



Le Temps-Fréquence au CNES

Jérôme DELPORTE

David VALAT

François-Xavier ESNAULT

Gilles CIBIEL

AG FIRST-TF
Toulouse, 09/10/2018



Genèse

Premiers besoins T/F sont apparus dès la création du CNES au début des années 60

Besoins bord

Premiers OUS spatiaux développés par CSF pour les premiers satellites français (notamment D1 et EOLE) sous responsabilité du CSB (Centre Spatial de Brétigny)

Besoins sol

Les bases de lancement d'Hamaguir (Algérie) puis de Kourou, les stations aval, les stations sol du réseau CNES (Brétigny, Pretoria, Les Canaries, Ouagadougou) ont été équipées de bases de temps codées pilotées par des oscillateurs à quartz et approvisionnées auprès de plusieurs fabricants EU et USA par le CSB

Synchro de ces bases de temps (qq dizaines de μ s) réalisée par transports d'horloges par le Service de l'Heure de l'Observatoire de Paris

Genèse

Labo de Métrologie créé à Brétigny en 1965, puis transféré à Toulouse en 1974

Mission = maintenir des références et des moyens d'étalonnage dans les domaines électriques et T/F, et d'effectuer le contrôle et l'étalonnage des matériels de mesures associés, y compris les horloges

Nos horloges (HP 5061A) étaient raccordées à celles du Service de l'Heure de l'OP

Participation au TA(F) et TAI dès 1968 (par liaison TV puis par GPS)

HP 5061A n°1120
Approvisionné en 1975



Activités

A la fois des activités de centre technique et de soutien aux labos/industriels

3 grands axes :

- **R&T, thèses, post-doc**
- **Support aux projets du CNES**
- **Laboratoire**

R&T, démonstrateurs, thèses, post-docs

Appel à idées annuel

~18 M€ pour R&T, ~2 M€ pour démonstrateurs

En R&T, activités T/F essentiellement centrées sur :

- **Axe LN1 (Loc/Nav/TF)**
- **Axe SU1 (Physique Fondamentale)**
- **Axe Télécom (oscillateurs, synthèse fréquence, etc...)**

→ **Activités vastes en terme de thématique : oscillateurs, MEMS, problématique qualité, transfert temps, horloges optiques, ...**

Thèses

- **Systèmes Orbitaux (Toulouse) : ~40 ½ bourses thèse /an**
- **Scientifiques (Paris) : ~20 ½ bourses thèse /an**

Post-Doc : ~30 bourses /an

Financement APR (Phys. Fondamentale)

Support aux projets

De nombreux projets ont (eu) besoin d'un support TF
dont Argos, SARSAT, PHARAO/ACES, DORIS, T2L2, JUICE (SWI),
Myriades-Evolution, ...



Tube Cs PHARAO
(SODERN)



OUS DORIS
(Rakon)



T2L2 et LRA

Support aux projets

DORIS

Détermination d'orbite et de positionnement au sol

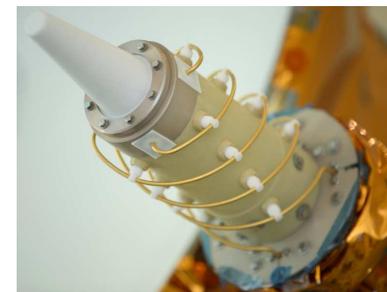
Précision de l'ordre du cm

Basé sur un réseau d'~60 stations sol

Vole sur de nombreux satellites depuis SPOT2 (1990)

Contribue à l'ITRF (IDS)

