100s

→ Stabilité du lien sol – bord C horloges sol et bord

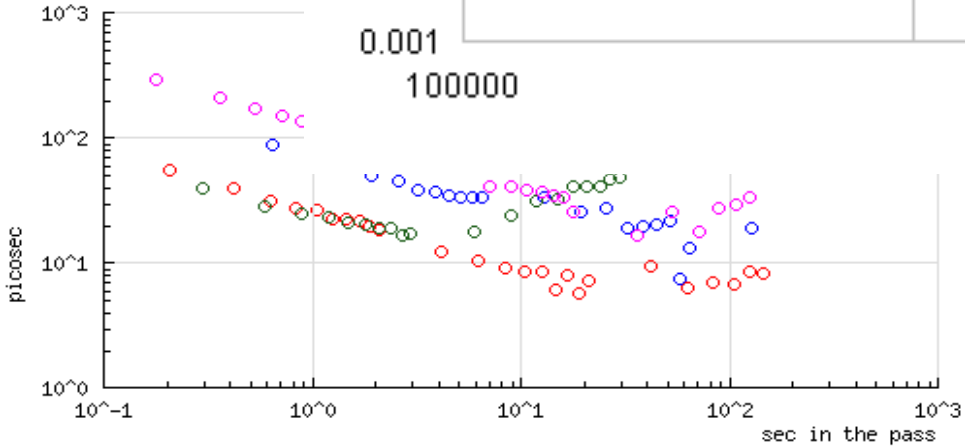
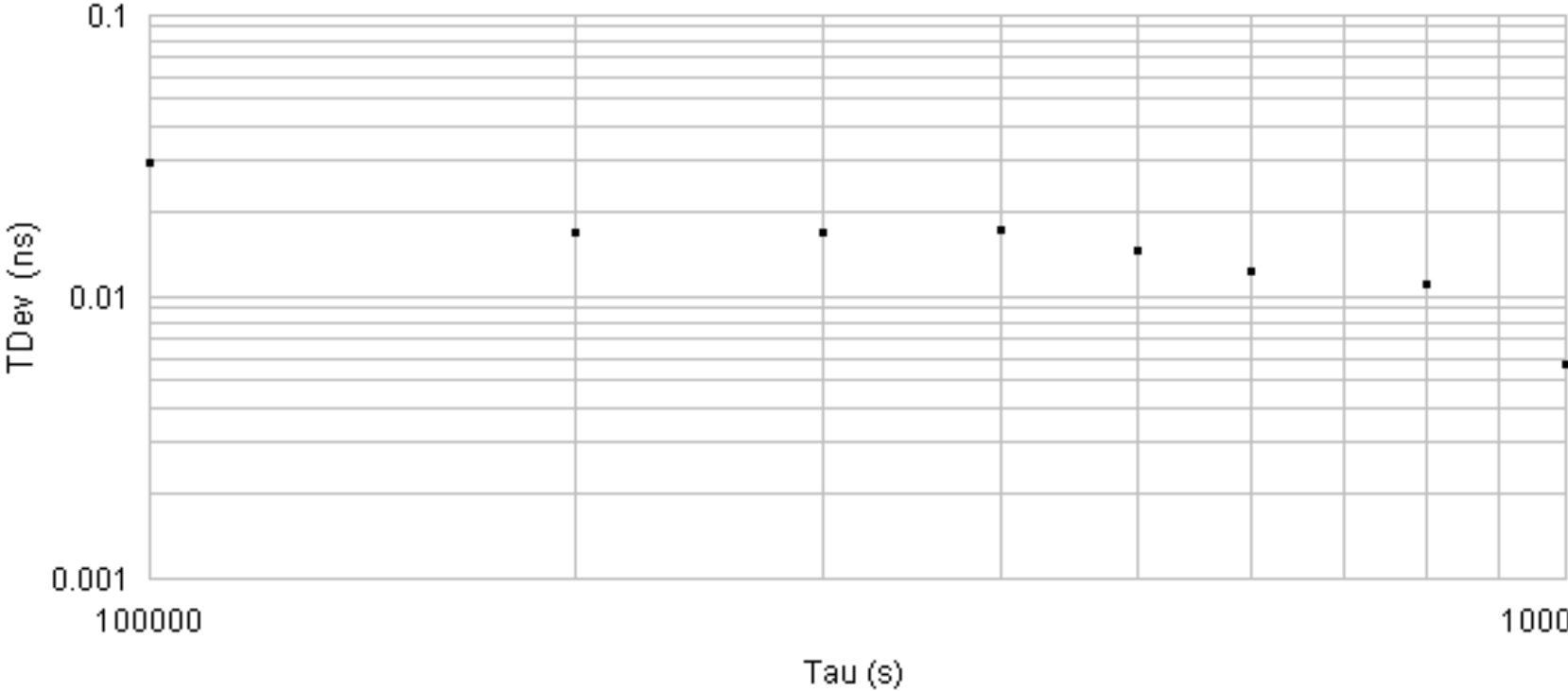
→ Clairement influencée par les performances SLR / Horloge



