

Acoustique picoseconde pour la caractérisation des propriétés mécaniques de matériaux nanostructurés

Arnaud DEVOS

Il y a un peu plus de 20 ans, des physiciens observaient une étrange oscillation dans la réponse ultra-rapide d'un échantillon semi-conducteur. Trop rapide pour être d'origine thermique, trop lente pour être attribuée aux électrons, il s'est avéré qu'ils avaient, sans le savoir, provoqué la mise en résonance mécanique de leur couche nanométrique avec un laser. Ainsi naissait l'acoustique picoseconde, une acoustique dans une gamme de fréquence jusque là inexplorée entre quelques 10 GHz et quelques THz.

C'est une acoustique est un peu particulière. On a beau tendre l'oreille, on n'entend rien tant les fréquences sont élevées, on ne parle plus d'ultrasons mais d'hypersons. Un coup d'œil au montage expérimental confirme cette première impression, pas le moindre dispositif acoustique mais au contraire, une quantité de miroirs et de lentilles. C'est donc d'une expérience d'optique dont il s'agit. Un premier laser va provoquer l'émission d'une impulsion acoustique très brève, qui se propage à la vitesse du son dans la matière. Lorsqu'elle rencontre une interface, elle s'y réfléchit partiellement et son retour à la surface produit un écho qui est détecté par un second laser. Ainsi, cette acoustique picoseconde s'apparente à un sonar à une échelle spatio-temporelle inédite, celle de la picoseconde et du nanomètre.

Très vite la technique va se développer sur deux fronts.

Des études fondamentales d'une part reposant sur l'exploration tous azimuts de cette gamme de fréquence nouvelle pour l'acoustique. Mesure de l'atténuation des ondes acoustiques dans une gamme de fréquences stratégique pour la compréhension des mécanismes débattus dans les verres, démonstration de l'existence de solitons acoustiques, vibrations d'objets nanostructurés organisés ou non. Simultanément, les chercheurs à l'origine de la découverte comprennent l'intérêt applicatif de la technique. C'est ainsi que naît un premier équipement de métrologie d'épaisseur destiné à la micro-électronique et qui sert aujourd'hui au contrôle en ligne de nombreux micro-processeurs.

Dans cet exposé nous présenterons la technique et quelques unes de ses applications. Nous verrons qu'en acoustique picoseconde il est possible de concilier la physique fondamentale et les applications industrielles.