

Optique hyperfréquence

Cette thématique scientifique a pour objectif la génération et la stabilisation de signaux hyperfréquence sur porteuse optique. Les applications visées sont la génération de références de fréquence microondes ultrastables pour le déport d'horloges et de signaux analogiques par voie optique. L'étude théorique et expérimentale des liaisons optique-hyperfréquences comme il en existe dans les architectures radar les plus récentes est un autre volet de cette thématique. Ce domaine de recherche vise aussi à proposer de nouvelles architectures d'oscillateurs opto-électroniques largement accordables.

Les activités menées dans cette thématique rejoignent les travaux développés par l'équipe en **Dynamique des lasers et TeraHertz et métrologie** mais aussi certains de nos développements en **Imagerie avancée**.

Synthèse optique programmable de signaux hyperfréquences et micro-ondes

Les sources lasers bi-fréquence que nous réalisons se comportent comme des oscillateurs optique-hyperfréquences. En effet, les cavités développées dans l'équipe FOTON-DOP (qu'elles soient mono-axes ou bi-axes) génèrent des signaux hyperfréquences sur porteuse optique (battements), dont nous pouvons contrôler la fréquence par une tension électrique et/ou une commande de température. Ces lasers peuvent alors être utilisés comme oscillateurs commandés en tension (VCO) dans des boucles à verrouillage de phase (PLL). Nous poursuivons le développement de techniques de stabilisation pour assurer, suivant les cas : a) la faible largeur de raie de battement, b) la très grande pureté spectrale du bruit de phase du battement ou encore, c) l'agilité en fréquence.

Dans les premiers cas, nous montrons que la réalisation de boucles analogiques permet de reporter intégralement la pureté spectrale du signal délivré par un générateur hyperfréquence sur la fréquence de battement, ce qui conduit à des largeurs de raies inférieures au mHz. Dans le cas où l'agilité est recherchée, des solutions numériques sont privilégiées. En particulier, l'utilisation conjointe de lasers bi-fréquences monolithiques et de PLL numériques permet de réaliser des synthèses de fréquence agiles avec un bruit de phase au plancher limite théorique [Rol11]. Actuellement, nous utilisons ces techniques de stabilisation sur des lasers à état solide pour des applications de transport de références par liaisons fibrées et pour des applications de télémétrie aérienne (LIDAR-RADAR) [Val13]. Parallèlement, l'utilisation conjointe de lasers déclenchés et de cavités externes à décalage de fréquence nous permet de réaliser des sources opto-Rf dans le vert (532 nm) pour des applications de télédétection sous-marine (lidar marin) [Zha16].

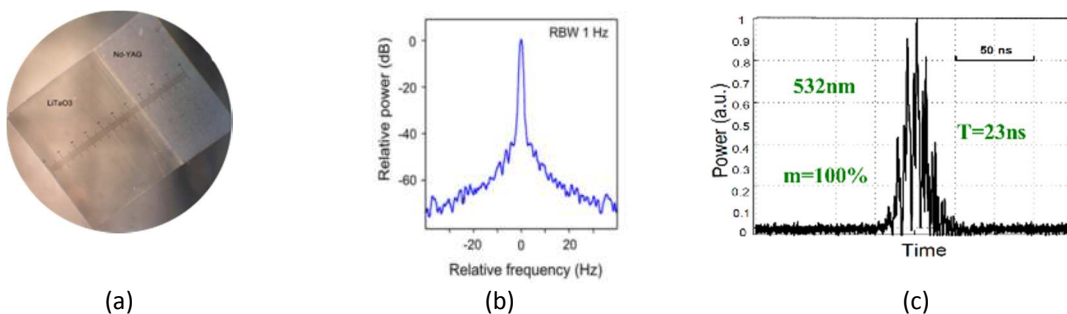


Fig. 1: a) Photographie d'un laser microchip monolithique à milieu à gain Nd:YAG et cristal électro-optique LiTaO₃ se comportant comme un oscillateur opto-RF 40 GHz contrôlable en tension; b) spectre du battement stabilisé; c) Impulsion de sortie d'un laser visible à 532 nm déclenché à cavité externe à décalage de fréquence.

Sélection de publications :

[Val13] M. Vallet, J. Barreaux, M. Romanelli, G. Pillet, J. Thévenin, L. Wang, M. Brunel, "Lidar-radar velocimetry using a pulse-to-pulse coherent rf-modulated Q-switched laser," *Applied Optics*, 52 (22), 5402-10 (2013).

[Zha16] H. Zhang, M. Brunel, M. Romanelli, M. Vallet, "Green pulsed lidar-radar emitter based on a multipass frequency-shifting external cavity," 55, 2467 (2016).

[Rol11] A. Rolland, M. Brunel, G. Loas, L. Frein M. Vallet, M. Alouini, "Beat note stabilization of a 10-60 GHz dual-polarization microlaser through optical down conversion," *Opt. Exp.* 19, 4399-4404 (2011).

Modélisation des liaisons optiques hyperfréquence

Performances des liaisons optique-hyperfréquence pour le déport de signaux analogiques

Oscillateurs hybrides à base de bi-lasers semi-conducteurs réinjectés opto-électroniquement

Adressage optique d'antennes reconfigurables

Amplification optique

Thèses en lien avec cette thématique (passées/en cours) :

Antoine Rolland, « Oscillateurs ultrastables millimétrique et teraHertz par boucle à verrouillage de phase optoélectronique », 2013

Gwennaél Danion, « Oscillateur micro-onde à teraHertz ultra-stable », 2015

Lucien Pouget, « Contribution à l'augmentation des performances de liaisons optiques-hyperfréquences : non-linéarités et bruit »

Gael Kervella, « Circuits intégrés photoniques in InP pour la génération de signaux hyperfréquences », 2015

Thong Tien Pham, « Étude et conception d'antennes réseaux transmetteurs millimétriques à reconfiguration par voie optique »

Aurélien Thorette, « Structures de polarisation dans les lasers et réinjection : application à la génération de faisceaux opto-hyper »

Romain Cane

Salvatore Pes

Pepino Primiani

Collaborations :

Institut d'Electronique et Télécommunications de Rennes - IETR (Rennes)

Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (Toulouse)

Laboratoire Aimé Cotton

III-V Lab (Palaiseau)

Thales Research and Technology (Palaiseau)

Thales Systèmes Aéroportés

Thales Air Defense

Drexel University, (USA)

Selex, (Italie)

Beijing Institute of Technology, (Chine)

Contacts :



M. Alouini

F. Bondu

M. Brunel

G. Loas

M. Romanelli

M. Vallet

Équipe FOTON-DOP

Responsable d'équipe : François BONDU

Tel : +33 223 235 156

francois.bondu@univ-rennes1.fr

Site web : <http://foton.cnrs.fr/v2016/spip.php?rubrique111>

Institut FOTON - Équipe DOP

Université de Rennes 1 – CNRS UMR 6082

Campus de Beaulieu – Bat 11B

263 avenue du Général Leclerc

35042 RENNES CEDEX

