

## Peeling force spectroscopy at nanoscale : adhesion and dissipation

*Advisor:* L. Bellon  
*Institution:* Laboratoire de Physique ENS Lyon, UMR 5672  
46 allée d'Italie  
69364 Lyon cedex 07  
FRANCE  
<http://www.ens-lyon.fr/PHYSIQUE/>  
*Contacts:* *Email:* [Ludovic.Bellon@ens-lyon.fr](mailto:Ludovic.Bellon@ens-lyon.fr)  
*Phone:* (+33) 4 72 72 83 78  
*Web:* <http://perso.ens-lyon.fr/ludovic.bellon/>

### *Abstract:*

Van der Waals (VdW) forces at nanoscale are undoubtedly a key point in the physics of nano-systems. Such devices present indeed a high surface to volume ratio, so that surface effects become more and more important as technology progresses towards smaller and smaller artefacts. Carbon nanotubes for instance, mainly interact through VdW forces with their environment, and naturally stick to most surfaces. To harness their unique mechanical and electrical properties, understanding this interaction with the rest of the world is certainly of prime importance. In a preliminary work [[J. Buchoux et al, Eur. Phys. J. B 84, 69 \(2011\)](#)], we described a simple characterization procedure of the energy of adhesion of small diameter nanotubes, that is well understood by a peeling geometry at nanoscale.

In this experimental PhD thesis, soft nanotubes will be synthesized at the tip of an atomic force microscope (AFM) cantilever and simply pushed on a surface. The VdW interaction causes part of the nanotube to be adsorbed on the substrate, and the analysis of the force curve leads both to quantitative information on the adhesion process and on the nanotube itself. We will use this experimental protocol to quantify adhesion and dissipation processes, as a function of the substrate and of the presence of defects in the nanotube. This procedure will be extended to other nano-objects, like nanowires for example. The experiments will rely on a home made AFM, featuring ultra low noise cantilever deflection measurement at  $10^{-14}$  m/ $\sqrt{\text{Hz}}$ .

The candidate will have strong motivation for experimental physics and high precision measurements. He will be implied in the complete measurement process, from sample preparation, instrument conception and tuning, experimental protocol definition, data acquisition and analysis, and of course physical interpretation ! He will have a strong background in fundamental physics, and a keen interest in nanoscale phenomena.

### *Grant:*

**This internship / PhD proposal is fully funded** as part of the project ANR *HiResAFM* (France).

Net salaries per month : M2 internship 417 €, PhD 1374 € (CNRS contract).

### *Calendar:*

This M2 internship and/or PhD is intended to start in 2012.

## **Pelage à l'échelle nanométrique : forces d'adhésion et processus de dissipation**

*Directeur :* L. Bellon

*Institution :* Laboratoire de Physique ENS Lyon, UMR 5672

46 allée d'Italie

69364 Lyon cedex 07

FRANCE

<http://www.ens-lyon.fr/PHYSIQUE/>

*Contacts :* Email : [Ludovic.Bellon@ens-lyon.fr](mailto:Ludovic.Bellon@ens-lyon.fr)

Téléphone : (+33) 4 72 72 83 78

Web : <http://perso.ens-lyon.fr/ludovic.bellon/>

### *Résumé :*

Les forces de Van der Waals (VdW) sont incontournables dans la compréhension de la physique des nano-systèmes. De tels objets présentent en effet un rapport surface sur volume élevé, de sorte que les effets de surface deviennent de plus en plus importants au fur et à mesure que les techniques de miniaturisation progressent. Les nanotubes de carbone par exemple, interagissent principalement via des forces de VdW avec leur environnement, et adhèrent spontanément sur la plupart des surfaces. Pour mettre en œuvre leurs étonnantes propriétés mécaniques ou électriques, la compréhension de cette interaction avec le reste du monde est incontournable. Dans des travaux préliminaires [[J. Buchoux et al, Eur. Phys. J. B 84, 69 \(2011\)](#)], nous avons décrit une procédure simple de caractérisation de l'énergie d'adhésion pour des nanotubes de petit diamètre, qui s'explique par un processus de pelage à l'échelle nanométrique.

Dans cette thèse expérimentale, des nanotubes souples (mono-feuillets) seront synthétisés sur des pointes de microscopie à force atomique (AFM), puis simplement poussés contre un substrat plan où ils s'adsorbent partiellement par interaction de VdW. L'analyse de la courbe de force renseigne quantitativement sur le processus d'adhésion et sur le nanotube lui-même. Nous utiliserons ce protocole expérimental pour quantifier l'adhésion et les processus de dissipation, en fonction du substrat et de la présence de défauts dans le nanotube. Cette procédure sera étendue à d'autres nano-systèmes, tel que les nanofils. Les expériences seront réalisées à l'aide d'un AFM maison, doté d'un capteur de déflexion du levier à très faible bruit ( $10^{-14}$  m/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ).

Le candidat aura une forte motivation pour la physique expérimentale et les mesures fines. Il sera impliqué dans l'ensemble du processus expérimental, depuis la préparation des échantillons, la mise au point de l'instrument, la définition des protocoles expérimentaux, l'acquisition des données et leur analyse, jusqu'à l'interprétation physique des mesures et leur modélisation. Il aura une culture générale solide en physique fondamentale, et une curiosité pour les phénomènes à l'échelle nanométrique.

### *Bourse :*

**Cette proposition de stage M2 / thèse est financée** dans le cadre du projet ANR *HiResAFM*.

Rémunération mensuelle nette : stage 417 €, thèse 1374 € (contrat CNRS).

### *Calendrier :*

Cette proposition est destinée à un stage et/ou une thèse débutant en 2012.