# F Comment voir ou "sentir" le nanomonde ?

Pour connaître un objet, il faut interagir avec lui d'une manière ou d'une autre et recevoir des informations qui en proviennent. Les techniques utilisables peuvent être globalement réparties en trois familles : celles qui étudient un signal naturellement ou artificiellement émis par l'objet, celles qui envoient un signal sur lui et étudient le signal qu'il réémet et les techniques qui entrent en contact direct avec l'objet en mesurant une force d'interaction entre une sonde et lui.

## Détecter des signaux émis par l'objet

Nous connaissons les étoiles et pourtant nous n'interagissons pas avec elles. Les grosses structures peuvent émettre naturellement des signaux suffisamment importants pour qu'ils soient détectables à de grandes distances. Dans le cas des nano-objets, les émissions sont généralement si faibles qu'elles sont noyées dans les signaux des objets environnants. Il faut donc soit isoler le nano-objet pour être sûr que le signal émis vienne de lui et lui seul (par exemple, isolement d'atomes par un faisceau laser ou celui de quelques nanostructures sur des nanoplots gravés pour étudier leur luminescence), soit situer le détecteur à proximité de l'objet. Cela étant, la plupart des nano-objets ne sont pas radioactifs ou naturellement phosphorescents et il faut donc les solliciter, les exciter pour qu'ils émettent un signal. Le cas du microscope à sonde atomique appartient à cette famille et est particulièrement intéressant. Une impulsion électrique brève et importante vient arracher couche par couche les atomes de l'objet, qui a été affiné sous la forme d'une fine pointe. La masse atomique des atomes arrachés peut être analysée avec un spectromètre de masse et la structure atomique tridimensionnelle reconstruite couche après couche. Malheureusement, cette technique nécessite un objet conducteur et la réalisation d'une pointe avec un rayon de courbure parfait et tous les nano-objets ne peuvent pas avoir cette géométrie. Dans le cas d'un **microscope à effet tunnel (STM)**, une pointe très fine est amenée à proximité de la surface de l'objet et vient arracher localement des électrons.

## Utiliser un signal-sonde

C'est le principe de la vue "classique" et de tous les **microscopes conventionnels**. Une sonde est envoyée sur l'objet et la réémission (réflexion ou transmission) du signal incident est utilisée pour caractériser l'objet. Suivant le type de sonde utilisée (lumière visible, rayons X, électrons, ions, ultrasons…), on obtient des **microscopies optiques**, **Raman**, **à rayons X**, **électroniques**, **ioniques**, **acoustiques**… Dans ce type d'expérience, la résolution de la technique est déterminée par la longueur d'onde associée au signal sonde. Une interaction forte entre la sonde et l'objet est nécessaire pour obtenir une image d'un objet unique et petit.

## Pseudo-contact ou force d'interaction

C'est la technique de l'aveugle qui palpe les objets. Une sonde est rapprochée de l'objet de façon à ce qu'une force d'interaction, que l'on peut appeler un pseudo-contact, s'établisse entre eux. L'information est obtenue en balayant la surface de l'objet et en observant comment la force appliquée sur la sonde varie. Pour avoir une information spatiale très locale, la sonde-contact doit être très petite. Ce type d'expérience ne fournit généralement qu'une information de surface. Mais c'est une technique qui fascine et qui est une des rares qui permettent de manipuler individuellement les atomes ! Les microscopies *à force atomique* **(AFM)** et *à force magnétique* **(MFM)** appartiennent à cette catégorie.