

Programme final

Horaire	Titre	Contenu	Intervenant
08h30-09h00	Accueil des participants		
09h00-09h15	Introduction		
09h15-10h00	Notions de base pour la métrologie ultrabrève	Représentations des impulsions ultrabrèves, relation temps-fréquence	C. Bourassin Bouchet (LCF)
10h00-10h45	Diagnostics temporels fondamentaux	Auto-corrélateur(s) : Multi-coup, mono-coup. FROG, FROG mono-coup SPIDER	E. Cormier (CELIA)
10h45-11h00	Pause		
11h00-12h00	Diagnostics temporels avancés	D-Scan, mesures de CEP, Mesures d'impulsions ultra-courtes	H. Crespo (UNIV. of PORTO)
12h00-13h30	Déjeuner		
13h30-14h30	Métrologie attoseconde	Spectroscopie de photoémission : RABITT, streaking, FROG-CRAB	Y. Mairesse (CELIA)
14h30-15h30	Métrologie spatiale	Mesure de front d'onde	
		Senseur de type Shack-Hartmann	X. Levecq (IMAGINE OPTIC)
		Senseur de type interféromètre à décalage	N. Chan (PHASICS)
15h30-15h45	Pause		
15h45-16h45	Métrologie spatio-temporelle	Introduction des concepts généraux, différentes techniques de mesure (TERMITES, INSIGHT)	F. Quéré (LIDYL)
16h45-17h00	Conclusion		

Description sommaire des cours

Cours n°1 : Notions de base pour la métrologie ultrabrève

Charles Bourassin-Bouchet

Ce cours a pour objectif de définir clairement les grandeurs physiques qui doivent être mesurées par les techniques de métrologie temporelle ultrabrève pour caractériser une impulsion. Il abordera les différents types de représentation d'une impulsion ultrabrève (temporelle, spectro-temporelle, spatio-temporelle...) et les quantités de bases (phase spectrale, retard de groupe, spectrogramme...) nécessaires à sa bonne description.

Contenu du cours :

- L'impulsion vue comme un champ électrique dépendant du temps $E(t)$: domaine temporel et domaine spectral, notions de spectre, phase spectrale/temporelle, fréquence instantanée, phase de l'enveloppe par rapport à la porteuse (CEP).
- Représentation temps-fréquence : fonction de Wigner dans l'espace chronocyclique, notion de spectrogramme
- Représentations plus complexes : champ électrique spatio-temporel, description statistique

Cours n°2 : Diagnostics temporels fondamentaux

Eric Cormier

Ce cours va présenter les limitations des détecteurs conventionnels pour la mesure des impulsions femtosecondes et la nécessité d'utiliser des dispositifs beaucoup plus sophistiqués. On passera ensuite en revue les techniques (devenues) standards permettant soit d'estimer la durée soit de reconstruire l'amplitude et la phase de l'impulsion grâce à des processus non-linéaires.

Contenu du cours :

- Introduction
- Cross-correlations et autocorrelations
- Techniques FROG
- Techniques SPIDER

Cours n°3 : Advanced Temporal Diagnostics

Helder Crespo

This course provides an up-to-date overview of the dispersion-scan (d-scan) ultrashort pulse measurement technique. D-scan, invented in 2011 at the University of Porto and Lund University, came as a new paradigm in ultrafast temporal metrology, by radically departing from traditional approaches that require the creation of time-shifted (FROG) or frequency/phase-shifted (SPIDER) replicas of the initial pulse. Instead, d-scan resorts to another very meaningful parameter: the dispersion applied to a single pulse. Its experimental setup is the simplest ever among all pulse characterization methods,

requiring only a pulse compressor (usually already in place), a nonlinear medium, and an optical spectrometer, yet enabling precise pulse measurement and compression down to single-cycle durations. Due to its characteristics and performance, d-scan is today a very useful tool in a growing number of ultrafast applications, from source development and optimization, to time-resolved spectroscopy, high-harmonic generation & attoscience, and laser-plasma particle acceleration. An overview of CEP metrology and its relationship with d-scan will also be presented.

