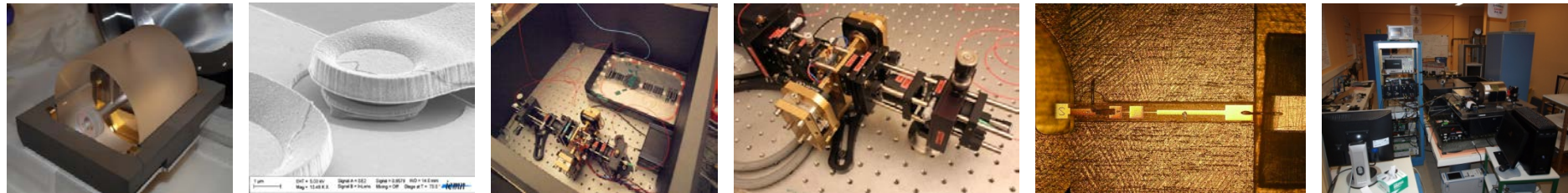


Oscillateur Micro-Onde à THz Ultra-Stable

Résultats Préliminaires



G. Danion¹, F. Bondu¹, G. Loas¹, L. Frein¹, C. Hamel¹, A. Carré¹, S. Bouhier¹, M. Vallet¹,
M. Brunel¹, A. Rolland¹, M. Alouini¹

F. Cleva², A. Brillat², J.-P. Coulon², M. Merzougi²

A. Beck³, G. Ducournau³, J.-F. Lampin³, M. Zaknoute³, C. Coinon³, X. Wallart³, E. Peytavit³, A. Tahsin³,
G. Pillet⁴, L. Morvan⁴, G. Baili⁴, J. Bourderionnet⁴

¹Departement Optique et Photonique, IPR, Université Rennes1 CNRS, Rennes, France

²ARTEMIS, Observatoire de la côte d'Azur, Nice, France

³Groupe Photonique/THz, IEMN, Université de Lille CNRS, Villeueuve d'Ascq, France

⁴Thales Research and Technology, Palaiseau, France



1. Présentation – Objectifs

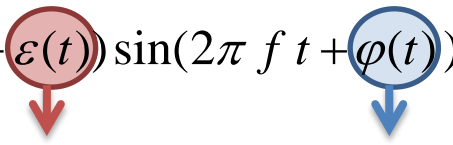
Synthétiseur de fréquence :

Idéalement :

$$V(t) = A \sin(2\pi f t)$$

En pratique :

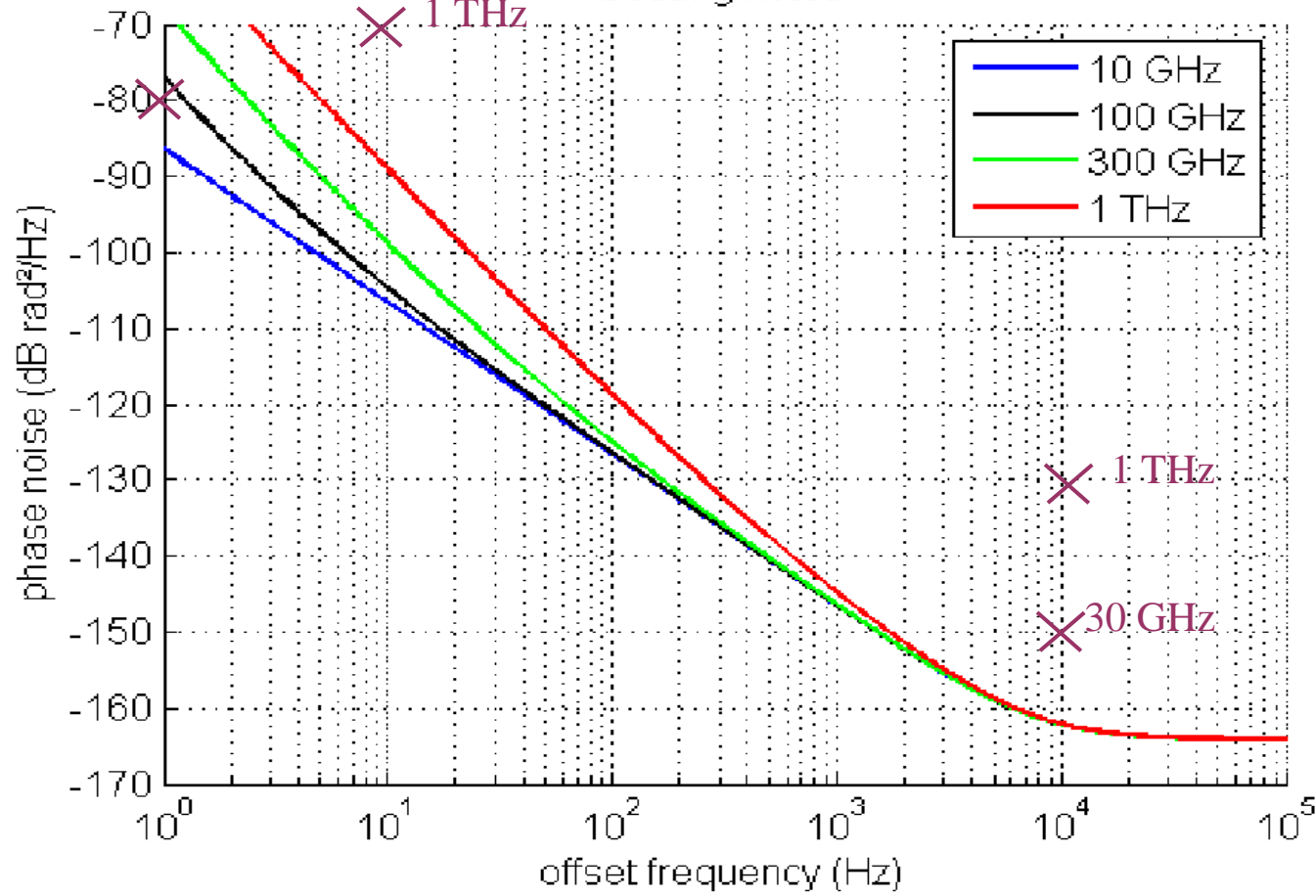
$$V(t) = A(1 + \varepsilon(t)) \sin(2\pi f t + \varphi(t))$$



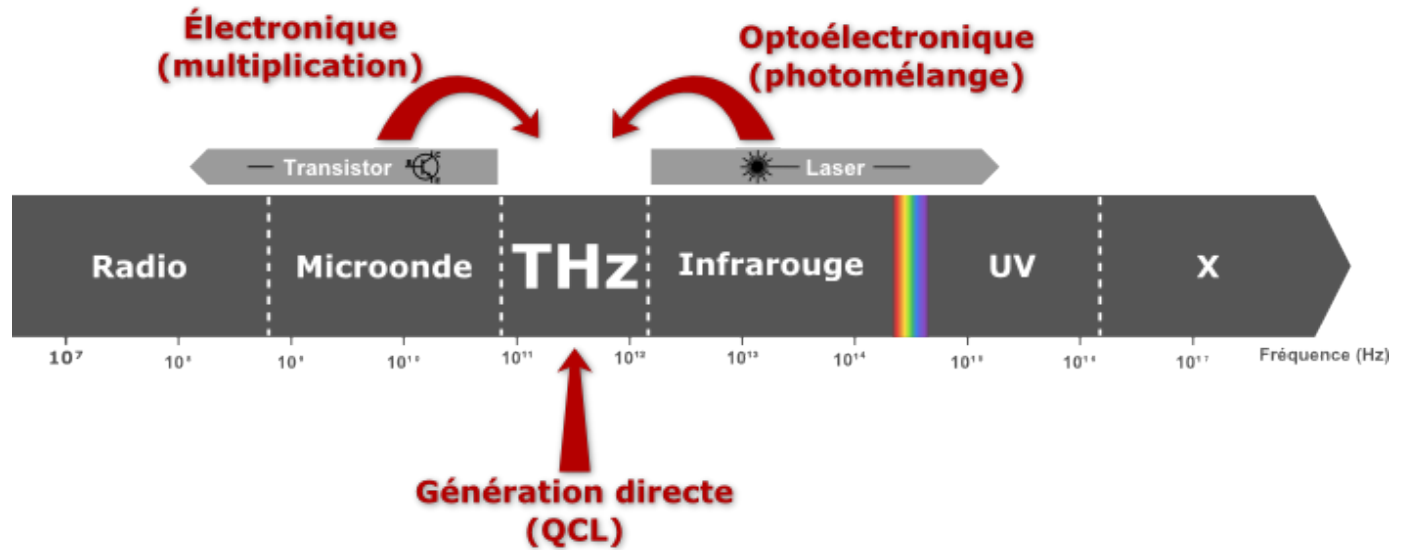
Objectifs OSMOTUS :

