

Interaction onde-matière chirale : son, lumière, matière

E. Brasselet

*Laboratoire Ondes et matière d'Aquitaine, CNRS (UMR5798), Université de Bordeaux,
F-33400 Talence, France
etienne.brasselet@u-bordeaux.fr*

Résumé

La chiralité correspond à la brisure de la symétrie d'inversion: une entité chirale n'est pas superposable à son image dans un miroir par de simples translations et rotations d'espace. Un exemple de base est nos deux mains, comme le rappelle l'étymologie grecque ('kheir'). C'est naturellement que les deux images miroir d'une entité chirale sont donc désignées comme les versions droite et gauche de celle-ci.

Ce concept n'est pas seulement valable pour la matière, il l'est aussi pour les ondes, telles que celles associées à la lumière ou au son. En effet, la phase d'une onde peut s'enrouler autour de sa direction de propagation, donnant alors naissance à une singularité de phase droite ou gauche, associée à un moment angulaire dit 'orbital'. Pour la lumière, un autre degré de liberté entre en jeu, son hélicité, que l'on peut associer au sens de rotation droite ou gauche de son champ électrique et qui est relié au moment angulaire dit 'de spin'.

De manière générale, l'interaction onde-matière en présence de chiralité permet une manipulation sélective de la matière par l'onde ou, inversement, de l'onde par la matière. A travers quelques exemples, on illustrera les opportunités que cela représente.

Engineering of Acoustic Waves at the Nanoscale

Daniel Lanzillotti-Kimura¹

¹ : Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N),
CNRS, Université Paris Saclay, Palaiseau, France
daniel.kimura@c2n.upsaclay.fr

Acoustic-phonons in the GHz-THz range (i.e. acoustic waves with wavelengths in the 1-100 nm range) appear as a suitable platform to study complex wave phenomena, motivating the development of nanophononic devices. The strong interactions with other excitations in solids extend the range of applications to other fields such as nanoelectronics, photonics, optomechanics, and quantum optics.

The development of micro- and nanofabrication techniques enabled the study of nanostructures where it is possible to confine photons (light) and phonons in a single resonant cavity of about 100 nanometers.[1]–[5] Contrary to what happens in standard opto-acoustics, at these scales, the wavelength of the photons is comparable[3] or much larger[2] than the wavelength of the acoustic waves. Through the engineering of semiconductor nanostructures it is possible to control both the dynamics and the interactions between photons and phonons at ultrahigh frequencies and reduced scales.

In this presentation, I will describe devices based on semiconductor multilayers optimized to generate, detect, and confine acoustic phonons and possible applications.[6] Also, I will introduce different strategies to engineer the simultaneous photonic and phononic confinement based on semiconductor microcavities and will discuss recent experimental results.[7], [8] These structures open new possibilities toward the development of efficient coherent phonon sources, ultrafast optical modulation systems, and the study of novel physical phenomena.