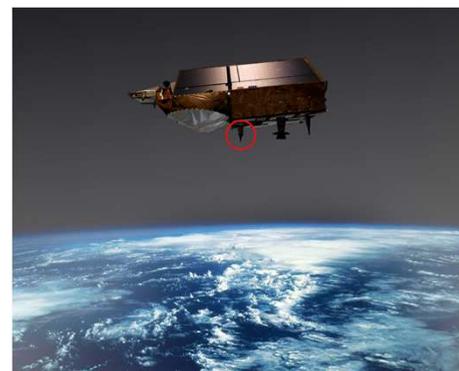
Besoin d'OUS bord et sol



Antenne DORIS
Crédit : CNES/TAS/Obrenovitch



Balise sol DORIS
Crédit : IPEV/C Bricaud



DORIS
sur CryoSat-2
Crédit : ESA.
EOS Medialab

Support aux projets

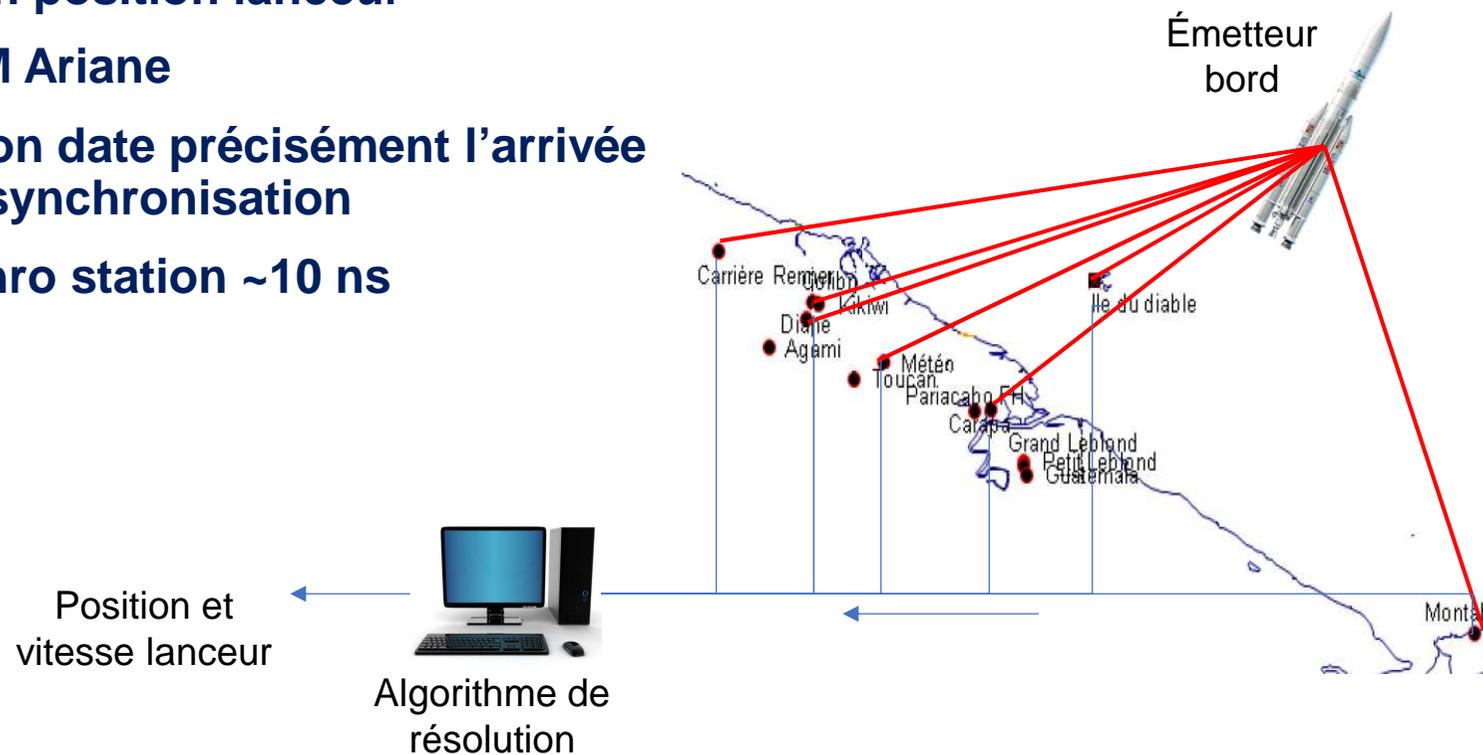
MARTA

Détermination position lanceur

Utilisation TM Ariane

Chaque station date précisément l'arrivée d'un mot de synchronisation

Besoin synchro station ~10 ns



Laboratoire TF

Missions

- **Référence de fréquence**: caractérisation des horloges/oscillateurs (Stabilité, Bruit de Phase, Sensibilité à l'environnement)
- **Echelle de temps**: génération et distribution du 1 pps et 5 MHz pour les centres de contrôle du CNES, contribution à TA(F) et TAI, génération de UTC(CNES)
- **Transfert de temps**: opération de plusieurs stations GNSS, calibration du délai interne de chaînes GNSS, transfert sur fibre optique