beating notes

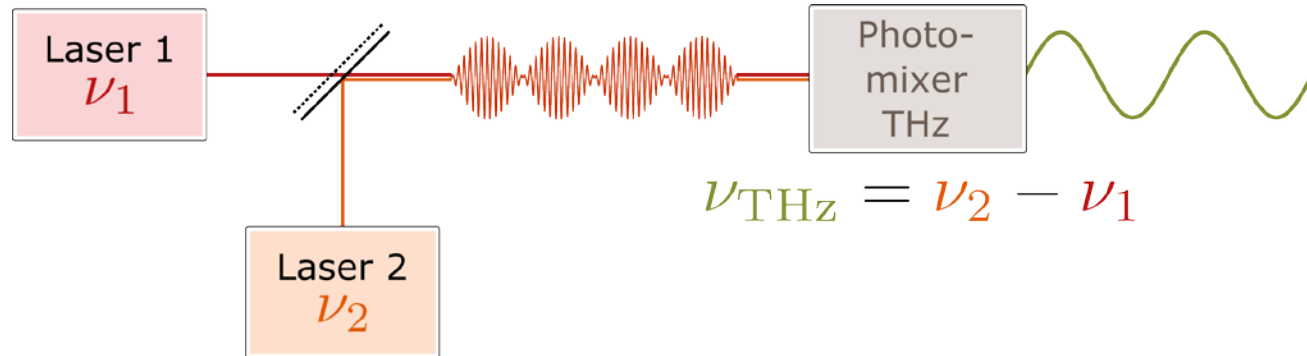
Bruit d'amplitude Bruit de phase



1. Présentation – Objectifs : *Génération THz*

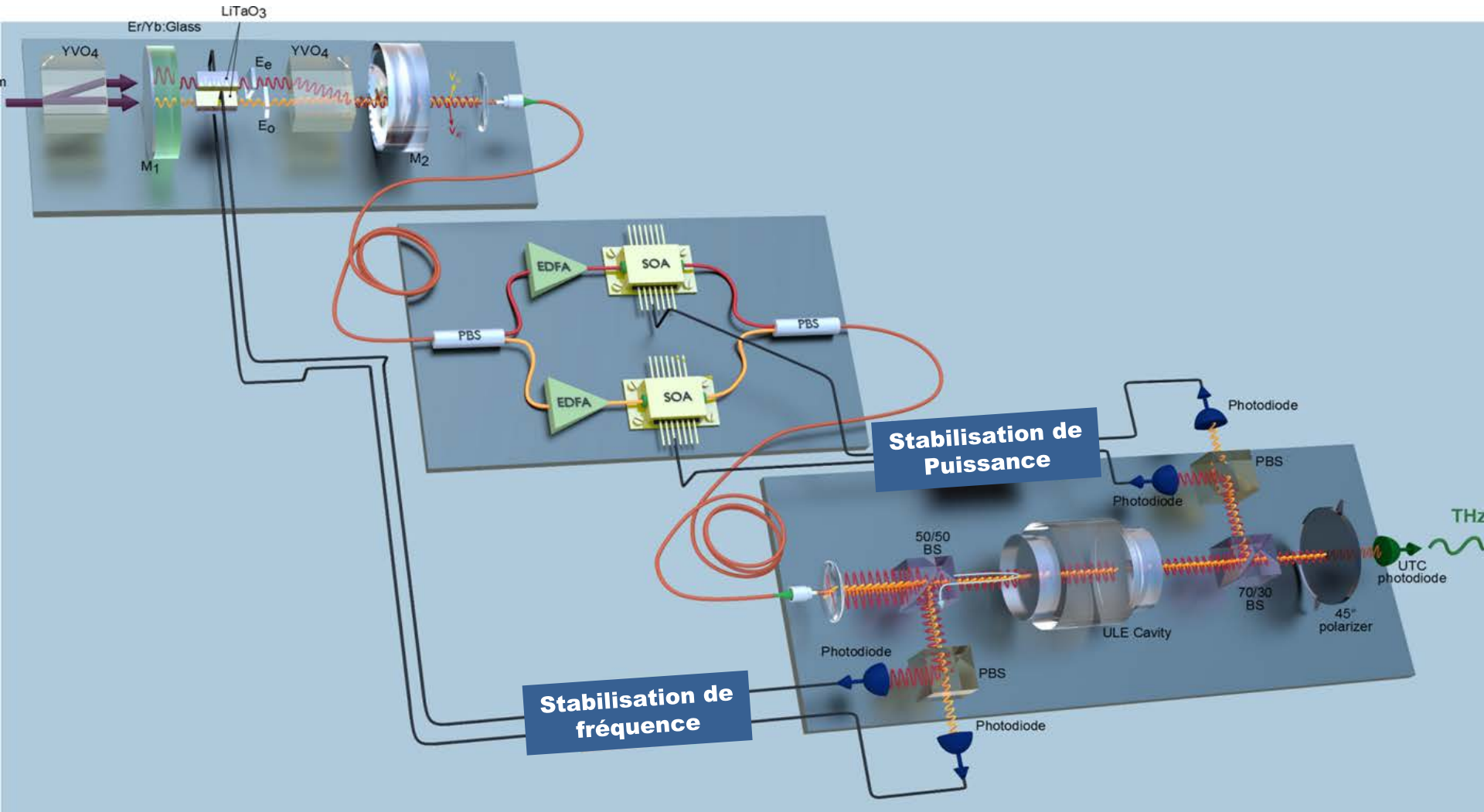


Optoélectronique (photon mélange)



Deux Lasers ou un laser bifréquence

1. Présentation - Objectifs



1. Présentation – Comparaison à l'état de l'art

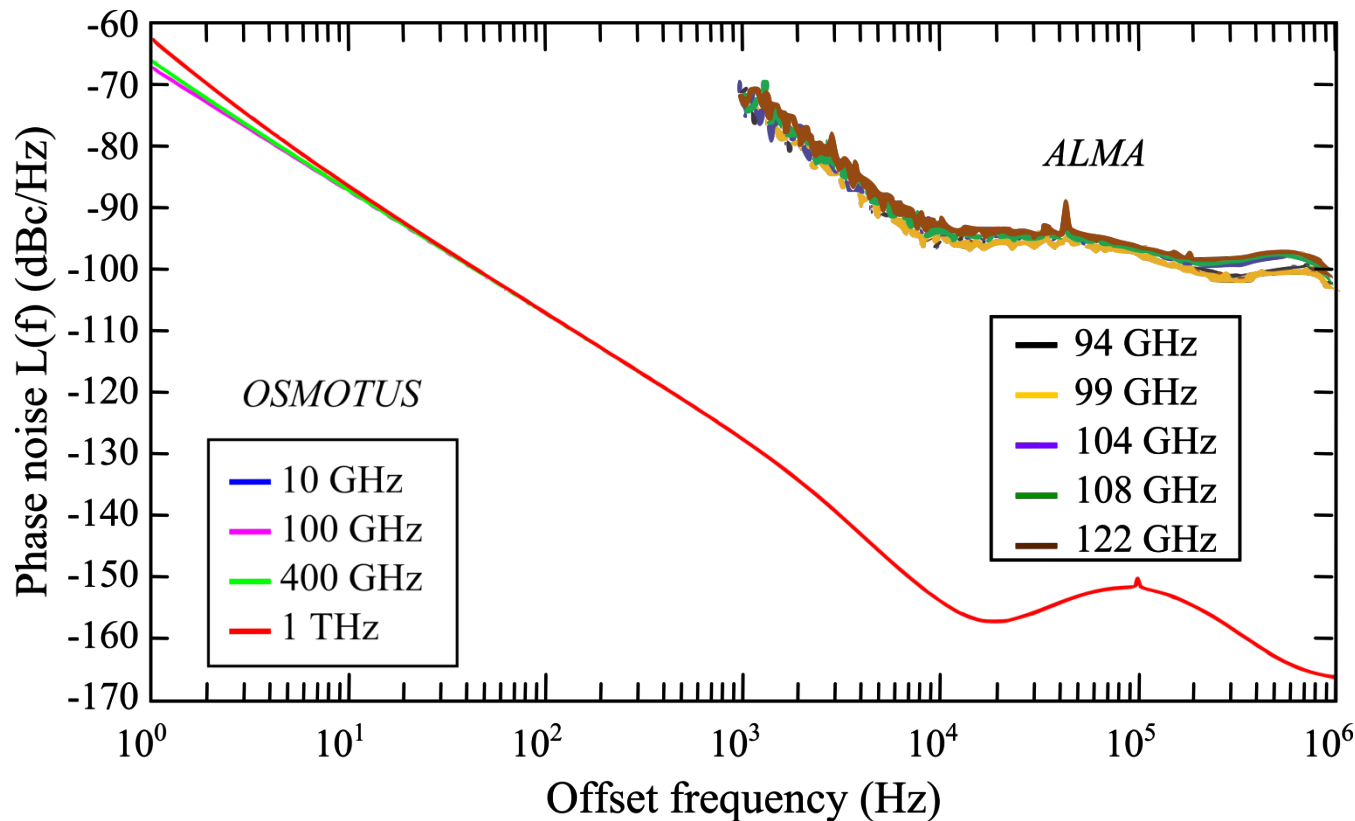
- Technique de rupture pour les ondes millimétriques
- À l'état de l'art pour les sources hyperfréquences

