S'INITIER À LA PHYSIQUE NON LINÉAIRE VIA LA NANOMÉCANIQUE.

LABORATORY : Institut Lumière Matière

LEVEL : M1 / M2
TEAM(S) : PNEC

CONTACT(S) : AYARI Anthony
VINCENT Pascal

CONTACT(S) DETAILS: anthony.ayari[at]univ-lyon1.fr / Tel. 0472432782
pascal.vincent[at]univ-lyon1.fr / Tel. 0472432782

KEYWORD(S) :

SCIENTIFIC CONTEXT :

Bien qu'apparaissant dans de nombreux domaine de physique, les aspects non linéaires sont cependant peu enseignés durant le parcours universitaire. La nanomécanique, où ces effets non linéaires (NL) peuvent être facilement obtenus et observables visuellement, offre une voie simple et ludique pour aborder cette thématique. L'équipe PNEC dispose d'une longue expérience en nanomécanique de nano-objets (nanotube de carbone, nanofils , ...) et des effets non linéaires ou couplage entre modes. Les thématiques abordées concernent entre autres : nanoradio digitale et FM, auto-oscillations, couplage de mode, excitation hors résonance par effet NL, ... (voir refs [1] et [2]. Les pdf des ces articles (et d'autres) peuvent être directement téléchargés à l'adresse donnée dans [3]).

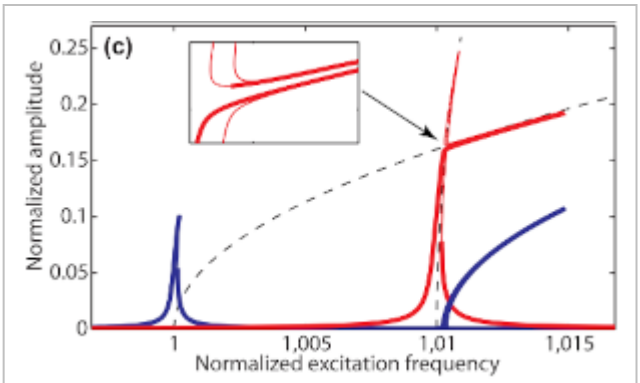

Diagramme de stabilité pour un nanofil avec couplage non linéaire entre polarisations

Dans ce stage nous proposons d'étudier **la stabilisation active de branches instables d'oscillateurs NL**. Pour comprendre ce que cela signifie il faut se rappeler que, pour un oscillateur linéaire, pour chaque fréquence d'excitation il existe une unique solution pour l'amplitude et la phase de l'oscillateur. Au contraire, pour un oscillateur NL il existe des fréquences pour lesquelles plusieures solutions existent (voir figure). Par exemple, pour un oscillateur NL simple de type Duffing (terme en x^3), il existe dans une zone de fréquence trois solutions dont deux stables et une instable. Le choix entre les deux solutions stables possible dépend en général de l'état antérieur de l'oscillateur.

MISSIONS :

D'un point de vue expérimental le diagramme de stabilité d'un oscillateur est réalisé à l'aide d'un lock-in qui permet par exemple pour un scan de fréquence croissante de mesurer l'amplitude et la phase des solutions obtenues. Un scan à fréquence décroissante permet de mesurer d'autres solutions stables. Par contre les solutions instables ne seront jamais obtenues par cette méthode où l'on travaille à fréquence constante. Pour stabiliser les branches instables on modifiera le système de mesure pour travailler à phase constante. Cela constituera le coeur du stage et pourra être appliqué à des cas allant de simples et déjà démontrés (Duffing) à des situations plus complexes et originaux (voir figure).

Les résonateurs utilisés seront des nanofils de SiC dont nous avons une très bonne maitrise. Les mesures seront essentiellement réalisées par une méthode optique dans un système ultra haut vide (système d'optomécanique) mais pourront également être réalisées sous Microscope Electronique à Balayage pour visualisation directe.

Il s'agit d'un stage couplant intimement expérimental, programmation et théorie. Une bonne maîtrise de tous ces aspects est demandée.

OUTLOOKS :

La poursuite de ces travaux via une thèse est possible via l'école doctorale.

BIBLIOGRAPHY :

[1] "Digital and FM demodulation of a doubly clamped single-walled carbon nanotube oscillator : towards a nanotube cell phone", V. Gouttenoire et al., Small, 6, 1060 (2010).
[2] "Nonlinear polarization coupling in freestanding nanowire/nanotube resonators", P. Vincent et al., J. of Appl. Phys. 125, 044302 (2019)
[3] https://ilm.univ-lyon1.fr/index.php?option=com_content&view=article&catid=35&id=248