Laboratoire TF

Horloges : 8 Cs 5071A, 3 AHM, 1 PHM, 1 MuClock

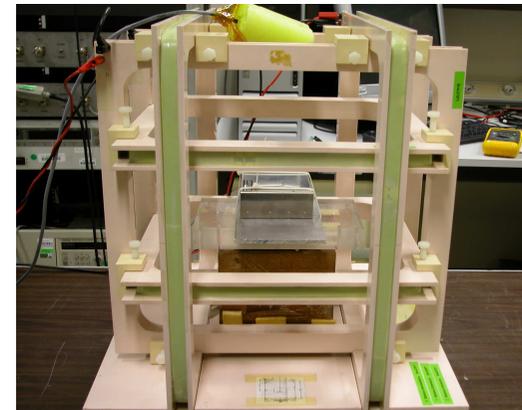


Laboratoire TF

Essais en environnement

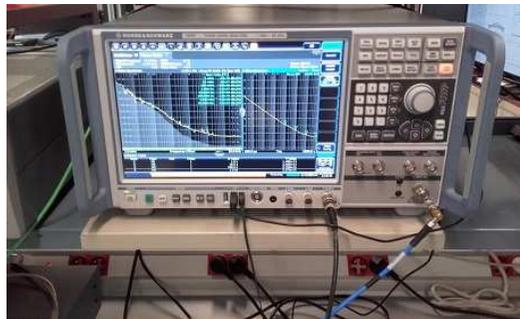


ONERA/DESP



Laboratoire TF

FSWP R&S



Analyseur de bruit de phase par cross-corrélation
Monte à 50 GHz

Simulateurs GNSS + chambre anéchoïque transportable



Monitoring des temps GNSS

Chaque GNSS diffuse [**GNSS system time – reference UTC time scale**] dans son message de nav

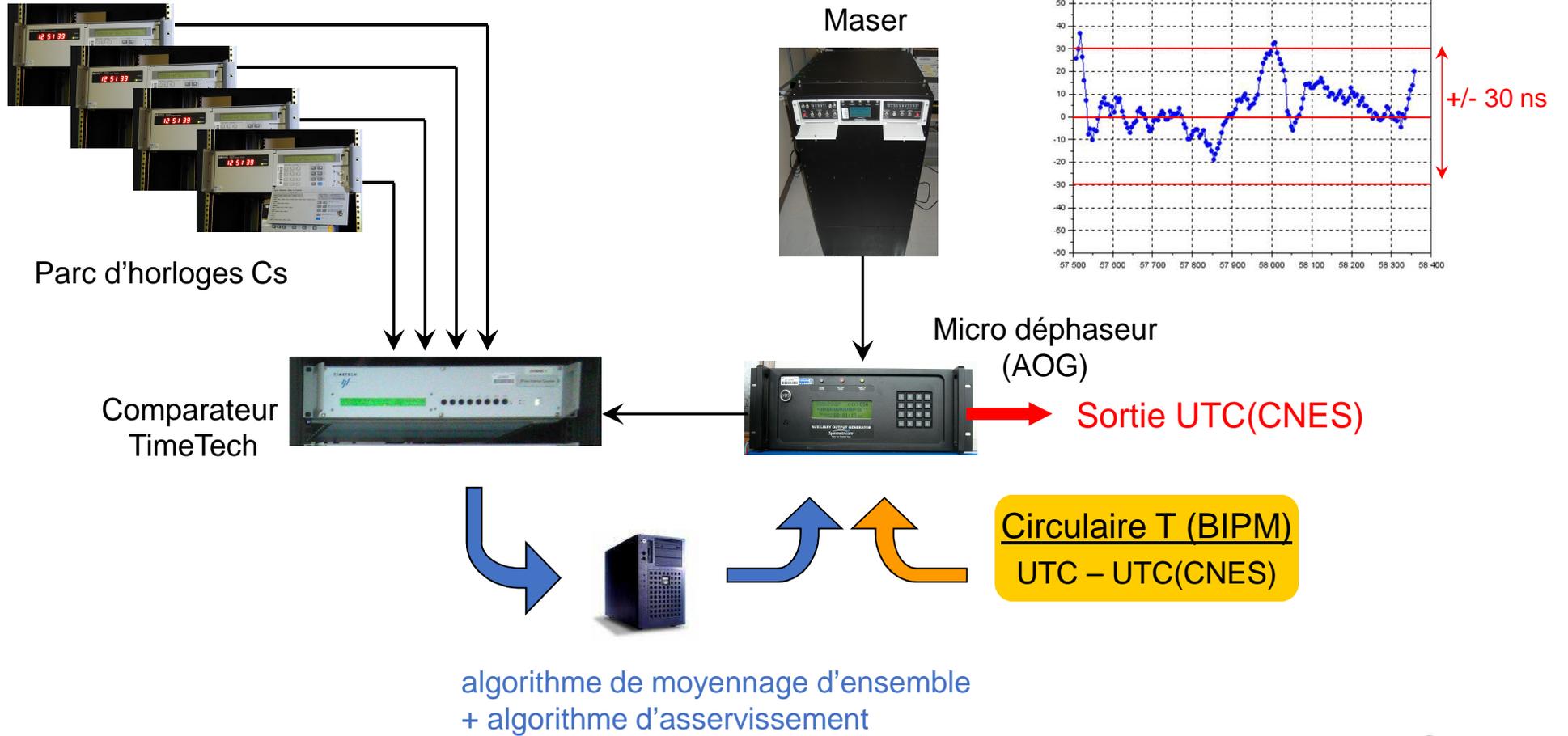
e.g. : GPS diffuse GPST – UTC(USNO)

