

Assemblages colloïdaux dirigés originaux assistés par microfluidique

Laboratoire de Physique et Chimie des Nano-Objets (LPCNO-UMR 5215 INSA-CNRS-UPS) @ Toulouse

MOTS CLES : Assemblage dirigé, Nanoxérographie, Nano-objets colloïdaux, Microfluidique

Introduction et contexte - L'étude des propriétés originales de nanoparticules colloïdales synthétisées par voie chimique ainsi que leur intégration pour réaliser la zone active de dispositifs fonctionnels innovants requiert leur assemblage dirigé sur des zones parfaitement définies de surfaces solides ou flexibles. Depuis plusieurs années, l'équipe *Nanotech* du Laboratoire de Physique et Chimie des Nano-Objets (LPCNO- UMR 5215 INSA-CNRS-UPS) à Toulouse a développé une technique innovante, la nanoxérographie, répondant à ce défi¹⁻⁵. Ce procédé consiste à induire, dans un matériau électret, des charges électrostatiques selon des motifs de géométrie désirée. Les motifs chargés obtenus servent ensuite de pièges pour assembler électrostatiquement sur la surface, des nano-objets chargés ou polarisables initialement dispersés en phase liquide. Afin d'adresser des surfaces de plusieurs dizaines de centimètres carrés, l'étape d'injection est réalisée en employant des méthodes dérivées de la lithographie douce et maîtrisées dans l'équipe (techniques dite de microcontact printing électrique, e- μ CP)⁶.