A High-Precision Tunable Millimeter-Wave Photonic LO Reference for the ALMA Telescope

William Shillue¹, Wes Grammer¹, Christophe Jacques¹, Hollister Meadows¹, Jason Castro¹, Juanita Banda¹, Robert Treacy¹, Yoshihiro Masui², Rodrigo Brito², Peter Huggard³, Brian Ellison³, Jean-François Cliché⁴, Simon Ayotte⁴, André Babin⁴, François Costin⁴, Christine Latrasse⁴, François Pelletier⁴, Marie-Josée Picard⁴, Michel Poulin⁴, Patrick Poulin⁴

¹National Radio Astronomy Observatory, Charlottesville, VA, 22903; ²ALMA Central Office, Santiago, Chile; ³Rutherford Appleton Laboratory, Didcot, United Kingdom; ⁴Teraxion Inc., Quebec City, Canada

IEEE international microwave symposium digest 2013



2. Résultats – Cavité

Les résonateurs les plus stables sont dans le domaine optique

Cavité ULE : Ultra Low Expansion ceramic

Cavité de 10 cm (ISL = 1,5 GHz)

ULE : silica + 10% titanium dioxide TiO_2

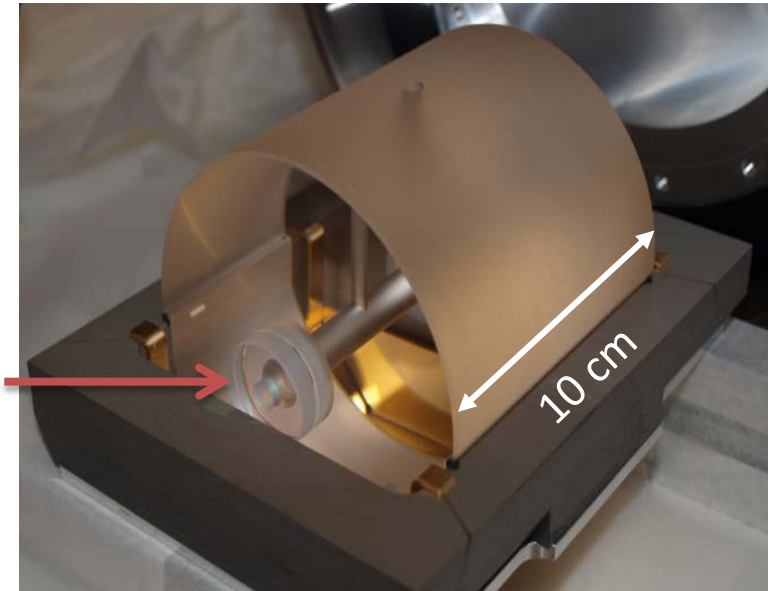
$\Delta\alpha = \text{qlq ppb/K}$ à 35°C

Sous vide 10^{-7} mbar

Finesse : 100 000 (mesurée 76 000)

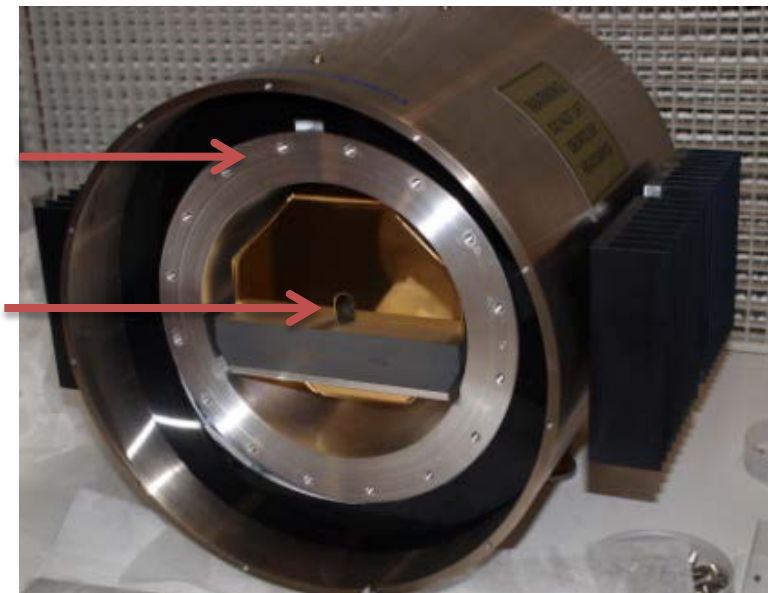
$Q = 2.10^{10}$

Miroir



Enceinte à vide

Cavité ULE



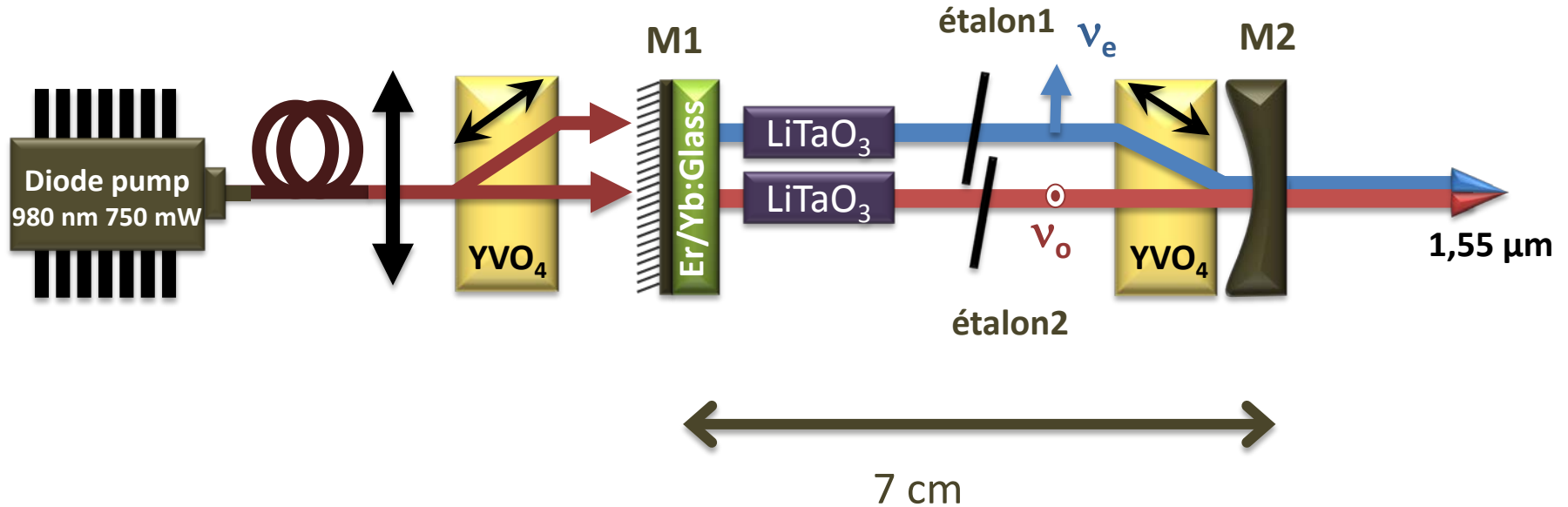
 Stable Laser Systems

Boulder, Colorado

 *ATFilms* Precision Optics, Technical Solutions

Références NIST, PTB, NPL, SYRTE, Virgo

2. Résultats - Laser DFL (IPR)



Design:

Pump: single mode, polarization maintaining ($I = 1 \text{ A}$, $w_0 \sim 50 \mu\text{m}$)

