

# Nano-objets

## Une affaire de surface et d'interface ?

# Pascal Andrezza, maître de conférences et  
 Caroline Andrezza-Vignolle, professeur  
 Centre de recherche sur la matière divisée (CRMD), laboratoire mixte CNRS - Université d'Orléans

*Les surfaces planes sont des espaces en deux dimensions qui sont explorés depuis des décennies par une discipline de la recherche appelée « physique/chimie des surfaces et interfaces ». C'est un objet d'études fondamentales aux propriétés spécifiques par rapport aux volumes. Ainsi, les structures des surfaces sont différentes de celles des volumes de par l'organisation des atomes qui les constituent, leur constitution chimique et leurs réactions à des événements extérieurs comme le changement de température. Leurs « propriétés électroniques » telles que la conduction ou le magnétisme sont ainsi modifiées. Cette compréhension et maîtrise des surfaces et des interfaces a été à l'origine d'une grande partie des recherches sur les nano-objets.*

### Notion de surfaces et d'interfaces

Habituellement, on appelle surface une zone à deux dimensions séparant deux phases, pouvant être constituées d'un même corps, ou de deux corps différents, l'eau contenue dans une carafe et le verre de la paroi, par exemple. Cependant, il arrive que l'on différencie les surfaces et les interfaces. La surface sépare une phase condensée, liquide ou solide, de sa propre vapeur ou d'une autre vapeur : c'est la surface libre. Les interfaces quant à elles se situent entre deux phases condensées (figure 1) comme par exemple entre un revêtement et son substrat. Les atomes composant la surface/l'interface n'ont pas le même environnement que les atomes du volume (le matériau dense), et cette rupture engendre des propriétés nouvelles ou exaltées par rapport au cœur de la matière condensée. L'interface, elle, peut amener

une synergie entre deux matériaux et créer des propriétés qui dépendent de la nature de l'interface. Cependant, une surface n'est pas toujours plane, ni continue (comme par exemple, avec des gouttes d'eau en suspension ou supportées).

### Les nano-objets et nanoalliages

Les nano-objets (gouttes nanométriques de matière) qui ne sont constitués que de quelques centaines, voire quelques milliers d'atomes, ont pris un essor considérable ces dernières années. Cela est dû à l'ampleur des propriétés physico-chimiques qui apparaissent à l'échelle nanométrique et qui sont différentes de celles des matériaux en volume. Ces nouvelles propriétés sont essentiellement dues à la faible quantité de matière que contiennent ces nano-objets et à la très grande surface de contact disponible. Par ailleurs dans les nanoalliages, le fait d'associer deux ou plusieurs types d'atomes (métaux, semi-conducteurs, etc.) au sein d'une particule de taille nanométrique, permet d'étendre considérablement les potentialités de ces systèmes grâce à une diversité d'arrangement des atomes (figure 2). De plus, des nano-objets déposés sur des surfaces combinent les effets de surface, propres aux nano-objets, et les propriétés de surface du support qui les accueille, ou même qui contrôle leur formation (figure 3).

### Des objets aux propriétés variées

Ces propriétés particulières donnent aux systèmes nanométriques un rôle important dans des domaines très divers de la physique, de la chimie ou de la biologie, comme par exemple sur la réactivité, la résistance à l'usure, le magnétisme, les propriétés optiques (émission, diffusion, conversion), etc. À la limite, dans ces nanosystèmes, quand le nombre d'atomes « de surface » devient équivalent, voire supérieur, au nombre d'atomes « de volume », la notion même de surface, comme délimitant un corps ou une phase, perd de son sens et la physique

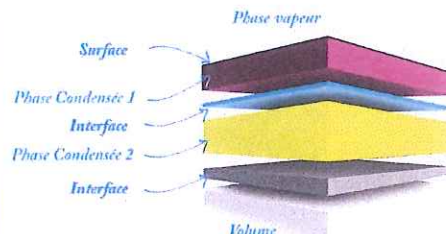


Figure 1: Vue de côté (en section) de la surface et des interfaces entre phases condensées (interface) ou avec la phase vapeur (surface).

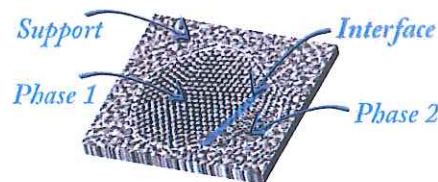


Figure 2: Modèles de nano-objets d'alliages libres et déposés sur une surface de silice (l'interface avec la silice joue un grand rôle sur l'arrangement des atomes).

elle-même peut changer de nature. L'engouement actuel pour l'étude des nano-objets notamment déposés (en îlots : figure 3) sur des surfaces, est lié d'une part à la physicochimie nouvelle qui apparaît à l'échelle nanométrique et notamment à leur surface, et d'autre part aux possibilités qu'offrent les surfaces en tant que supports pour la maîtrise de ces nano-objets : maîtrise de leur structure, maîtrise de leur assemblage, maîtrise de leur propriétés. En résumé, pour gérer la fabrication et les propriétés nouvelles des « nano », il faut contrôler les surfaces et interfaces. Pour en savoir plus, rendez-vous au prochain colloque « Journées surfaces/interfaces 2014 » en janvier prochain à Lyon.

1. Réarrangements atomiques (relaxations, reconstructions) ou chimiques (ségrégations superficielles), transitions de phase (pré-fusion, désordre ou ordre induit par la surface, mouillage)
2. Magnétisme d'objets bidimensionnels, réorganisation électronique, réactivité, transport dépendant du spin...

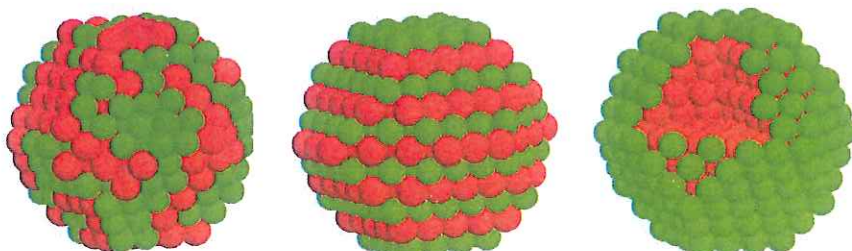
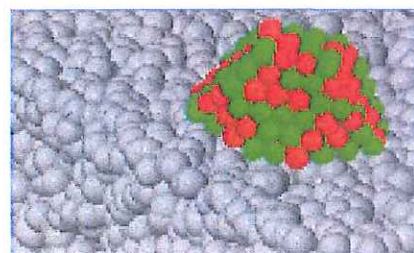


Figure 3 : Exemple de nano-objets sur une surface : image MET d'une interface entre une phase d'Ag et une phase de Co, à l'intérieur d'un nano-îlot magnétique (nano-aimant de 5nm de diamètre) supporté par une surface de carbone



C. Andrezza, CRMD-Orléans.