# T2L2 : PRINCIPE ET PERFORMANCES

## Résultats en stabilité

Allan modifié N° 0 Source : MeO-FTLRs CMS.txt Col N° 0



### Stabilité à long terme

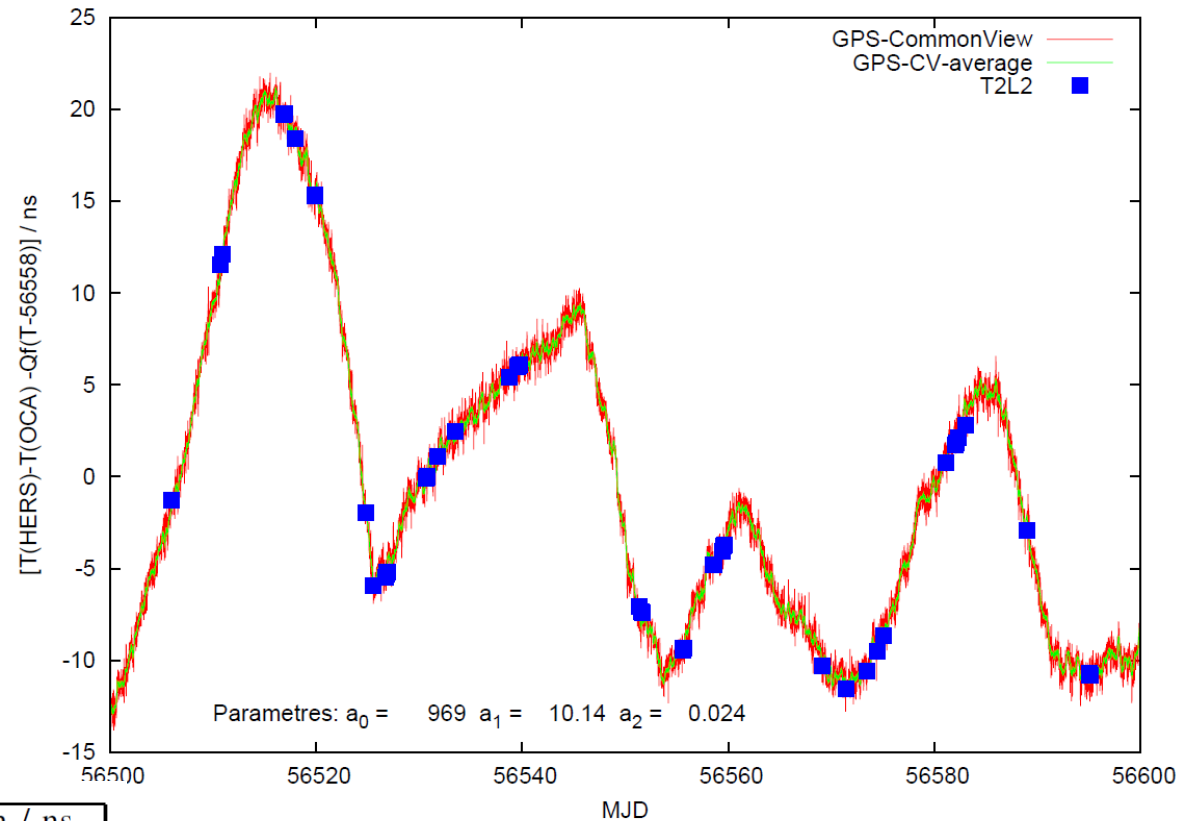
- Entre Méo et FTLRS, horloge commune
- Environ 10 ps de 1 à 10 day



