

Contact intermittent / Approche Retrait en AM AFM

Matthieu George (mgeorge@univ-montp2.fr)

En microscopie à force atomique (AFM), la modulation d'amplitude (AM AFM) est très largement utilisée dans les AFM commerciaux ou non, généralement en mode de contact intermittent avec la surface (autrement appelé « tapping »[©]). Ce mode de fonctionnement résonnant a été notamment développé pour imager des surfaces (polymère mous, biomatériaux) ou objets (nanoparticules, nanotubes, bactéries), qui sont facilement endommagés ou déplacés en mode contact, à cause de l'application constante d'une force répulsive pointe-surface. En AM AFM, le système pointe levier est excité de manière sinusoïdale à une fréquence fixe proche de sa fréquence de résonance. L'image topographique de la surface est obtenue en maintenant constante l'amplitude de la réponse vibrationnelle du levier grâce à une boucle de rétroaction jouant sur la position verticale du levier. La pointe ne vient alors « frapper » la surface qu'une fois par oscillation et ne raye ainsi pas la surface scannée, ce qui permet de dégrader moins rapidement, et la pointe, et l'échantillon.

Un autre aspect intéressant de ce mode de fonctionnement est qu'en parcourant le champ complet du potentiel d'interaction pointe-surface au cours des oscillations, le déplacement de la pointe permet d'obtenir des informations complémentaires sur ces interactions. L'acquisition du signal de déphasage entre l'excitation et la réponse sinusoïdale du levier permet ainsi potentiellement d'accéder à des caractérisations locales de propriétés de surface (mécaniques, de mouillage, d'adhésion, ...). Ce domaine d'utilisation (souvent appelé imagerie de phase) de l'AM-AFM est encore en plein développement, avec des applications de plus en plus quantitatives.

Néanmoins, l'analyse de la réponse du système oscillant pointe-levier dans le champ d'interaction avec la surface est complexe, fortement non linéaire et parfois assez contre-intuitif...

Dans ce cours, je présenterai le modèle analytique de l'oscillateur harmonique forcé amorti en présence d'un potentiel d'interaction attractif/répulsif avec une surface qui est le modèle le plus simple que l'on puisse utiliser pour décrire le fonctionnement AM AFM. J'essayerai d'insister sur certains éléments à considérer soigneusement pour pouvoir utiliser correctement ce modèle et espérer accéder à des caractérisations quantitatives des propriétés de surfaces. Je donnerais ensuite quelques exemples d'applications quantitatives de l'image de phase. Nous verrons également comment se manifestent certains aspects non linéaires de la réponse du levier, notamment le phénomène de bi-stabilité. Tout au long du cours, nous nous intéresserons aussi bien à la réponse du levier au cours de la réalisation d'une image que lors de l'acquisition d'une courbe approche-retrait.