

Étude de la transition solide-plasma par spectroscopie X près des seuils

S. Briand¹⁻², F. Dorchies², L. Lecherbourg¹⁻³, V. Recoules¹, P. Renaudin¹
K. Taphuoc⁴, J. Gautier⁴

¹CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon, France

²Université de Bordeaux, CNRS, CELIA, UMR 5107, F-33400 Talence, France

³Université-Paris-Saclay, CEA, LMCE, 91680 Bruyères le Chatel, France

⁴LOA, ENSTA, CNRS, Ecole Polytechnique, UMR 7639, F-91761 Palaiseau, France

La matière dense et tiède (WDM) est définie comme un régime entre la matière condensée où on retrouve un solide froid et le plasma chaud représenté par un milieu dilué avec une température supérieure à la centaine d'électronvolts ($1 \text{ eV} \sim 11000 \text{ K}$). Le régime de la matière dense et tiède, est caractérisé par une densité proche du solide et une température de l'ordre de quelques électronvolts. On retrouve ces conditions dans diverses situations telles que les intérieurs planétaires, la fusion par confinement inertiel et dans des procédés laser. Il est possible d'amener la matière dans un tel régime à moindre frais (énergie investie), mais de façon transitoire, en utilisant une impulsion laser de courte durée, de l'ordre de quelques femtosecondes (10^{-15} s). On crée alors un régime hors équilibre où les électrons sont très vite chauds, avant de s'équilibrer avec les ions sur une durée plus longue de quelques picosecondes (10^{-12} s).

Pour venir étudier ce régime, nous utilisons la spectroscopie d'absorption de rayons X près des seuils (XANES) et résolue en temps. Cette technique expérimentale permet a priori d'obtenir des informations liées aux structures électronique et ionique, et donc de mieux comprendre leur interaction dynamique. Pour soutenir ce travail, des simulations à différentes échelles sont réalisées. A l'échelle de l'atome, des simulations sont effectuées avec le code ABINIT. Pour une température et une densité données, le code permet après plusieurs mois de simulation d'obtenir un spectre XANES, et d'interpréter ainsi les spectres expérimentaux. A l'échelle macroscopique, le code ESTHER simule d'abord le dépôt d'énergie laser au sein du matériau, puis l'évolution spatiale et temporelle des températures électronique et ionique, et de la densité. La première partie (dépôt de l'énergie laser dans le matériau) est contrainte par des mesures d'absorption laser.

Mon travail de thèse se concentre sur deux matériaux types avec des structures électroniques « froides » très différentes, c'est-à-dire dans leur état solide avant le chauffage par le laser. On s'intéresse lors de cette étude à la bande d d'un métal de transition, le molybdène (Mo) et au gap d'un diélectrique, le nitrure de silicium (Si_3N_4). Lors de cette journée, je vous présenterai mes travaux expérimentaux et de simulation sur le molybdène.