## Résultats en exactitude

### Comparison T2L2 / GPS

- tous les labos ont été **calibrés** pour les 2 techniques
- diff moyenne entre GPS et T2L2 < 300 ps (avec un écart type de 500 ps du au GPS)

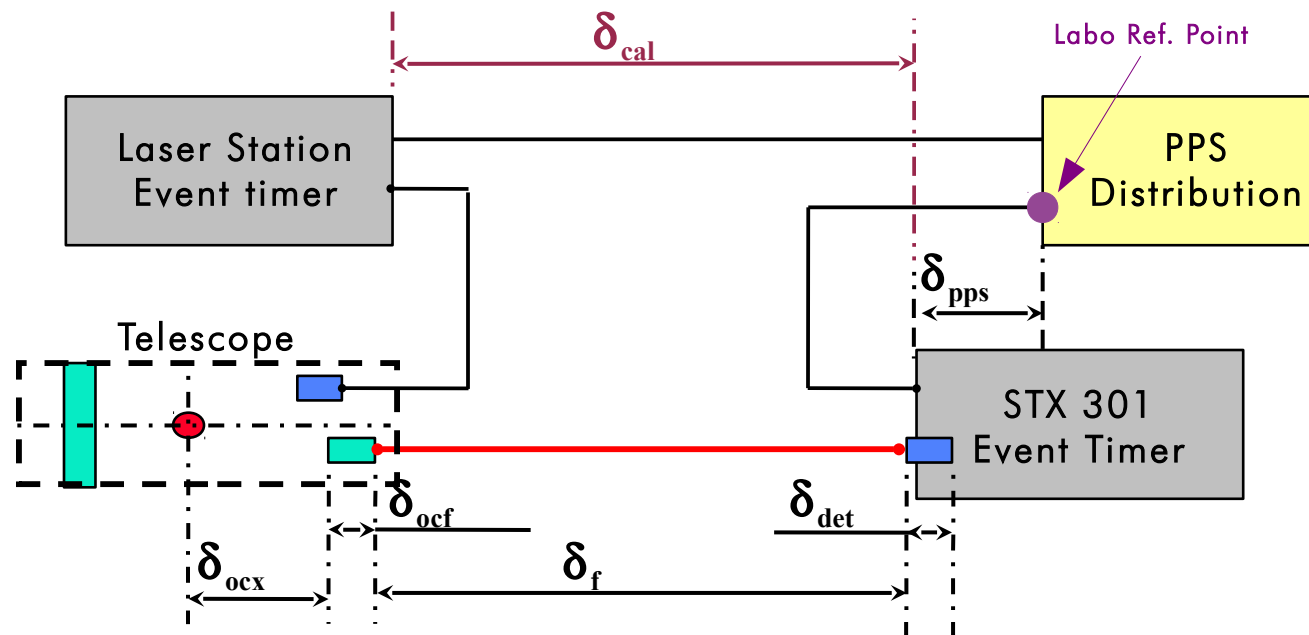


Link	Number of points	Average ns	Standard Deviation / ns	
			GPS CV	GPS filtered
SGF-OCA	42	0.09	0.49	0.37
OP-OCA	12	0.24	0.48	0.25
SGF-OP	5	0.10	0.32	0.32

Rovera, D. et al. Proc. CPEM 2014

# ÉTALONNAGES NÉCESSAIRES ET COMPARAISONS

## Étalonnage de T2L2



× Station de **calibration** dédiée T2L2 → **exactitude d'étalonnage** < 50 ps

× Mesure du **décalage** entre l'impulsion optique au niveau de la croisée des axes du télescope et la référence électrique provenant du laboratoire du temps et de fréquence.