Galileo diffuse GST – UTCp

Pour déterminer/monitorer cet offset, il faut :

- une station GNSS station reliée à un UTC(k)
- déterminer avec exactitude le retard entre le centre de phase de l'antenne et l'UTC(k)

UTC(CNES)

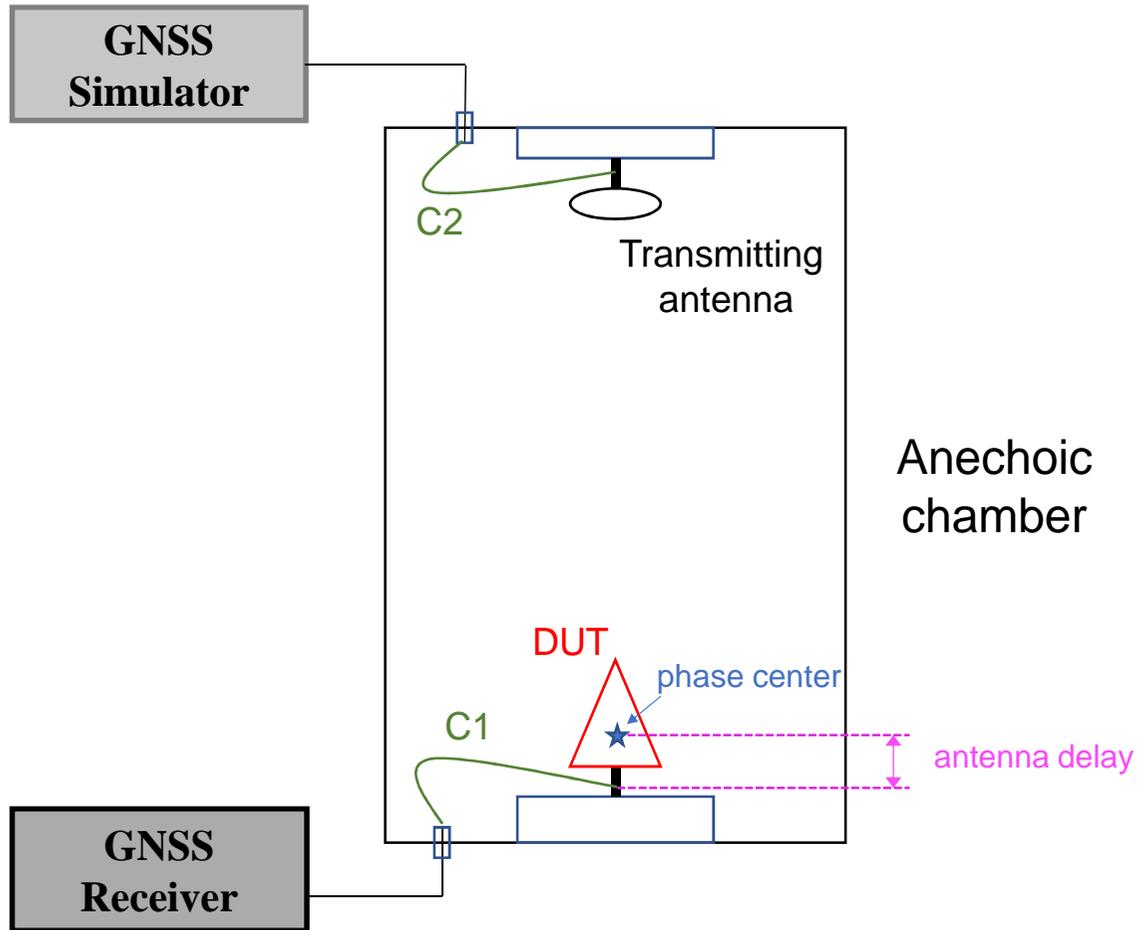


Etalonnage du récepteur



Retard du récepteur = Différence des pseudo-distances
corrigée du retard du simulateur et des câbles

Etalonnage de l'antenne



Merci de votre attention !



Jérôme Delporte



FX Esnault



Gilles Cibiel



Thomas Lévêque



David Valat



Isabelle Petitbon