Bibliography

- [1] M. Trigo, A. Bruchhausen, A. Fainstein, B. Jusserand, and V. Thierry-Mieg, “Confinement of Acoustical Vibrations in a Semiconductor Planar Phonon Cavity,” *Phys. Rev. Lett.*, vol. 89, no. 22, p. 227402, Nov. 2002.
- [2] N. D. Lanzillotti-Kimura, A. Fainstein, B. Jusserand, and A. Lemaître, “Resonant Raman scattering of nanocavity-confined acoustic phonons,” *Phys. Rev. B*, vol. 79, no. 3, p. 035404, Jan. 2009.
- [3] A. Fainstein, N. D. Lanzillotti-Kimura, B. Jusserand, and B. Perrin, “Strong Optical-Mechanical Coupling in a Vertical GaAs/AlAs Microcavity for Subterahertz Phonons and Near-Infrared Light,” *Phys. Rev. Lett.*, vol. 110, no. 3, p. 037403, Jan. 2013.
- [4] F. R. Lamberti *et al.*, “Optomechanical properties of GaAs/AlAs micropillar resonators operating in the 18 GHz range,” *Opt. Express*, vol. 25, no. 20, pp. 24437–24447, Oct. 2017.
- [5] G. Arregui, N. D. Lanzillotti-Kimura, C. M. Sotomayor-Torres, and P. D. García, “Anderson Photon-Phonon Colocalization in Certain Random Superlattices,” *Phys. Rev. Lett.*, vol. 122, no. 4, p. 043903, Feb. 2019.
- [6] M. Esmann *et al.*, “Brillouin scattering in hybrid optophononic Bragg micropillar resonators at 300 GHz,” *Optica*, vol. 6, no. 7, pp. 854–859, Jul. 2019.
- [7] N. D. Lanzillotti-Kimura, A. Fainstein, and B. Jusserand, “Towards GHz–THz cavity optomechanics in DBR-based semiconductor resonators,” *Ultrasonics*, vol. 56, no. Supplement C, pp. 80–89, Feb. 2015.
- [8] V. Villafañe *et al.*, “Slow light and slow acoustic phonons in optophononic resonators,” *Phys. Rev. B*, vol. 94, no. 20, p. 205308, Nov. 2016.

La photonique quantique au service des applications

A. Martin, T. Lunghi, F. Dautre, M. De Micheli, L. Labonté, O. Alibart, V. D'Auria, S. Tanzilli
Université Côte d'Azur, CNRS, Institut de Physique de Nice (INPHYNI), UMR 7010,
Parc Valrose, 06108 Nice Cedex 2, France,
Anthony.martin@univ-cotedazur.fr

Résumé

La photonique quantique se trouve au cœur des "nouvelles" technologies quantiques. En effet, au-delà des expériences fondamentales relatives à l'intrication, la photonique quantique a permis le développement de nombreux cryptosystèmes utiles à la sécurisation ultime des échanges de données dans les réseaux de communication. Ainsi, après avoir rappelé les concepts de superposition d'états quantiques et d'intrication, nous présenterons la réalisation d'un lien d'échange de clefs quantiques sur une distance de 150 km basé sur des paires de photons intriqués en énergie-temps multiplexé en longueur d'onde [1].

Aujourd'hui la photonique quantique entre dans un nouveau champ d'application, relatif à la métrologie et aux capteurs quantiques. En effet, la structure même des états photoniques intriqués permettent, grâce aux corrélations intrinsèques des paires de photons jumeaux, de sonder sous haute précision les propriétés importantes des matériaux pour l'optique telles que la dispersion chromatique et l'indice de réfraction. Pour mettre en avant les intérêts de la physique quantique dans le domaine de la métrologie, nous présenterons une nouvelle approche d'interférométrie quantique en lumière blanche qui permet de qualifier, avec une précision augmentée, les propriétés mentionnées ci-dessus. Une comparaison entre approches classique et quantiques, avec résultats expérimentaux à l'appui, sera également discutée. Les précisions de mesure de ces paramètres promettent des répercussions dans de nombreux domaines, tels que les télécoms optiques et l'augmentation des débits, la réalisation de nouveaux systèmes laser pour la médecine construite autour de fibre optique spéciales de nouvelle génération, ou encore le développement de sources cohérentes dans le moyen infrarouge utiles à la spectroscopie [2].

Bibliographies

- [1] Aktas D, Fredrici B, Kaiser F, Lunghi T, Labonté L and Tanzilli S, Entanglement distribution over 150 km in wavelength division multiplexed channels for quantum cryptography, *Laser Phot. Rev.*, vol. 10, 451-457, 2016
- [2] Kaiser F, Vergyris P, Aktas D, Badin C, Labonté L and Tanzilli S, Quantum enhancement of accuracy and precision in optical interferometry, *Light Sci. Appl.*, vol. 7, 17163, 2018