

Spécialité OPTIQUE, MATIERE ET PLASMAS

Parcours LASERS ET MATIERE

Module Thématique « Impulsions optiques ultra-brèves et applications »

Enseignants : Antongi Alexandrou, Antoine Rousse, Jean-Louis Le Gouët

L'objectif de ce cours est d'introduire les notions de base et les outils nécessaires pour aborder le domaine, en pleine expansion, des lasers à impulsions ultra-brèves et de leur interaction avec la matière. Dans la première partie du cours, nous présentons la génération, la caractérisation et le façonnage de ces impulsions ainsi qu'un éventail représentatif d'applications comme les expériences pompe-sonde et la microscopie non-linéaire. La deuxième partie du cours est consacrée aux impulsions ultra-brèves intenses, leur obtention et leurs applications dont l'accélération d'électrons et les rayons X femtosecondes. La troisième partie du cours concerne l'interaction résonnante matière-rayonnement en régime transitoire. Le formalisme développé s'applique sur des échelles de temps très variées. On met en évidence des processus radiatifs dont on montre l'intérêt aussi bien pour l'étude fondamentale de phénomènes de relaxation que pour des applications au traitement du signal.

Génération d'un continuum spectral par automodulation de phase d'un faisceau femtoseconde

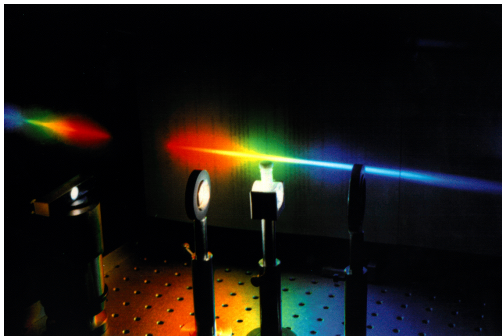
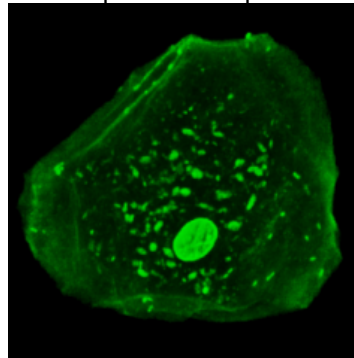


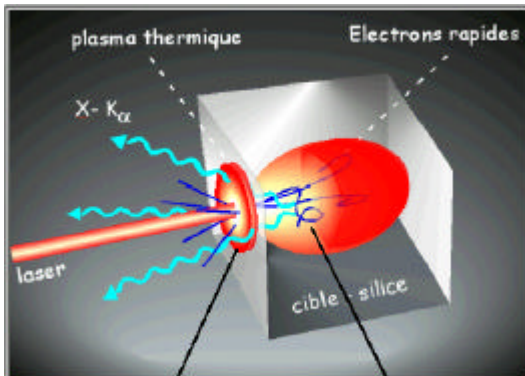
Photo C. Le Blanc (LOA)

Microscopie de fluorescence excitée par absorption à deux photons

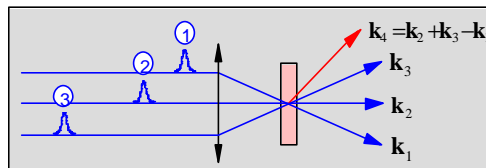


T. Boulesteix et al. (LOB)

Génération de rayons X femtosecondes par interaction avec une cible solide



Echo de photon



Plan du cours

COURS 1-3 (Antigoni Alexandrou, antigoni.alexandrou@polytechnique.fr)

- A. Définitions champ électrique complexe, intensité. Conditions pour avoir des impulsions brèves ($Dw.Dt = 1/2$).
- B. Phase spectrale et temporelle, phase spectrale après propagation, influence de la phase spectrale sur la durée d'une impulsion
- C. Génération. Blocage de modes (absorbant saturable, effet Kerr)
- D. Compression et façonnage d'impulsions (prismes et réseaux, miroirs chirpés, modulateur acousto-optique)
- E. Caractérisation d'impulsions ultra-brèves
 - Mesures de l'énergie et du spectre (photodiode, spectromètre, autocorrélation du champ)
 - Mesures de durée (nécessité d'un effet non-linéaire, autocorrélation de l'intensité)
 - Mesures complètes d'amplitude et de phase (interférométrie temporelle, interférométrie spectrale, SPIDER, FROG)
- F. Processus non-linéaires avec des impulsions ultra-brèves (automodulation de phase, redressement optique)
- G. Applications d'impulsions ultra-brèves (expériences pompe-sonde, contrôle cohérent, spectroscopie multidimensionnelle, tomographie cohérente optique, microscopie non-linéaire)

COURS 4-5 (Antoine Rousse, antoine.rousse@ensta.fr)

- A. Lasers ultrabrefs et intenses
 - Contraintes liées à l'amplification d'impulsions ultrabréves
 - Principe
 - Le futur
- B. Interaction laser ultrabref et intense avec la matière
 - Rappels sur le plasma
 - Interaction avec un milieu dense
 - Interaction avec un milieu dilué
 - Interaction en régime relativiste
- C. Génération et application de sources secondaires ultrabréves
 - Sources de particules (les faisceaux de protons, les faisceaux d'électrons)
 - Sources de rayonnement (le synchrotron et le laser à électron libre plasma, la génération d'harmonique d'ordre élevée, le rayonnement laser XUV)

COURS 6-7 Processus optiques transitoires cohérents (Jean-Louis Le Gouët, jean-louis.legouet@lac.u-psud.fr)

- A. Susceptibilité linéaire et polarisation macroscopique en régime transitoire
- B. Matrice densité et polarisation macroscopique dans le modèle du système à deux niveaux. Population et cohérence. Signal de précession libre, écho de photon, évolution sur la sphère de Bloch. Emission spontanée et rayonnement cohérent.
- C. Mécanismes de relaxation et transitoires cohérents. Discussion suivant l'échelle de temps dans l'hypothèse d'un processus de Ornstein-Uhlenbeck. Exemple de la relaxation rapide dans un liquide: analyse temporelle du signal par corrélation d'intensité et interférométrie spectrale. Extension du modèle à deux niveaux aux semiconducteurs.
- D. « Hole burning » spectral et holographie spectro-spatiale