

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **13 décembre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur.e : **Monsieur Alessandro CASTO**

Titre de la thèse : Transferts thermiques ultrarapides des nanotubes de carbone à leur environnement

Résumé



Les nanostructures à base de carbone sont largement utilisées dans des applications telles que la collecte de lumière et la conversion d'énergie. L'étude de leurs propriétés fondamentales est cruciale pour une conception et une réalisation des dispositifs à l'échelle nanométrique. En particulier, pour prédire avec précision les phénomènes de transfert de chaleur, il est essentiel de comprendre quantitativement le transport thermique à l'interface avec l'environnement extérieur. Dans ce contexte, la résistance thermique d'interface (TBR) joue un rôle clé, étant la principale résistance limitant les échanges thermiques entre les nano-objets et leur environnement. Dans cette thèse, nous utilisons la spectroscopie optique ultrarapide résolue en temps, une technique expérimentale robuste, sans contact et en champ lointain, pour explorer les processus d'échange de chaleur à l'échelle nanométrique autour des nanostructures à base de carbone. Les échantillons étudiés sont des nanotubes de carbone (CNTs) dans différents environnements, l'eau liquide, l'éthanol liquide, et l'eau solide (glace). Nous développons un modèle thermo-optique par méthode des éléments finis (FEM) pour reproduire les signaux expérimentaux résolus en temps et extrapoler quantitativement la TBR dans chaque cas. Tout d'abord, les valeurs de la TBR à l'interface entre les CNT et l'eau sont extraites expérimentalement, et l'influence des groupes hydroxyles (-OH) liés de manière covalente aux CNTs sur la TBR est déduite. Ensuite, nous examinons l'impact du solvant en étudiant les CNTs dans l'éthanol, en

comparant les résultats avec ceux observés dans l'eau. Ces résultats expérimentaux sont comparés aux résultats numériques des simulations par dynamique moléculaire (MD), développées en collaboration avec le Politecnico di Torino, sur des interfaces solide-liquide entre nanotubes de carbone, ou graphène, et l'eau ou l'éthanol. Les valeurs de TBR obtenues sont validées, et l'influence de la mouillabilité de surface et du désaccord des phonons à l'interface sur la TBR sont expliqués qualitativement. Enfin, les CNTs sont analysés dans différentes phases de l'eau, liquide à température ambiante et solide à -20 °C, démontrant que la spectroscopie optique ultrarapide peut distinguer efficacement les états solide et liquide de l'eau entourant les CNTs, ouvrant ainsi la voie à de futures applications. Le protocole de mesure et d'analyse développé dans cette étude est polyvalent et peut être appliqué à divers nanofluides et matériaux nanocomposites.

Mots-clés :

Spectroscopie ultrarapide, Nanotubes de carbone, Transfert thermique, Lasers femtoseconde, Résistance thermique d'interface, Eau