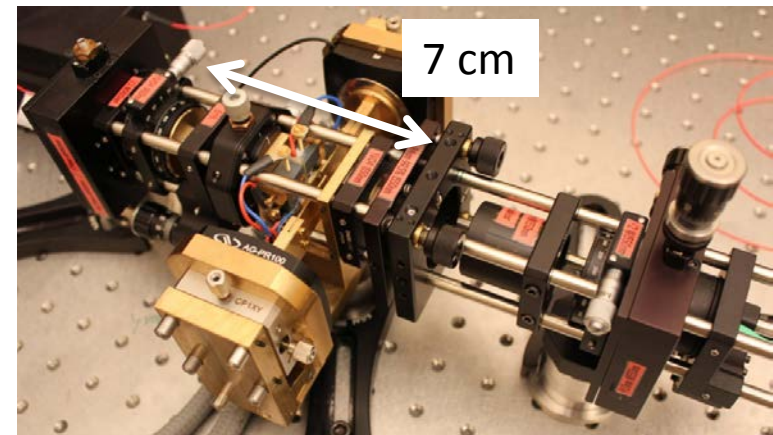
Spatial separation 2 mm

Active medium Er:Yb thickness 1,5 mm

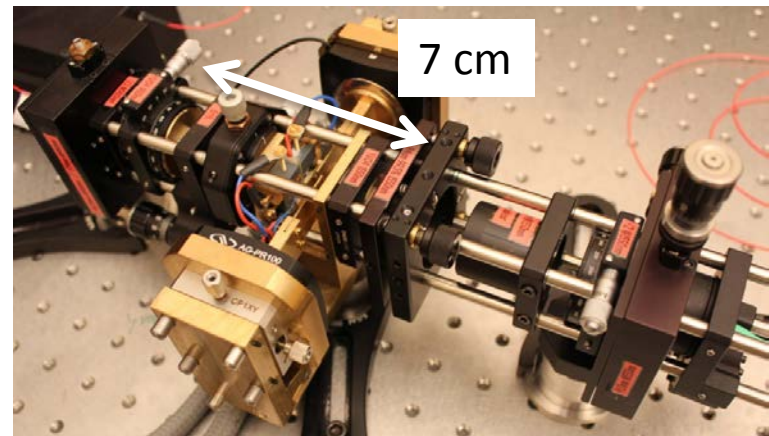
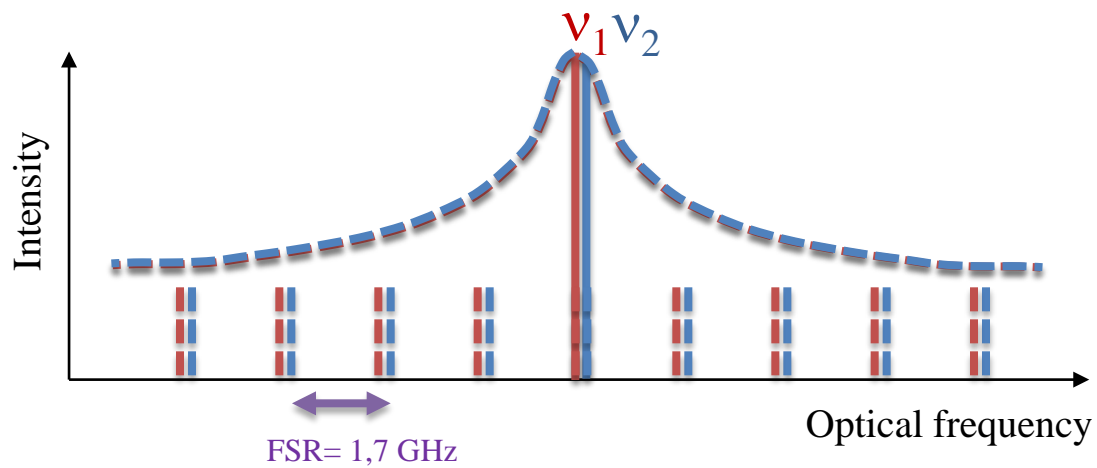
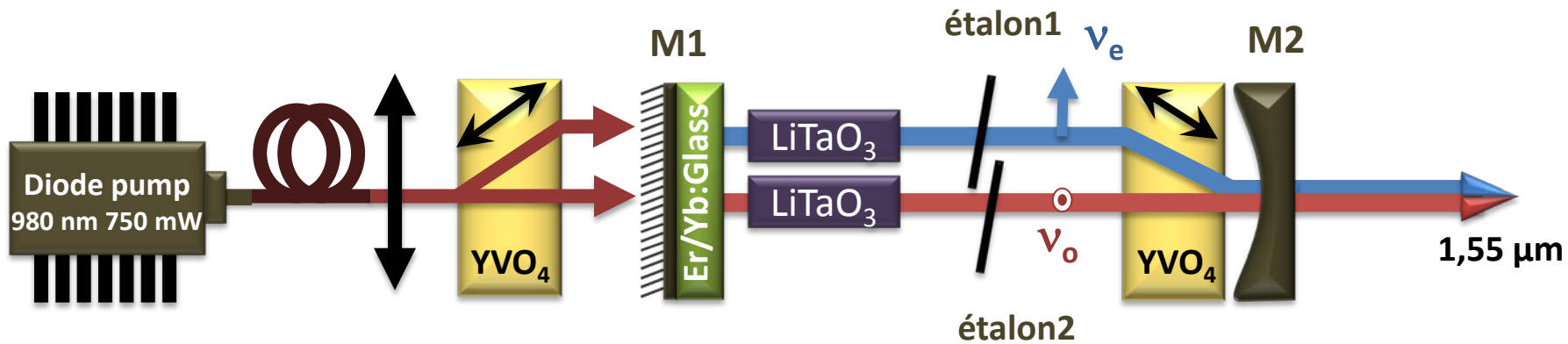
LTO 2x2x8mm \rightarrow electro-optic and thermo-optic coefficient

Etalons 40 μm R=30%

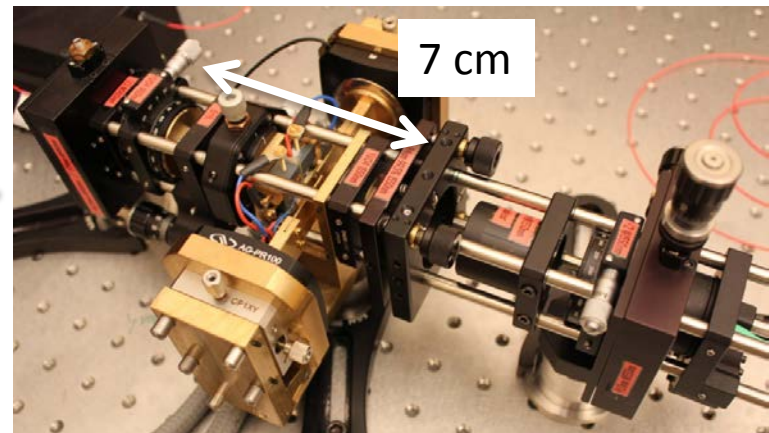
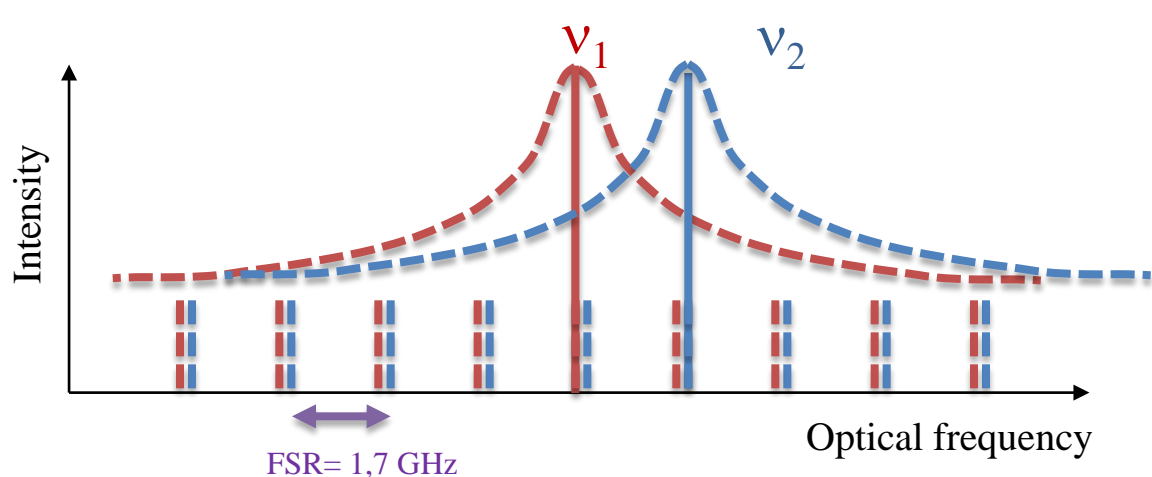
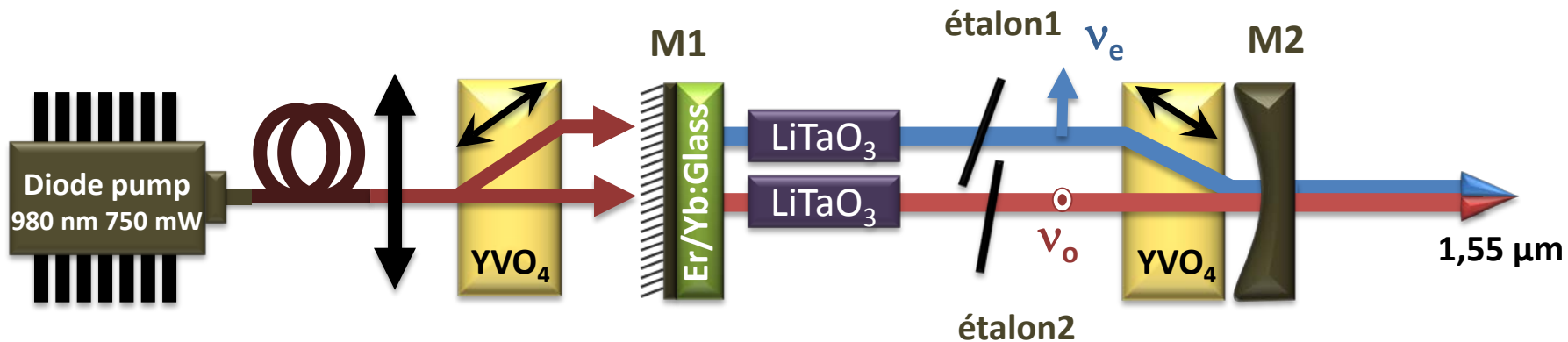
M2 = 4 cm (ISL=1,7 GHz), R= 99,5% \rightarrow single mode



