

# TeraHertz et métrologie

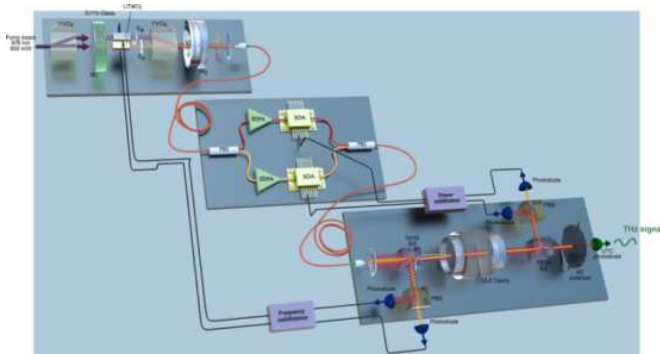
L'objectif de cette thématique de recherche est de proposer des moyens optiques permettant de générer des références de fréquences de très grande pureté spectrale dans la gamme teraHertz, avec une stabilité de fréquence record. Les applications de ce type de références sont la spectroscopie teraHertz ultra-résolue, la métrologie teraHertz et la détection hétérodyne de signaux THz à température ambiante.

Les activités menées dans ce domaine rejoignent les études conduites en **Dynamique des lasers** et constituent une extrapolation dans le millimétrique et les THz des activités en **Optique hyperfréquence**.

## Asservissement par boucle à verrouillage de phase opto-électronique

### Synthèse de signaux hyperfréquence/terahertz à très bas bruit de phase sur porteuse optique à 1,5 $\mu\text{m}$

Parallèlement, nous explorons une autre approche de stabilisation du battement THz par voie entièrement optique afin de générer des références de fréquence de qualité métrologique dans la gamme hyperfréquence/terahertz. Cette approche vise des performances record en termes de bruit de phase, c'est-à-dire bien meilleures que celles réalisables par des méthodes électroniques. Dans le montage en cours, les deux longueurs d'onde d'un laser bi-fréquence, bi-polarisation à 1,5  $\mu\text{m}$  sont stabilisées sur une même cavité Fabry-Perot de très grande stabilité dimensionnelle (finesse de 100 000). Pour que le laser stabilisé reste résonnant avec une telle cavité, nous avons développé un laser bifréquence dont le bruit de fréquence de chaque mode est meilleur que celui d'un laser commercial monofréquence sur des temps inférieurs à 10  $\mu\text{s}$  [Dan14a]. Ce laser est suivi d'un amplificateur optique hybride conçu au laboratoire. Il permet à la fois d'amplifier le laser tout en réduisant son bruit d'intensité et de disposer d'un actionneur pour stabiliser la puissance avec une grande bande passante [Dan14b]. Nous réalisons par ailleurs les photodétecteurs adaptés aux performances du projet. Pour pouvoir caractériser le bruit de phase obtenu une fois le système opérationnel, un deuxième système identique au premier est en cours de réalisation, car les performances attendues sont meilleures que les sources existantes dans les gammes millimétriques et sub-millimétriques à ce jour [Dan13]. Nous avons démontré, en ondes hyperfréquences, un bruit de phase meilleur que la résolution d'un banc de mesure de bruit de phase pour des fréquences d'écart à la porteuse supérieures à 10 kHz [Dan 15].



(a)



(b)

Fig. 4 : (a) Schéma de principe pour l'asservissement des modes d'un laser bi-fréquence bi-axe à 1,55  $\mu\text{m}$  sur une cavité optique de très grande stabilité dimensionnelle. (b) Vue d'ensemble du banc de synthèse de signaux hyperfréquences/teraHertz à très bas bruit de phase.

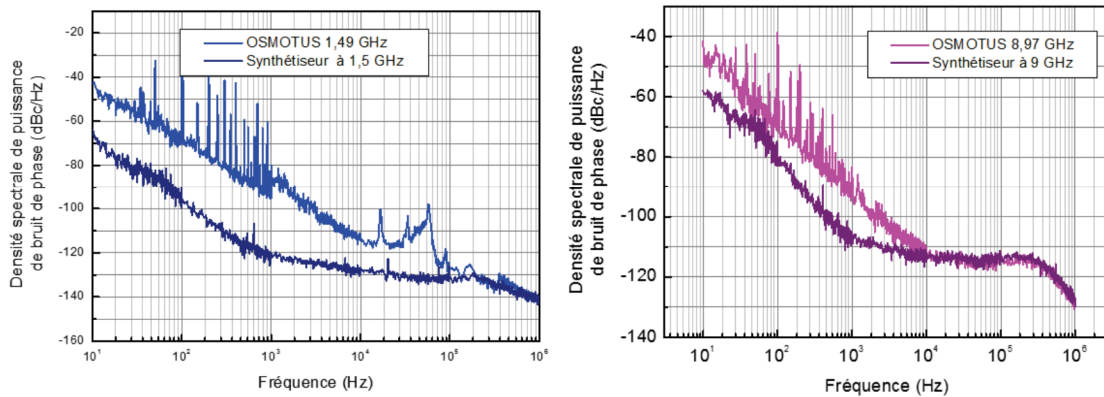


Fig. 5 : Mesures de bruit de phase du démonstrateur OSMOTUS à 1.5 GHz (à gauche) et 9 GHz (à droite) avec un banc PN9000 de mesure de bruit de phase, comparé à un synthétiseur RF commercial.

#### Sélection de publications :

- [Dan13] G. Danion; et al., "High spectral purity microwave and terahertz oscillator," Proceedings of 6th Joint IEEE International Frequency Control Symposium/European Frequency and Time Forum, IFCS-EFTF2-A2-5, 40-42, Prague, Czech Republic (2013).
- [Dan14a] G. Danion, C. Hamel, L. Frein, F. Bondu, G. Loas, and M. Alouini, "Dual frequency laser with two continuously and widely tunable frequencies for optical referencing of GHz to THz beatnotes," Opt. Express 22, 17673-17678 (2014).
- [Dan14b] G. Danion, F. Bondu, G. Loas, and M. Alouini, "GHz bandwidth noise eater hybrid optical amplifier: design guidelines," Optics Letters, 39, pp.4239-4242 (2014).
- [Dan15] Gwennaél Danion, Goulc'h'en Loas, Ludovic Frein, *et al.* "Synthèse optique d'ondes hyperfréquences et millimétriques à très bas bruit de phase: résultats préliminaires", COLOQ, Optique Bretagne 2015, Rennes, France. 2015.

## Réalisation d'une source optique compacte de rayonnement hyperfréquence

### Source THz continue par photomélangé à 800 nm à cavité bifréquence Titane-Saphire

### Spectroscopie TeraHertz dans le domaine temporel

#### 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

Joachim Boerner, « Theoretical and experimental study of ultrastable solid-state laser delivering millimeter wave and teraHertz signals »

Ayman Hallal, « Laser impulsionnel à faible gigue »

### Collaborations :

Institut d'Electronique, de Microélectronique et Nanotechnologie – IEMN (Lille)

Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules – Phlam (Lille)

Thales Research and Technology (Palaiseau)

Observatoire de Nice-Côte d'Azur

Institut de Sciences Chimiques de Rennes

Resolution spectra systems

Menlo Systems

### Contacts :



M. Alouini



F. Bondu



G. Loas



M. Romanelli



M. Vallet

### **Équipe FOTON-DOP**

Responsable d'équipe : François BONDU

Tel : +33 223 235 156

[francois.bondu@univ-rennes1.fr](mailto: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

