Les lasers femtosecondes ultra-intenses

F. Salin

Institut d'Optique Théorique et Appliquée, Centre Universitaire d'Orsay, BP. 147, 91403 Orsay Cedex, France

Abstract: We give a quick tour of novels technics to produce high power femtosecond pulses using solid-state materials.

Les méthodes modernes de production et d'amplification d'impulsions femtosecondes permettent d'obtenir des puissances crêtes extrêmement élevées (supérieures à $1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W}$), avec des taux de répétition de l'ordre de la dizaine de Hertz. Ces sources ont une taille et un coût raisonnable qui rendent accessible à un grand nombre de laboratoires, la physique autrefois possible que sur de très grosses machines telles que Phébus (CEA-Limeil), ou les sources du LULI ou du LURE. Cette évolution rapide des lasers de forte puissance est en grande partie due à l'apparition de milieux laser solides tels que le saphir dopé au titane.

Nous décrivons rapidement les méthodes récentes de production d'impulsions femtosecondes. On sait actuellement produire de façon simple et fiable des impulsions de moins de 100 fs dans une gamme qui s'étend de 700 nm à 1070 nm grâce au verrouillage de modes passif dans un laser $\text{Ti}:\text{Al}_2\text{O}_3$ (Fig.1) L'accordabilité des lasers femtosecondes est une possibilité nouvelle très importante lorsqu'on veut étudier des effets résonnants. Il ne faut néanmoins pas perdre de vue qu'un laser femtoseconde est très loin d'être monochromatique et que le spectre des impulsions a une largeur minimum de 10 nm. Ces oscillateurs produisent des impulsions à haute cadence (100 MHz) mais de faible énergie (1-10 nJ). Afin d'étudier des effets fortement non-linéaires dont le seuil

Self-modelocked Ti:sapphire oscillator

D.E. Spence, P. N. Kean and W. Sibbett CLEO'90
F. Salin, J. Squier and M. Piché ASSL'91

Article published by EDP Sciences and available at <http://www.aunphys.org>
or <http://dx.doi.org/10.1051/aunphys/1992021>

The Concept of Chirped Pulse Amplification

Figure 2

Femtosecond sources: State of the Art

Figure 3

se situe en général au dessus de 10^{13} W/cm^2 il convient d'amplifier ces impulsions.

On utilise pour ce faire le même milieu laser que dans l'oscillateur ou éventuellement une combinaison d'autres milieux. A cause des très fortes puissances crêtes obtenues en fin de chaîne on ne peut amplifier une impulsion femtoseconde directement. Il faut alors recourir à une technique dite d'amplification à dérive de fréquence dans laquelle on étire une impulsion femtoseconde pour la transformer en une impulsion nanoseconde (Fig.2). On peut ainsi amplifier cette impulsion longue sans risquer d'endommager les amplificateurs, puis en fin de chaîne recompresser l'impulsion à sa durée initiale. Le gain des chaînes lasers pour impulsions femtosecondes est typiquement de 10^9 , amenant l'énergie des impulsions du nanojoule au joule (puissance crête de 10 TW) (Fig.3). On peut aussi limiter l'énergie des impulsions à 1 mJ (10 GW) mais travailler à haute cadence (1-10 kHz) et donc à fort flux moyen (Fig.4). Dans tous les cas la qualité des faisceaux est très bonne et on peut focaliser les impulsions sur des taches proches de la limite de diffraction. On obtient ainsi des intensités supérieures à 10^{18} W/cm^2 qui ouvrent un nouveau domaine des interaction lumière-matière.

Figure 4