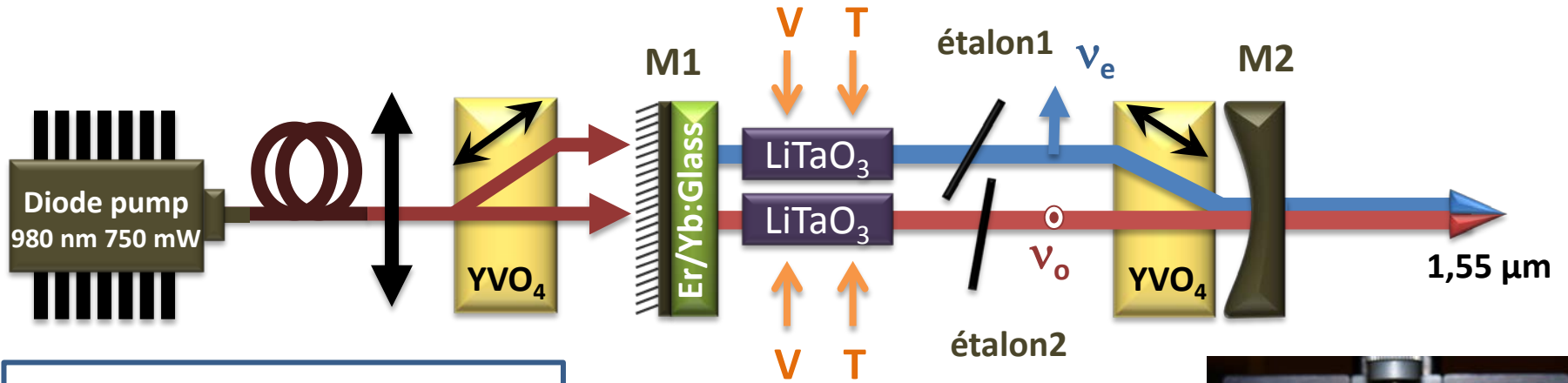
2. Résultats - Laser DFL (IPR)



2. Résultats - Laser DFL (IPR)



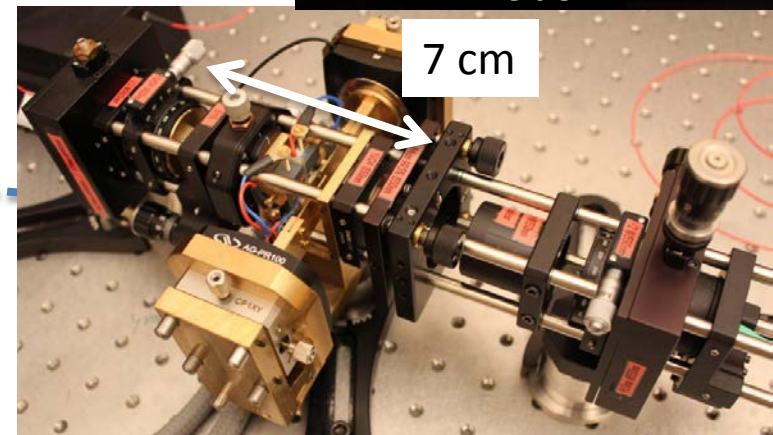
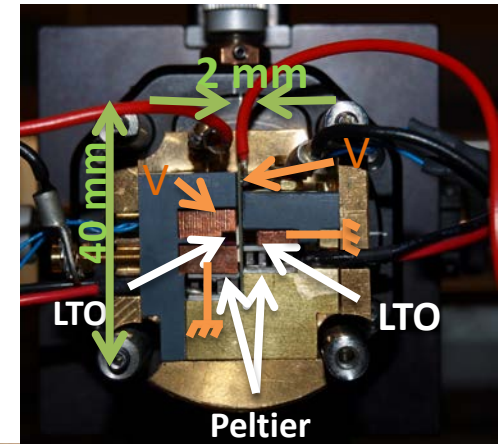
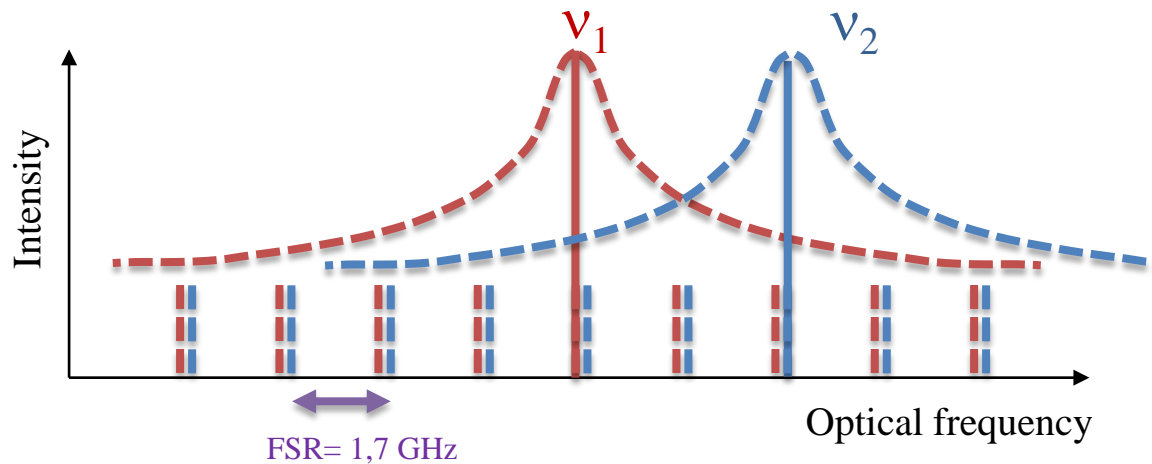
2. Résultats - Laser DFL (IPR)



Accordabilité par pas d'un ISL
(1.7 GHz)

