



Université Claude Bernard



Lyon 1

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **19 septembre 2019**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Quentin MARTINET**

Titre de la thèse : « *Etude des effets environnementaux sur les modes acoustiques confinés de nanoparticules par diffusion inélastique de la lumière* »



Résumé

Au cours des vingt dernières années, la diffusion inélastique de la lumière par les modes propres de vibration des nanoparticules, appelés modes de Lamb, s'est avérée être une méthode très efficace pour caractériser la taille et les propriétés mécaniques des nano-objets. La fréquence de résonance d'une nano-sphère, dans la gamme du gigahertz, est donnée, en première approximation, par le ratio de la vitesse acoustique du matériau massif et la taille du confinement. Les raffinements du modèle théorique permettent d'obtenir, à partir de ces modes de vibration, des informations essentielles sur la géométrie et l'environnement local des nano-objets.

L'objectif de cette thèse est de sonder le domaine de validité du modèle de Lamb, d'analyser les différents impacts de l'environnement sur ces modes de vibration et de développer de nouvelle méthode pour les mesurer. Plusieurs aspects de l'interaction avec le milieu extérieur peuvent ainsi être pris en considération selon le type de système étudié. D'une part, la délocalisation de l'onde acoustique dans le cas de systèmes cœur-coquille, qui est gouvernée par les impédances acoustique respectives du cœur et de la coquille, et qui se traduit par un couplage mécanique. D'autre part, l'effet de masse inertielle induite par la présence de ligands organiques à la surface de la particule qui modifie la fréquence de résonance. La validité de ces deux approches est ainsi discutée en fonction de la configuration des objets considérés, puis ces modèles théoriques sont appliqués à des cas réels tels que des nanoparticules cœur-coquille et des nano-plaquettes de semi-conducteurs ou des agrégats métalliques colloïdaux. L'effet de masse inertielle s'avère non négligeable pour des objets de petites tailles et il est ainsi montré la faisabilité de réaliser des nano-balances ultrasensibles capable de sonder l'environnement proche des nano-objets. Par ailleurs, dans le cas des agrégats d'or, cette approche permet de discuter les limites du modèle de Lamb, basé sur la théorie des milieux continus, sur des vibrations n'impliquant que six atomes. Ainsi, grâce à la spectroscopie Raman basses fréquences, il apparait que les résultats expérimentaux des vibrations de ces objets s'accordent à la fois avec l'approche des milieux continus en considérant l'effet de masse inertielle et aussi avec les calculs de dynamique moléculaire. Finalement, le développement expérimental d'un montage optique capable de mesurer ces modes Raman basses fréquences sur une particule unique en milieu liquide est présenté. Cette approche nécessite de localiser une particule en milieu liquide à l'aide de nano-pinces plasmoniques puis d'exalter le signal Raman basses fréquences en stimulant les modes de vibration par électrostriction. Les perspectives étant d'appliquer cette méthode à l'étude de la dynamique vibrationnelle de nano-objet unique tel que des virus ou des protéines.