

Master OAM – Proposition de projet

Institut de Physique de Nice
CNRS & Université Côte d'Azur

Que faire d'une impulsion optique ultra-brève et ultra-intense ?

Etude expérimentale

Contexte général.— A la différence d'un laser conventionnel, qui produit un rayonnement continu, une source laser femtoseconde fonctionne en régime pulsé et ne produit de la lumière que pendant des durées brèves. Ces durées sont si courtes qu'elles sont qualifiées d'ultra-brèves [1] et que l'unité de temps utilisée pour mesurer ces durées est la femtoseconde ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$). Ces "flashes" de lumière permettent de figer, à la manière d'un stroboscope, les mouvements moléculaires et électroniques, ce qui fait de ces sources des outils aujourd'hui incontournables pour l'étude de la matière.

Les lasers femtosecondes possèdent une seconde propriété extraordinaire : celle de concentrer l'énergie pendant des durées ultra-brèves, ce qui en fait des sources également ultra-intenses. A titre d'exemple, une impulsion de 100 fs et d'énergie très modeste - typiquement 1 mJ - atteint une puissance crête de 10 GW, ce qui est l'équivalent de la puissance cumulée d'une dizaine de centrales nucléaires. En focalisant un faisceau laser femtoseconde, on atteint ainsi très rapidement des champs électriques géants, très largement supérieurs à celui qui lie les électrons périphériques à leur noyau parent, ce qui permet de manipuler et transformer la matière sans contact. Les lasers femtosecondes sont aujourd'hui des outils indispensables, en biologie, en chimie, ou en physique des plasmas, avec une large diversité d'applications [2] - ophtalmologie, microscopie, archéologie, micro-fabrication, fusion thermo-nucléaire (contrôlée), pour ne donner que quelques exemples - qui a valu à cette technologie d'être récompensée par le prix Nobel de Physique en 2018 [3].

Objectifs.— Ce projet propose de se familiariser avec les notions fondamentales d'optique ultra-rapide, les techniques de métrologie femtoseconde et l'interaction laser-matière. En particulier, nous aborderons les points suivants :

1. Notions théoriques : génération et manipulation des impulsions ultra-brèves, interaction laser-matière ultra-rapide ;
2. Étude bibliographique : techniques et instruments de mesure ultra-rapides [4], structuration de matériaux par laser femtoseconde [5] ;
3. Expériences : Mesures des propriétés temporelles et spectrales d'un laser femtoseconde, fabrication d'un circuit photonique intégré sur verre par inscription laser femtoseconde.

Contacts.—

Matthieu Bellec - matthieu.bellec@univ-cotedazur.fr

Gilles Chériaux - gilles.cheriaux@univ-cotedazur.fr

Nicolas Forget - nicolas.forget@univ-cotedazur.fr

Aurélie Jullien - aurelie.jullien@univ-cotedazur.fr

[1] S. A. Akhmanov, V. A. Vysloukh and A. S. Chirkin, *Optics of femtosecond laser pulses*, AIP (1992)

[2] W. Sibbett et al., *The development and application of femtosecond laser systems*, Opt. Exp. 20, 6989 (2012)

[3] <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2018/summary/>

[4] I. A. Walmsley et al., *Characterization of ultrashort electromagnetic pulses*, Adv. Opt. Photon. 1, 308 (2009)

[5] R. Gattas and E. Mazur, *Femtosecond laser micromachining in transparent materials*, Nature Photon. 2, 219 (2008)