



Ecole thématique 2025

Synopsis

Introductions générales et métrologie

Cours 1 : Physico-chimie, échelle nano, tailles/propriétés

C. CHANEAC, LCMCP, Sorbonne Université (corinne.chaneac@sorbonne-universite.fr)

Ce cours introductif présentera les bases physico-chimiques indispensables à la description des nanomatériaux afin d'appréhender les questions qui se posent sur les risques de leur déploiement à l'échelle industriel. Il mettra en évidence les effets de taille et de forme, ainsi que les propriétés émergentes spécifiques à l'échelle nanométrique. Une attention particulière sera portée à la surface, dont l'énergie, les états chimiques et les défauts structuraux gouvernent largement les comportements. Le cours détaillera les principaux mécanismes de réactivité et de transformation des surfaces en fonction du milieu (agrégation, dissolution, oxydation, enrobages naturels). Ces propriétés conditionnent l'évolution et le devenir des nanomatériaux dans l'environnement. Cette introduction constituera un socle commun pour comprendre, dans les cours suivants, les interactions biologiques, la toxicité et l'évaluation des impacts.

Plan du cours :

1 – Introduction et définitions

- 1.1 – Qu'est-ce qu'un nanomatériau ? Définitions (UE, ISO)
- 1.2 – Nanomatériaux manufacturés vs naturels / incidentels
- 1.3 – Rapport surface/volume et ses conséquences

2 – Propriétés à l'échelle nano

- 2.1 – Effets de taille (optique, électronique, magnétique, mécanique)
- 2.2 – Influence de la forme et de la structure cristalline
- 2.3 – Notion de défauts et d'anisotropie de surface

3 – Réactivité de surface et transformations

- 3.1 – Énergie de surface
- 3.2 – Adsorption physico-chimique d'espèces
- 3.3 - Processus de dissolution / relargage d'ions métalliques

4 – Implications pour l'environnement et la toxicité

- 4.1 – Les propriétés de surface comme déterminant des comportements ultérieurs
- 4.2 – Importance de considérer les transformations réelles



Ecole thématique 2025

Synopsis

Introductions générales et métrologie

Cours 2 : Introduction aux interactions entre nanomatériaux et vivant, impact sur les approches toxicologiques

Thierry RABILLOUD, CNRS – LCBM (thierry.rabilloud@cnrs.fr)

Après une introduction aux approches toxicologiques et mécanistiques des interactions entre nanomatériaux et vivant, nous montrerons des exemples de stratégies à employer pour s'assurer de la non toxicité des nouveaux nanomatériaux vis-à-vis du vivant.

Plan du cours :

I. Rappels sur l'organisation des systèmes vivants

- a. Principes et mécanismes généraux du fonctionnement du vivant
- b. Organisation générale des cellules vivantes
- c. Conséquences sur les différents types d'interaction entre vivant et nanomatériaux

II. Les systèmes de défenses du vivant

- a. Les barrières biologiques
- b. La défense immunitaire

III. Etudes classiques des réactions du vivant aux nanomatériaux

- a. Le choix des systèmes biologiques. Le in vitro
- b. Comment s'assurer de la pertinence biologique des systèmes in vitro
 - b1: le problème de la nutrition cellulaire
 - b2: comment moduler les scénarios d'exposition pour augmenter la pertinence

IV. Apport des études à haut contenu

- a. Définition des études à haut contenu
- b. Les contraintes liées aux approches à haut contenu
- c. Exemples d'apport des études à haut contenu



Ecole thématique 2025

Synopsis

Introductions générales et métrologie

Cours 3 : La Diffusion Dynamique de la Lumière (DLS) : une technique mature au service de la caractérisation des nanoparticules et macromolécules en voie liquide

David JACOB, Cordouan (david.jacob@cordouan-tech.com)

Inventée dans les années 1970, la Diffusion Dynamique de la Lumière (DLS) s'est imposée, après plus de quarante ans d'évolutions technologiques, comme une méthode de référence pour la caractérisation des suspensions colloïdales. Reconnue tant dans les laboratoires de recherche que dans l'industrie, la DLS séduit par sa simplicité d'utilisation, sa rapidité de mesure et son coût d'accès modéré. Ces atouts en font un outil indispensable pour l'analyse statistique des distributions de taille de nanoparticules en suspension, en complément d'autres techniques de caractérisation.

Objectifs du cours Ce cours propose une approche pédagogique et pratique des aspects fondamentaux de la DLS, tant sur le plan théorique qu'expérimental pour vous permettre d'acquérir une compréhension approfondie et des compétences opérationnelles en DLS. Il présente également les derniers développements de cette technique en constante évolution. Destiné aussi bien aux chercheurs expérimentés qu'aux débutants, ce cours vise à fournir les clés pour maîtriser et exploiter pleinement la DLS dans le cadre de travaux de recherche ou d'applications industrielles.

Plan du cours

1. Introduction aux nanoparticules et à leur caractérisation

Généralités sur les nanoparticules : définition, propriétés, domaines d'application.

Enjeux de la mesure de taille : pourquoi et comment caractériser les nanoparticules ?

2. Fondements théoriques de la DLS

Le mouvement brownien : principe et implications pour la mesure de taille.

L'équation de Stokes-Einstein : calcul et interprétation du coefficient de diffusion.

3. Principe et mise en œuvre de la DLS

Les trois étapes clés de la mesure : détection → corrélation → inversion des données.

Règles empiriques et bonnes pratiques : spécifications, limites et pièges à éviter.

4. Innovations récentes et perspectives d'avenir

Mesure in situ sans contact et résolue en temps : principe, avantages et exemples d'application.

Mesure en ligne : intégration dans les processus industriels, cas concrets.

Développements futurs : vers une caractérisation toujours plus précise et adaptée.

5. Conclusion et synthèse

Bilan des acquis et perspectives pour l'utilisation de la DLS.



Ecole thématique 2025

Synopsis

Introductions générales et métrologie

Cours 4 : Mesure à l'échelle du nano : quels défis pour les techniques résolues spatialement ?

Brice GAUTIER JACOB, INL, INSA Lyon (brice.gautier@insa-lyon.fr)

Cette intervention a pour but de présenter le réseau thématique (GDR) CarMa Nano dédié à la mesure et à la caractérisation à l'échelle nanométrique.

Le GDR CarmaNano, créé en 2024 est constitué de cinq axes thématiques :

- Mesures électriques
- Mesures thermiques
- Mesures mécaniques
- Mesures sur nano-objets biologiques
- Mesures de chimie de surface

Un axe transversal dédié au traitement des données est en cours de construction.

Le but de chaque axe est de passer en revue les techniques capables de fournir une information résolue spatialement à l'échelle du nanomètre et d'en évaluer les performances et les limites au moyen de différentes actions allant de l'intercomparaison de mesures à partir d'un même échantillon étalon à l'élaboration d'un bilan d'incertitude (par exemple un diagramme d'Ishikawa). Au cours de cette présentation, nous passerons brièvement en revue les actions des axes et donnerons leur feuille de route pour les mois à venir.