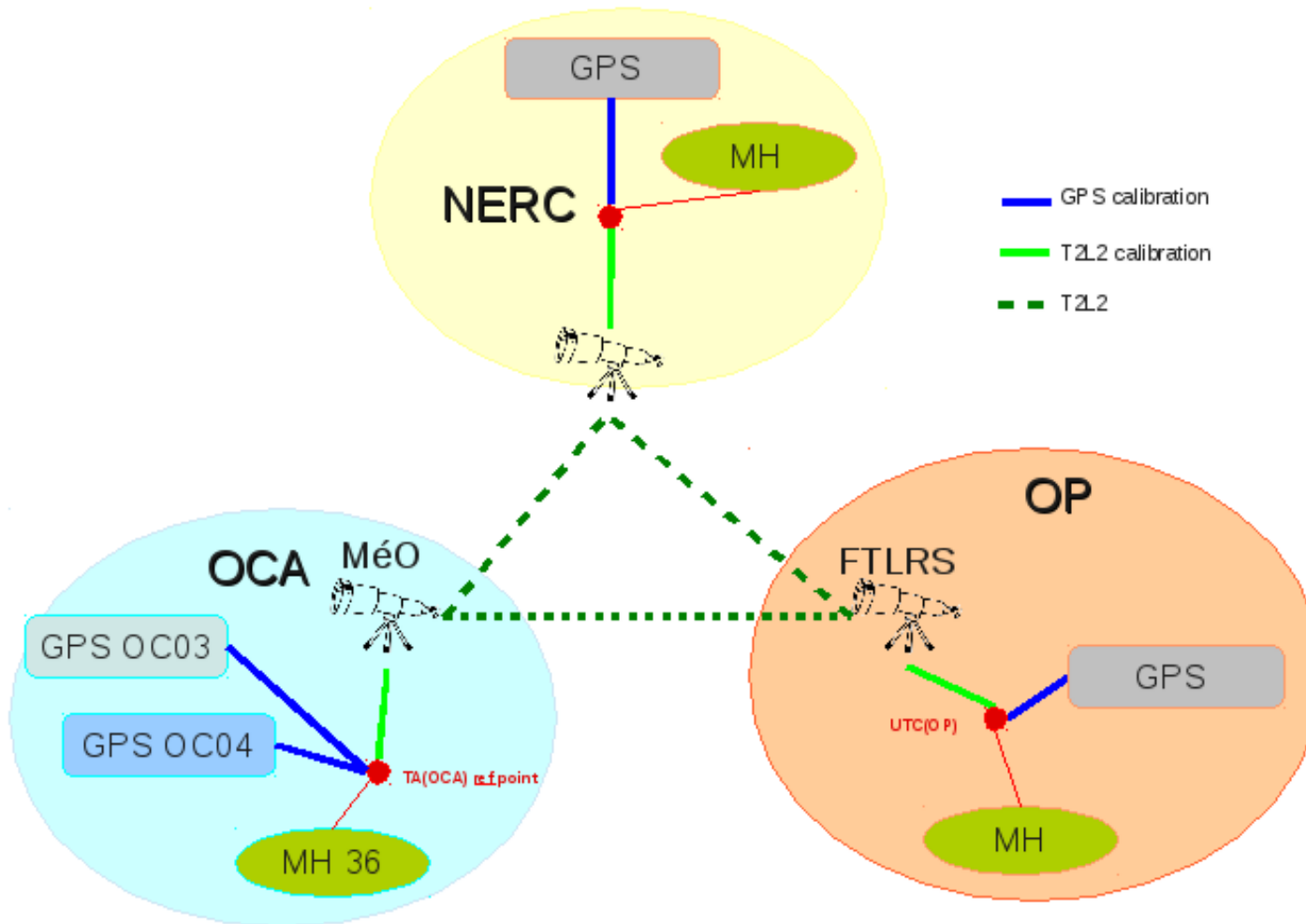
Équation du temps :

$$\delta T = \delta_{cal} + \delta_{prg} = \delta_{cal} + \delta_{PPS} - (\delta_{ocx} + \delta_{ocf} + \delta_f + \delta_{det})$$