Summary of course contents:

- Principles of the d-scan technique
- The (second-harmonic) d-scan trace: characteristics and properties
- Basic d-scan algorithm and pulse retrieval
- Comparison with other techniques
- D-scan variants (third-harmonic, self-diffraction, XPW)
- Recipes for single-cycle pulse generation
- Fast algorithms for d-scan retrieval
- Self-calibrating d-scan: measuring pulses with an arbitrary compressor
- Single-shot d-scan in two flavors: real-time monitoring and optimization of multi-terawatt laser systems and single-cycle sources
- CEP measurement and d-scan
- Direct measurement of the absolute field of light by the new CEP d-scan
- (time permitting) D-scan-based spatiotemporal techniques: quick overview and examples

Cours n°4 : Métrologie attoseconde :

Yann Mairesse

Après une brève introduction sur la physique de la génération d'harmoniques d'ordre élevé et d'impulsions attosecondes, le cours présentera les principales techniques utilisées pour mesurer le profil temporel de trains d'impulsions attosecondes ou d'impulsions attosecondes isolées. Le principe général des techniques de mesure sera présenté, et leurs avantages et leurs limitations seront discutés.

Contenu du cours :

- Mesure de train d'impulsions attosecondes par photoionisation : RABBIT
- Caméra à balayage de fente attoseconde
- Caractérisation d'impulsions attosecondes arbitraires : FROG-CRAB et ses évolutions
- Techniques alternatives 'tout optique'

Cours n°5 : Métrologie spatiale senseur de type Shack-Hartmann

Xavier Levecq

Après une brève introduction sur la notion de front d'onde et de ses répercussions sur la focalisation des faisceaux lasers, le cours présentera la technologie Shack-Hartmann utilisée pour mesurer le front d'onde des lasers de haute intensité. Le principe général

de technique de mesure et de sa mise en œuvre sera présenté, et ses avantages et ses performances seront discutées.

Contenu du cours :

- Introduction à la notion de front d'onde
- Présentation de la technologie de mesure de front d'onde Shack-Hartmann
- Ce que l'on peut attendre de la mesure et ses limitations
- son utilisation pour la correction active des faisceaux lasers.

Cours n°6 : Métrologie spatiale : Senseur de type interféromètre à décalage **Nolan Chan**

Ce cours vise à expliquer le principe et les caractéristiques d'une méthode innovante d'analyse de front d'onde : L'interférométrie à décalage quadri-latéral.

Contenu du cours :

- Rappels sur le principe de d'analyse de front d'onde
- Principe de l'interférométrie à décalage quadri-latéral & caractéristiques
- Exemples d'utilisation d'interféromètre à décalage quadri-latéral, notamment dans le cadre de la caractérisation et correction de faisceaux ultrabrefs

Cours n°7 : métrologie spatio-temporelle de faisceaux laser ultrabrefs **Fabien Quéré**

L'objet cette présentation est d'expliquer comment, au-delà d'une caractérisation temporelle en un point, on peut déterminer la structure spatio-temporelle complète d'un faisceau laser ultrabref, c'est-à-dire son champ électrique $E(x,y,t)$ (avec x et y les coordonnées transverses à la direction de propagation z).

Contenu du cours :

- Notions générales sur les propriétés spatio-temporelles et leur métrologie (par ex. amplitude et phase spatio-spectrales, introduction des couplages spatio-temporels de base –pulse front tilt, pulse front curvature).
- Présentation de différentes méthodes de mesure spatio-temporelle (INSIGHT, TERMITES, SEA TADPOLE...)
- Quels outils pour analyser la structure spatio-temporelle d'un faisceau ? (par ex. décomposition en polynômes de Zernike résolue en fréquence). Illustration sur des cas pratiques (mesures sur lasers UHI100, salle jaune, BELLA).