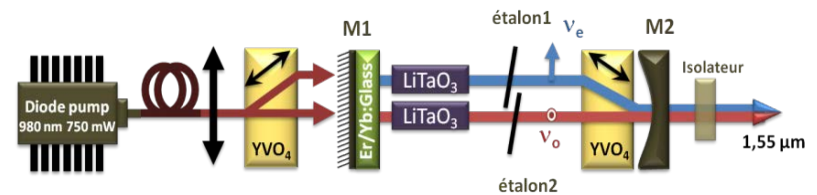
+ ajustement par tension
+ ajustement par température

||
Accordabilité continue



2. Résultats – Laser DFL (IPR)

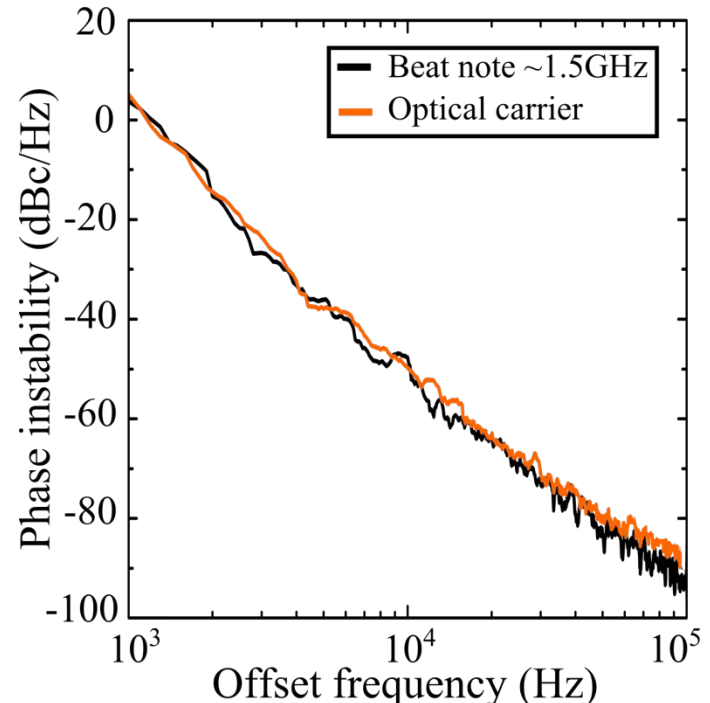
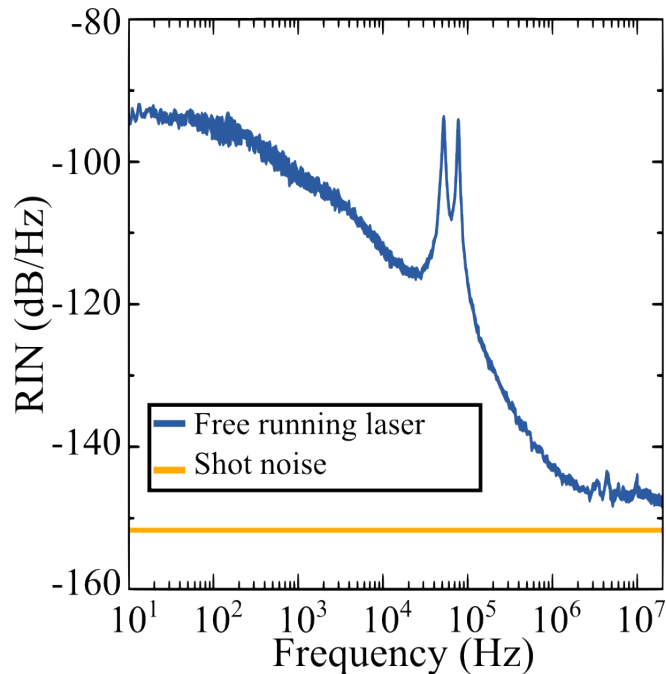
Enjeu : bruit de fréquence meilleur que les lasers du commerce @ 1 MHz à 1550 nm (évite la saturation du signal de correction) accordable DC – 1 THz



Performances :

- Electro-optiques : isolation électrique et thermique des deux axes
- Battement réglable entre 0 et 900 GHz
- Fréquence contrôlable avec une bande passante > 8 MHz
- Performances des bruits de fréquence et d'amplitude compatibles / spécifications
- Dérive de 40 MHz sur 5 minutes

Optics Express (submitted)



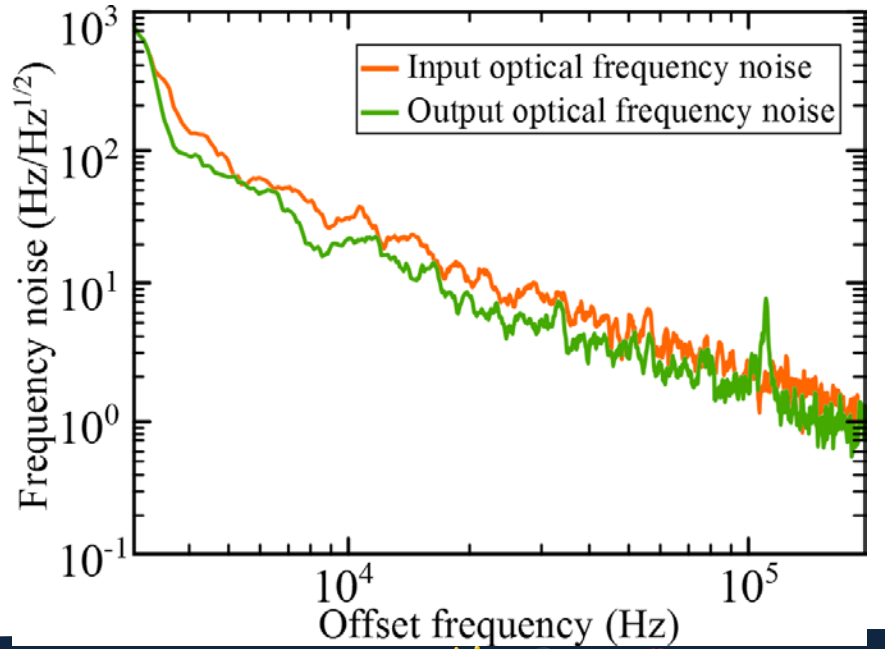
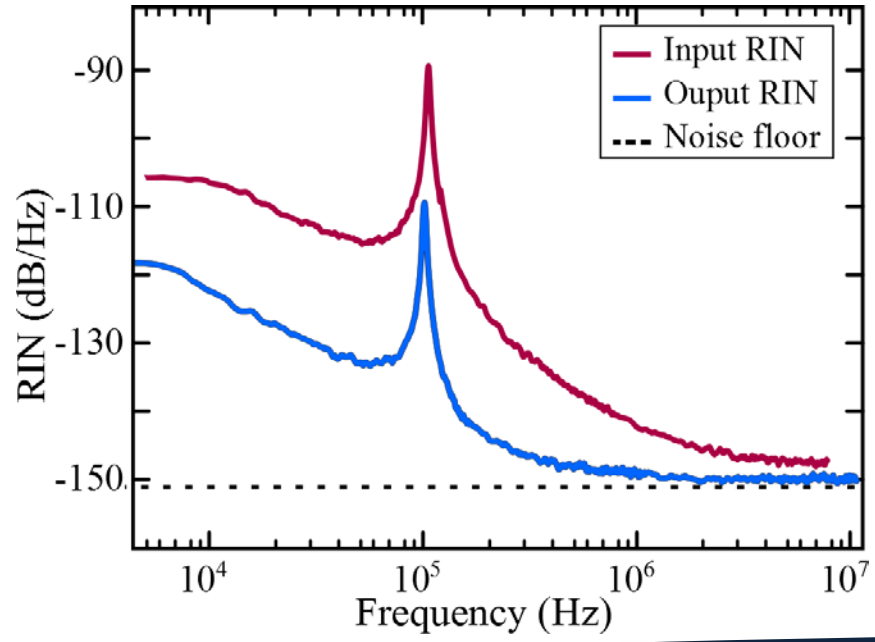
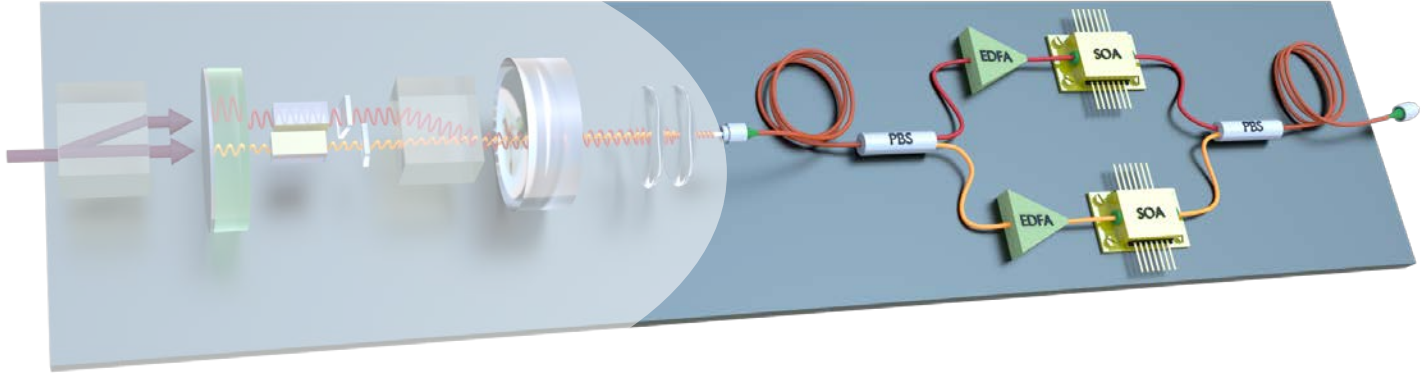
2. Résultats – Amplificateur