Samain, E.. et al. Proc. EFTF 2012

# ÉTALONNAGES NÉCESSAIRES ET COMPARAISONS

## Étalonnage des récepteurs GPS



2 campagnes d'étalonnages GPS en 2013

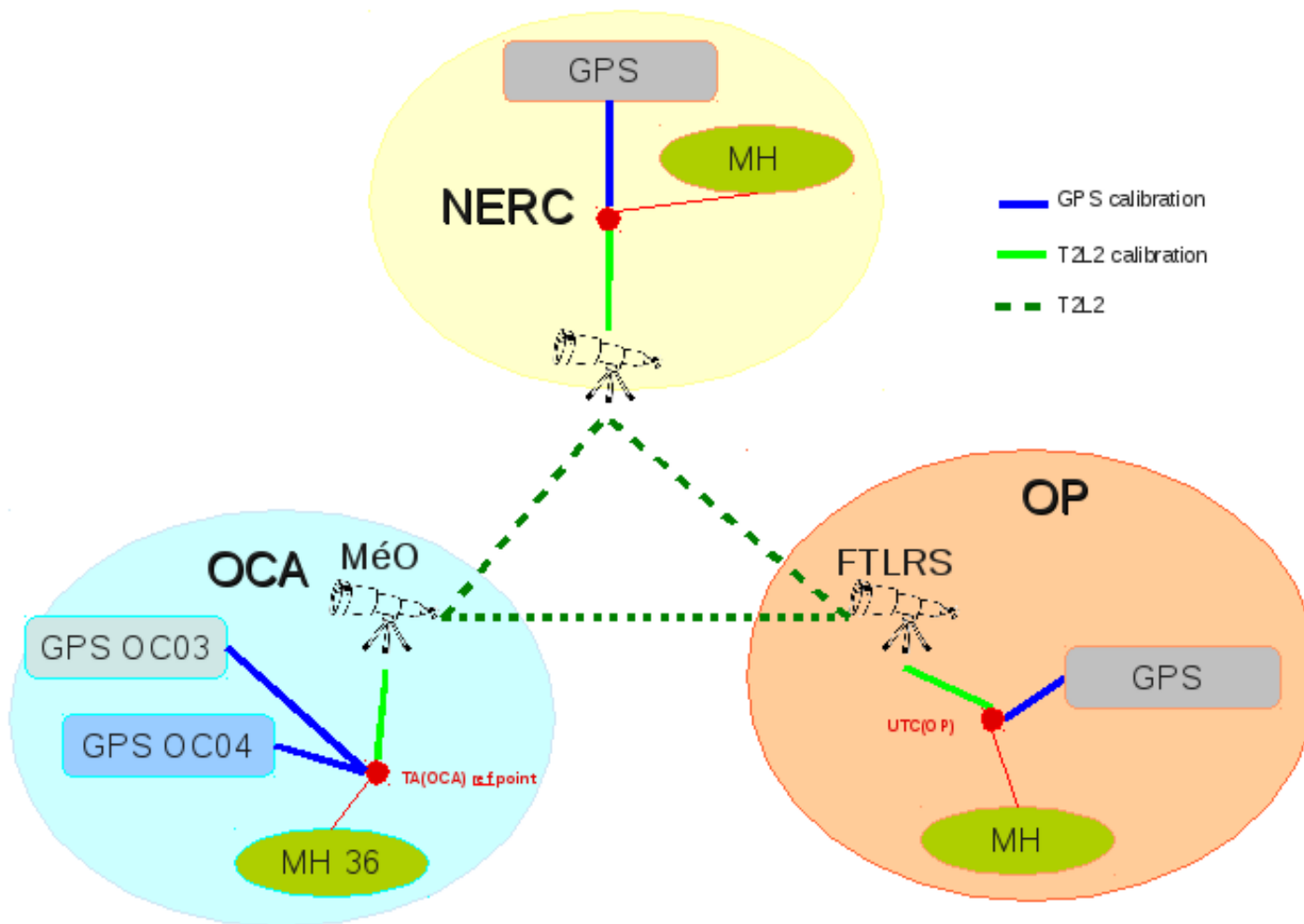
1 - campagne **initiale** en mars 2013  
→ étalonnage des **récepteurs** CO03 et OC04 en relatif OPM4

2 - seconde campagne en septembre-octobre 2013  
→ étalonnage de **liens** OP-OCA, OP-HERS, OCA-HERS avec OPM4 et OPM7



# ÉTALONNAGES NÉCESSAIRES ET COMPARAISONS

## Étalonnage des récepteurs GPS



2 campagnes  
d'étalonnage GPS en  
2013

1 - campagne initiale en  
mars 2013  
→ étalonnage des  
récepteurs CO03 et  
OC04 en relatif OPM4

2 - seconde campagne en  
septembre-octobre 2013  
→ étalonnage de liens  
OP-OCA, OP-HERS, OCA-  
HERS avec OPM4 et OPM7

