

Contrôle temporel d'impulsions FEL XUV

Benoît Mahieu¹

¹ LOA, ENSTA ParisTech, CNRS, Ecole polytechnique, Université Paris-Saclay, 828 bd des Maréchaux, 91762 Palaiseau cedex France
benoit.mahieu@ensta-paristech.fr

Les lasers à électrons libres (FEL pour Free-Electron Laser en anglais) délivrent les impulsions ultrabrèves (dizaines de femtosecondes) les plus brillantes dans l'extrême-ultraviolet et l'X (XUV). Par des méthodes d'imagerie, ces courtes longueurs d'ondes permettent de visualiser, par exemple, des échantillons biologiques ou des structures magnétiques avec une résolution nanométrique. En spectroscopie, l'on tire partie de l'énergie élevée des photons (centaines d'eV à plusieurs keV), accédant à l'ionisation des atomes en couches internes. Enfin, les intensités produites sur cible ouvrent la porte à l'optique non-linéaire X.

L'étude de la dynamique ultrarapide des processus observés constitue un pan essentiel de la recherche actuelle. Elle requiert une maîtrise de la structure temporelle des impulsions. Dans cette présentation, nous montrons de récents résultats obtenus sur le FEL FERMI en Italie, où des travaux de façonnage spectro-temporel sont menés en collaboration avec les laboratoires LOA et CEA en France. Nous nous appuyons principalement sur trois exemples :

- La génération de **multiples impulsions** [1-3], qui permet des expériences inédites, par exemple **pompe XUV – sonde XUV, mélange à plusieurs ondes X, contrôle cohérent**.

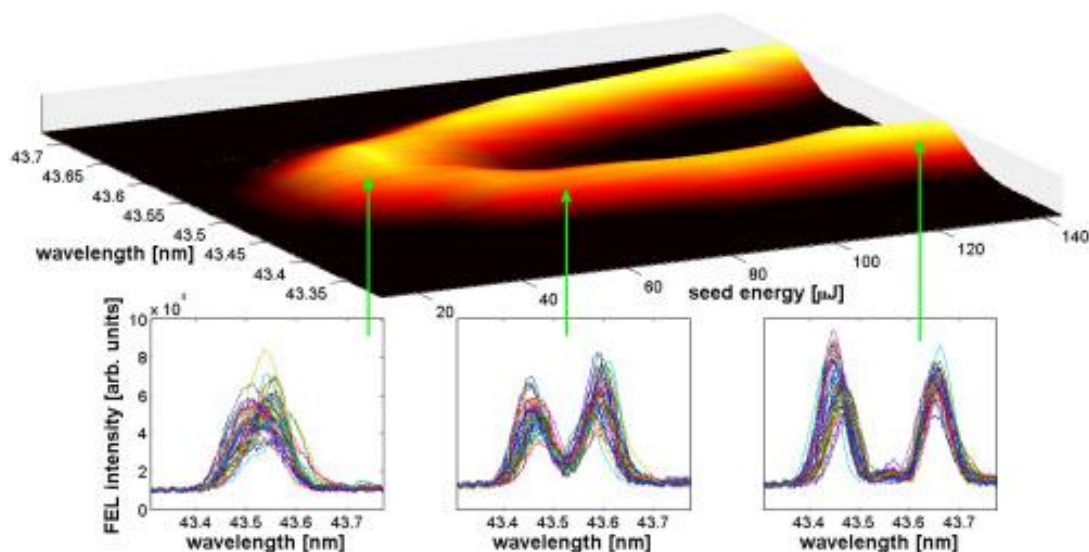


Figure : Observation expérimentale de la formation d'une double-impulsion FEL [2].

- Un schéma type **CPA** (amplification à dérive de fréquence) récemment testé, permettant d'envisager la production de rayonnement **X intense, temporellement cohérent, de durée attoseconde**.
- La caractérisation temporelle de ces impulsions. Nous avons proposé puis mis en œuvre expérimentalement la **première mesure complète (amplitude + phase) d'impulsions FEL XUV** par la méthode SPIDER [4,5].

Enfin, l'avenir des FELs se situe dans leur compacité et leur accessibilité. Alors que les FELs actuels reposent sur des accélérateurs de particules conventionnels mesurant plusieurs centaines de mètres, l'utilisation d'accélérateurs laser-plasma compacts [6] permettrait de faire des FELs un véritable outil de laboratoire, bénéficiant des avancées physiques pré-citées.

[1] G. De Ninno, B. Mahieu, E. Allaria, L. Giannessi, and S. Spampinati, *Chirped Seeded Free-Electron Lasers: Self-Standing Light Sources for Two-Color Pump-Probe Experiments*, Phys. Rev. Lett. **110**, 064801 (2013)

[2] B. Mahieu et al., *Two-colour generation in a chirped seeded free-electron laser: a close look*, Opt. Express **21**, 22728-22741 (2013)

[3] D. Gauthier et al., *Spectro-temporal shaping of free-electron laser pulses*, submitted to Phys. Rev. Lett.

[4] B. Mahieu et al., *Spectral-phase interferometry for direct electric-field reconstruction applied to seeded extreme-ultraviolet free-electron lasers*, accepted for publication in Opt. Express

[5] G. De Ninno, D. Gauthier, B. Mahieu et al., *Single-shot spectro-temporal characterization of XUV pulses from a seeded free-electron laser*, submitted to Nature Comm.

[6] V. Malka et al., *Principles and applications of compact laser-plasma accelerators*, Nature Phys. **4**, 447-453 (2008)