Système amplificateur :

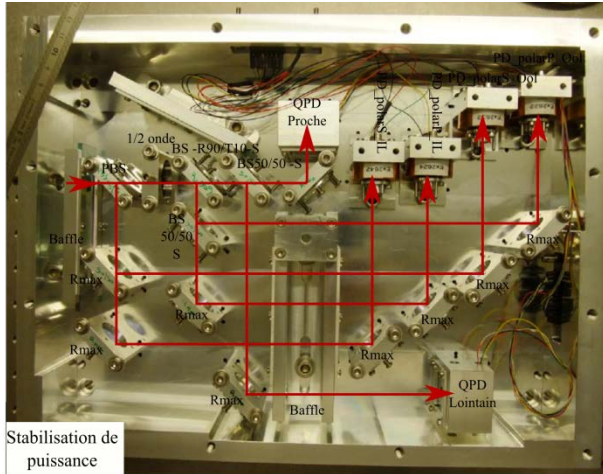
> 50 mW par axe de polarisation

actionneur de contrôle de l'amplitude pour éviter les couplages AM-PM dans la cavité
contrôle indépendant de l'amplitude de chaque axe de polarisation

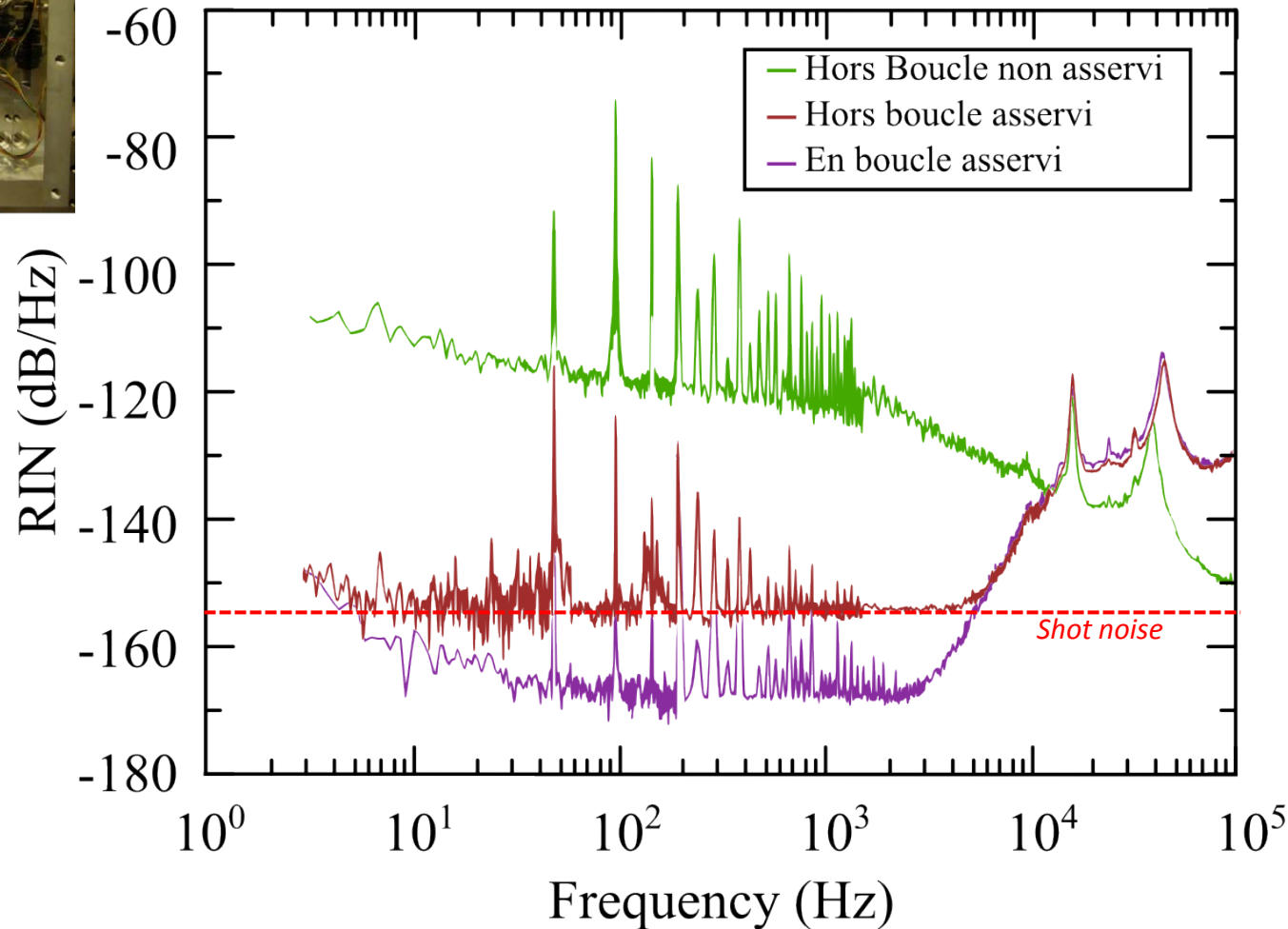
Optics Letters (accepted)



2. Résultats – Stabilisation de puissance



Stabilisation de puissance sur chaque polarisation : mesure signal en boucle d'asservissement, hors boucle, mesure de la gigue de pointé par des quadrants