**FINANCÉ PAR LE  
LABEX FIRST TF  
2012**

**Publié en cours  
SYRTE - Géoazur**

Rovera, D. et al. Metrologia en cours

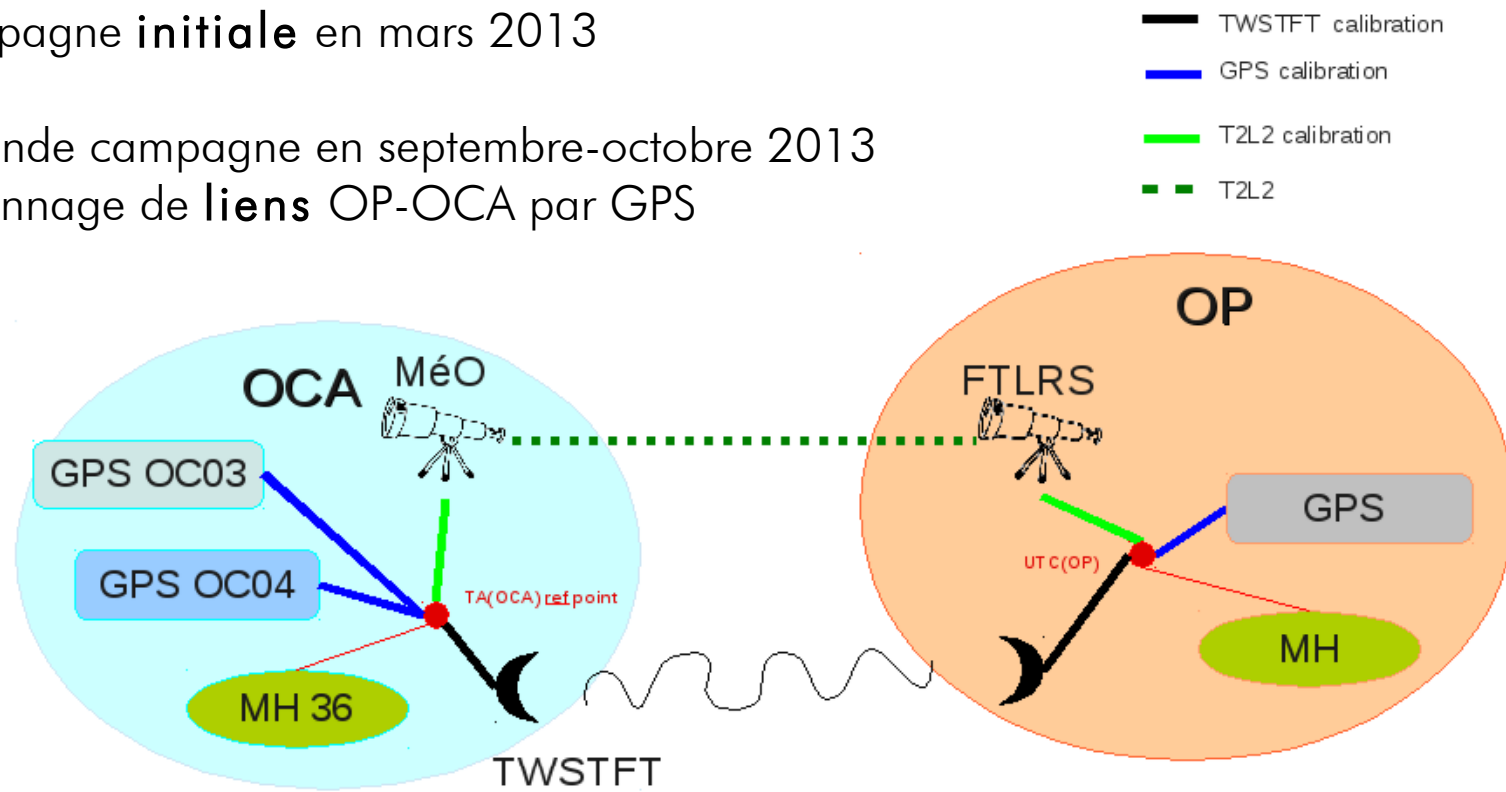
# ÉTALONNAGES NÉCESSAIRES ET COMPARAISONS

## Étalonnage du TWSTFT

2 campagnes d'étalonnages du TWSTFT par GPS en 2013

1 - campagne **initiale** en mars 2013

2 - seconde campagne en septembre-octobre 2013  
→ étalonnage de **liens** OP-OCA par GPS



# ÉTALONNAGES NÉCESSAIRES ET COMPARAISONS

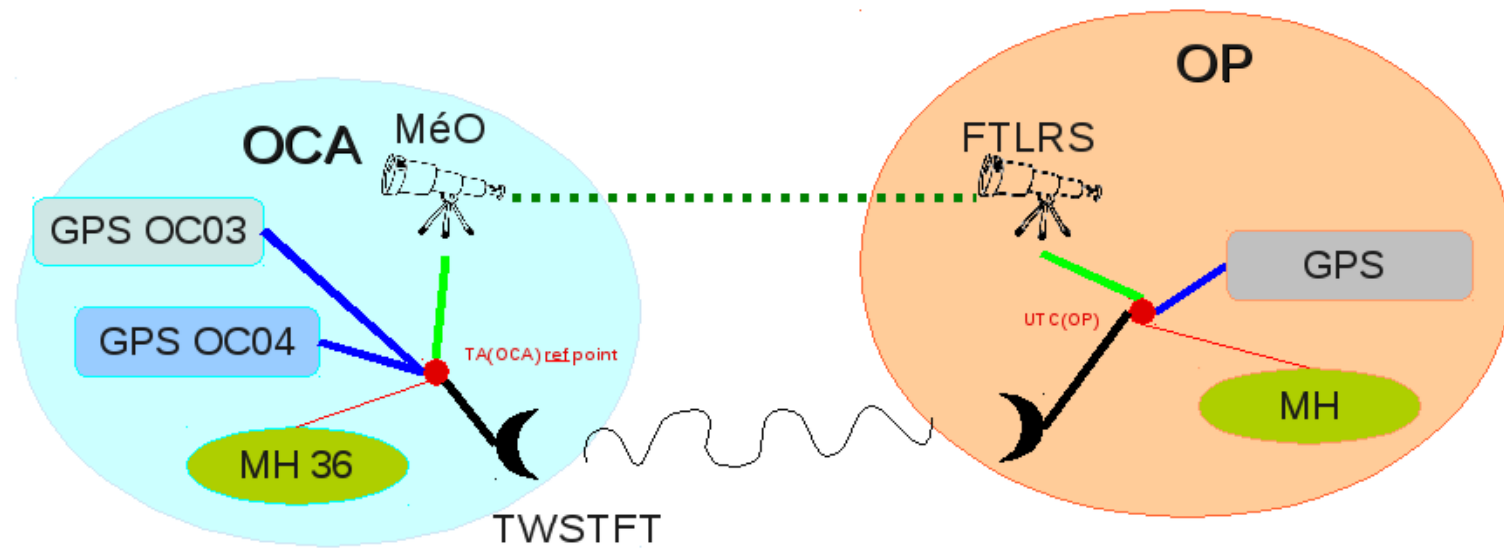
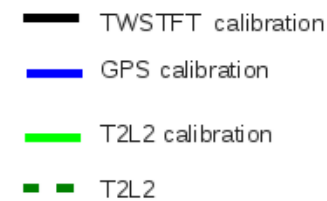
## Étalonnage du TWSTFT

2 campagnes d'étalonnages du TWSTFT par GPS en 2013

1 - campagne initiée en mars 2013

2 - seconde campagne en septembre-octobre 2013  
→ étalonnage de liens OP-OCA par GPS

FINANCÉ PAR LE  
LABEX FIRST TF  
2012



# CONCLUSIONS

- × **Objectifs de T2L2 en stabilité atteint** :  
→ 10 ps de 10 à 100s, env. 10 ps de 1 à 10 jours
- × **Comparaison T2L2 / GPS** : excellente performance  
→ diff moyenne entre GPS et T2L2 < 300 ps (avec un écart type de 500 ps du au GPS)
- × **Comparaison avec T2L2 / TWSTFT** : en cours
- × **Perspectives long terme** : ACES (MWL et/ou ELT), Refimev, ...

3 posters/présentations EFTF  
1 publi Métrologia en cours ...

Et le labex c'est aussi un financement pour:

- la **Surveillance et contrôle automatique** du système **d'alimentation** en courant et tension du laboratoire
- une **exposition itinérante** sur le Temps
- une **thèse** Géoazur/Utinam sur les applications scientifiques du transfert de temps optique spatial