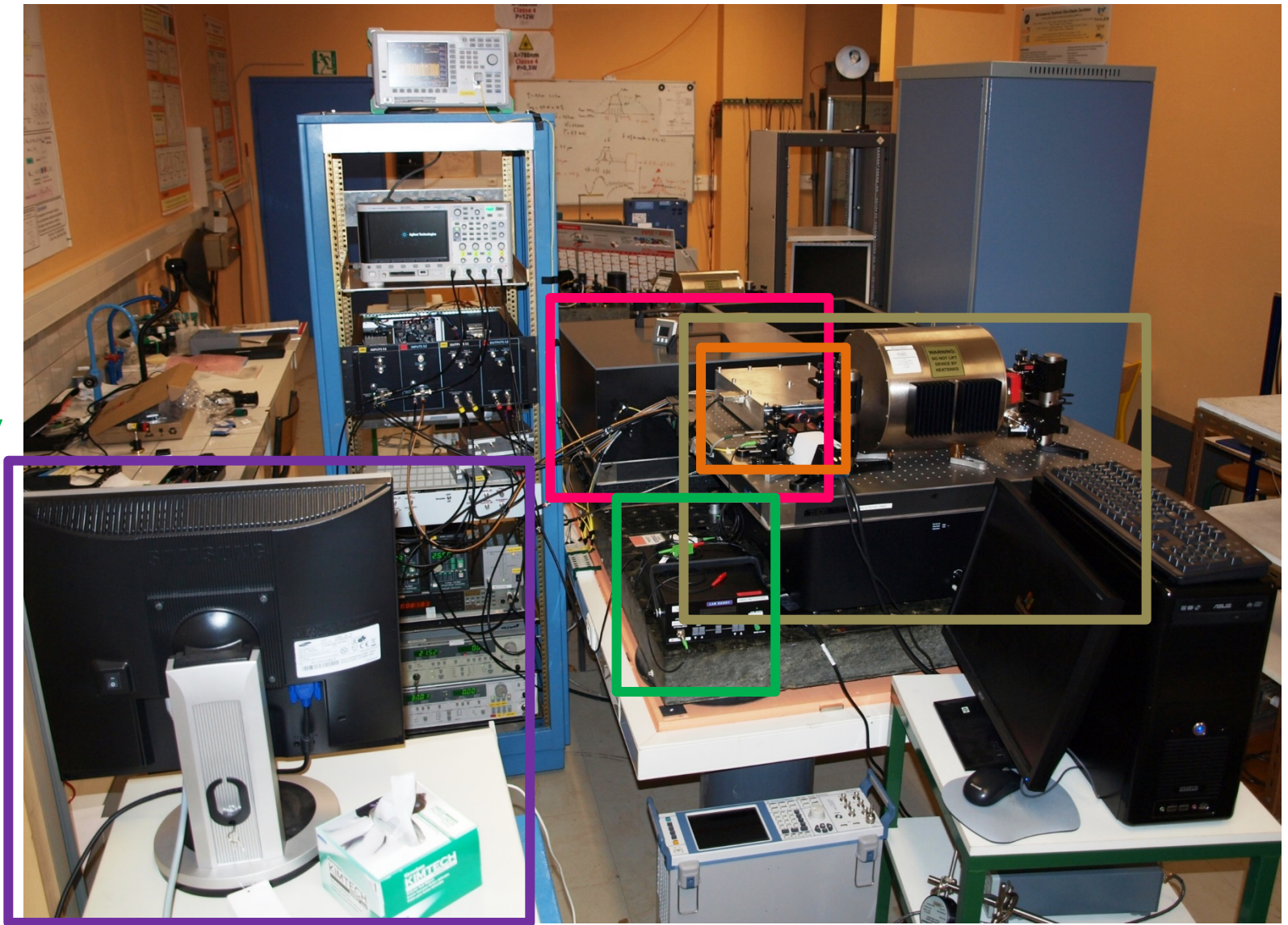
2. Résultats - Le Dispositif

Stabilisation de Puissance

Banc cavité sur table anti-sismique
Banc laser et amplificateurs optiques

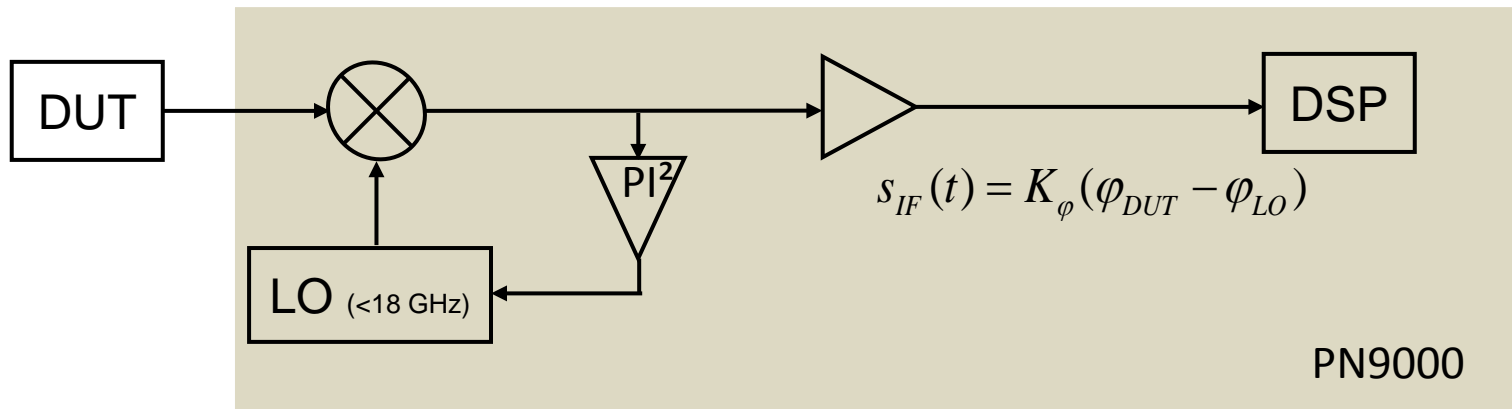
Battement
HLPD Lab Buddy
26 GHz Discovery

PN9000
Phase Noise
test system



3. Performances Préliminaires

Dispositif de mesure



1 DUT = Synthétiseur (22 GHz-Rohde & Schwarz SMF100A)

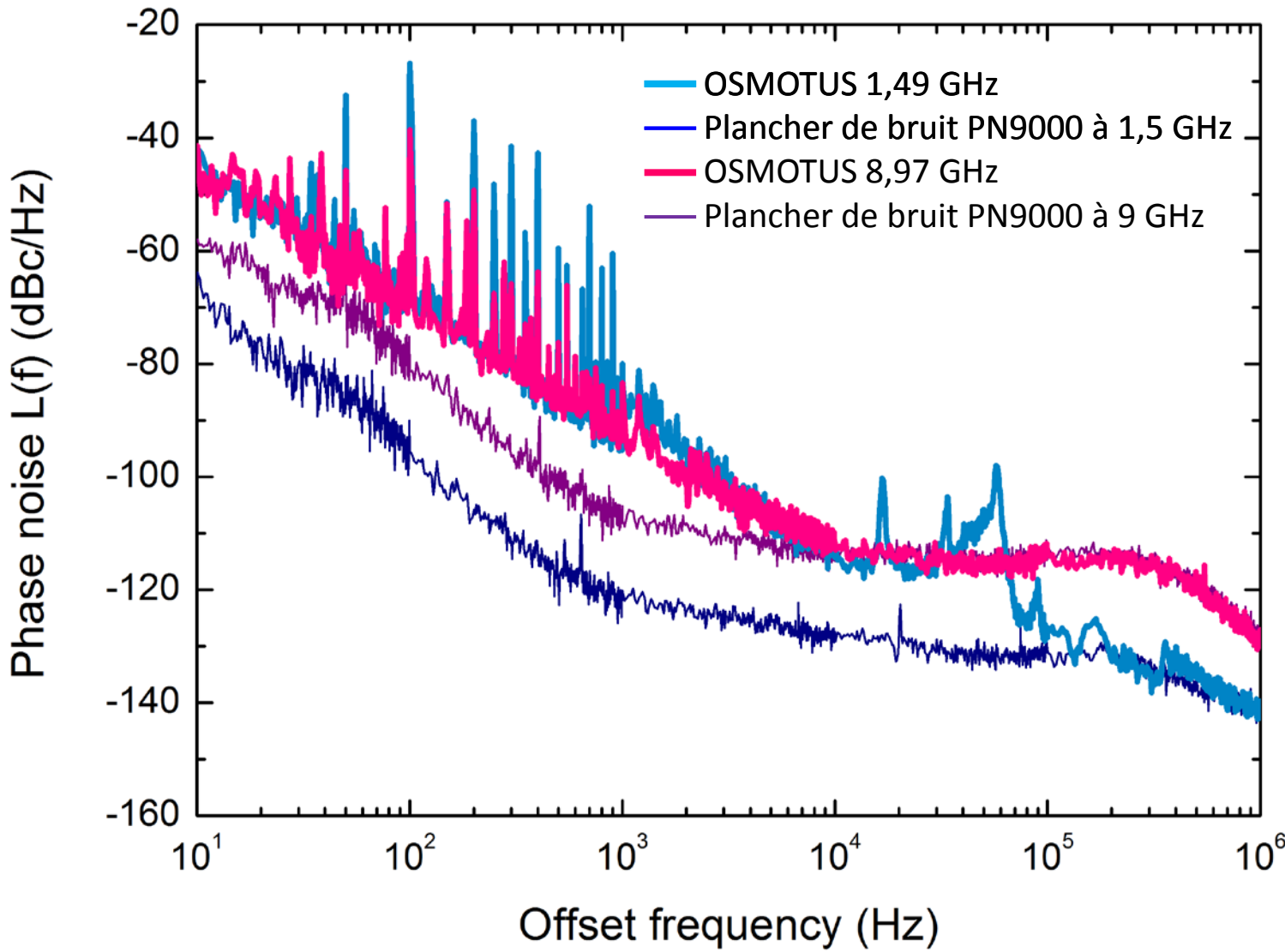


2 DUT = OSMOTUS + HLPD Lab Budy 26 GHz Discovery



3. Performances Préliminaires

Mesures de bruit de phase



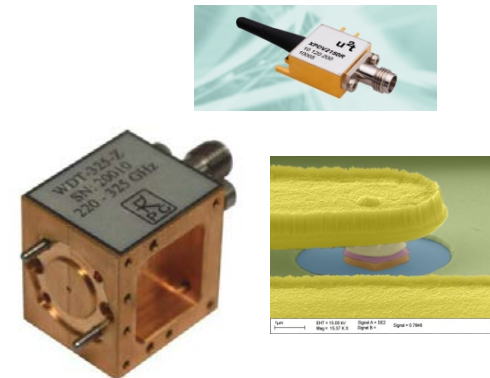
4. Conclusions & perspectives

Début réalisation décembre 2011

- Bruit de phase $L(f) = -100 \text{ dBc/Hz @} 10 \text{ kHz, } 9 \text{ GHz}$
- limité par la mesure $f > 10 \text{ kHz}$ (@ 1.5 et 10 GHz)
- Bruit de phase parasite identifié, correction en cours

À poursuivre :

- Mesure (sub-) millimétrique
- Comparaison de deux bancs similaires



ANR-2011-BS03-010-01