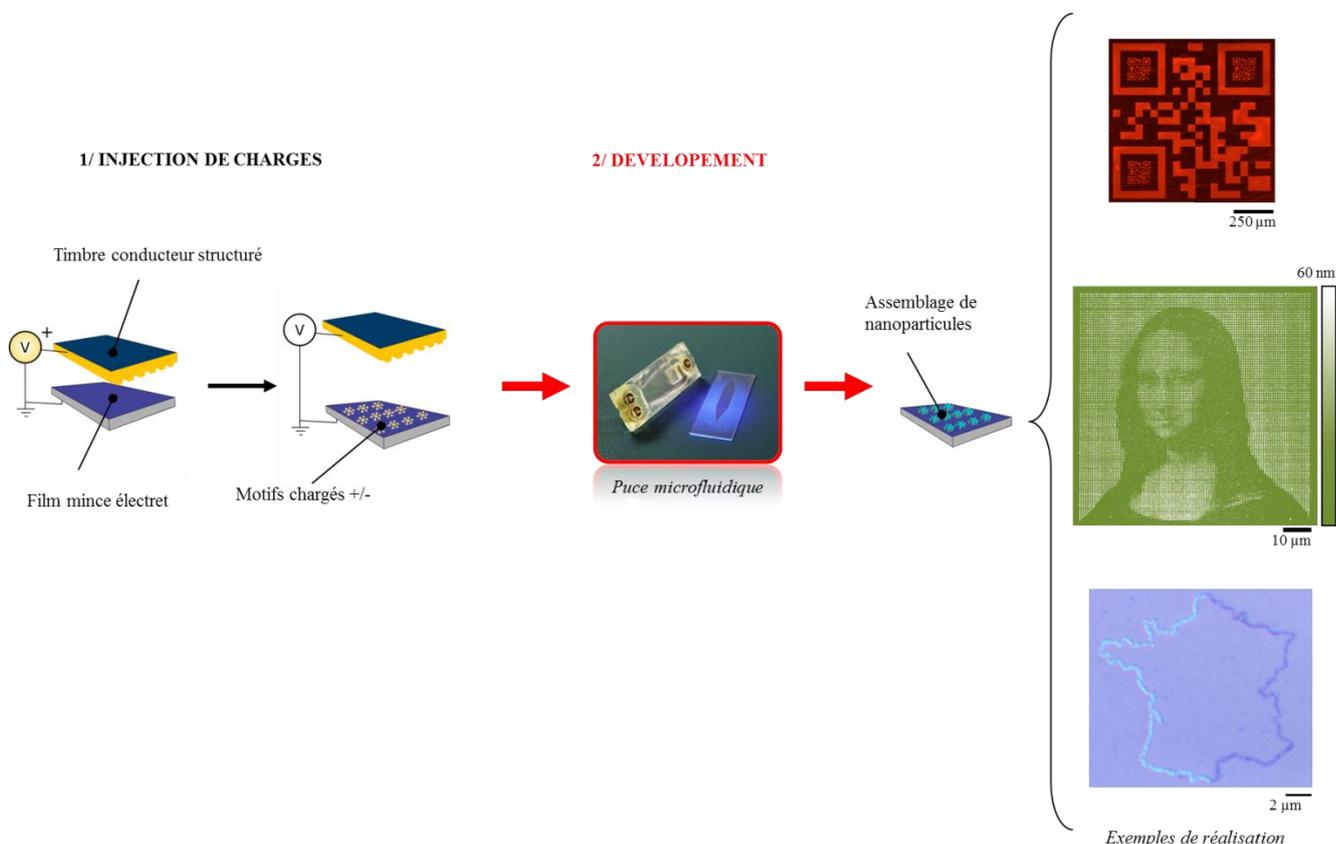


Schéma de principe décrivant les deux étapes de la technique de nanoxérographie : (1) injection de charges électrostatiques, (2) Développement dans une dispersion colloïdale - Trois exemples d'assemblages (de haut en bas) de nanoparticules CdSe@CdS de 25 nm, de nanoparticules NaYF₄ de 22 nm, co-assemblage de nanoparticules de 100 nm de latex et de 8 nm d'@Au@PAPTAC réalisés par nanoxérographie.

Alors que l'étape de mise en contact du substrat chargé avec la dispersion colloïdale d'intérêt se faisait jusqu'alors par simple immersion, ce projet propose de réaliser cette étape non plus dans un bécher contenant une dispersion colloïdale mais dans une cellule microfluidique. De part les spécificités techniques (scellage réversible, résistance chimique, fort rapport de forme) inhérents à la technique de nanoxérographie et à l'utilisation de dispersions colloïdales, une nouvelle génération de puces microfluidiques est actuellement en cours de développement au sein de l'équipe et a fait l'objet d'une demande de brevet fin octobre 2018.

L'originalité de ce projet est donc d'exploiter l'ensemble des capacités des outils et puces microfluidiques afin de comprendre et réaliser des assemblages dirigés originaux de nano-objets colloïdaux sur surfaces solides ou flexibles.

Sujet – L'objectif général de ce projet est de mettre en place un banc expérimental microfluidique permettant d'étudier à la fois expérimentalement et théoriquement l'assemblage dirigé électrostatique de nano-objets colloïdaux divers sur des surfaces solides ou flexibles. Certains nano-objets d'intérêts (nanoparticules luminescentes, nanofils, nanobâtonnets, etc) seront également synthétisés au sein du laboratoire LPCNO grâce à une collaboration étroite avec l'équipe NCO de chimie expérimentale.

Plusieurs voies d'assemblage ont d'ores et déjà été identifiées :

(i) **Observation in-situ de l'assemblage/désassemblage électrostatique de particules.** Le but sera de réaliser une observation en temps réel d'assemblage de particules de latex fluorescentes sur toute une gamme de taille (50 nm à plusieurs microns) et d'exploiter les résultats afin de mener une caractérisation plus poussée de la cinétique, en particulier de la quantification des forces d'adhésion après assemblage entre les nanoparticules et le substrat.

(ii) **Réalisation de co-assemblages horizontaux.** Le but sera de développer une puce microfluidique à la géométrie spécifique afin de réaliser un assemblage combiné sur un même substrat de plusieurs types de nano objets simultanément par co flow dans un canal unique. Cette étude permettra entre autres de produire à terme une nouvelle génération de marqueurs sécurisés multi-niveaux.

(iii) **Réalisation de co assemblages verticaux 3D.** Le but sera de développer une puce microfluidique à la géométrie spécifique afin de réaliser un assemblage combiné de multiples types de nano-objets sous la forme de couches superposées l'une sur l'autre. Cette étude pourra permettre à terme de proposer de nouvelles fonctionnalisations de surfaces ou générer de nouveaux méta-matériaux.

(iii) **Assemblage dirigé ET orienté.** Le but sera de développer une puce microfluidique à la géométrie spécifique utilisée en combinaison avec des nano objets anisotropes. L'idée sera d'arriver non seulement à assembler sélectivement ces objets sur la surface mais à leur conférer également une orientation spécifique grâce à la contribution des forces hydrodynamiques.

Environnement – Le/la candidat(e) sera intégré(e) au sein de l'équipe *Nanotech* du LPCNO à Toulouse où il/elle sera formé(e) à l'utilisation des équipements microfluidiques, la fabrication de puces microfluidiques, ainsi qu'aux procédés de micro/nanostructuration liées à la méthode de nanoxérographie, en passant par les techniques de caractérisation des assemblages de nanoparticules réalisés (AFM, KFM, Zétamétrie, etc). Il/elle bénéficiera d'un environnement de travail privilégié au sein de la nouvelle salle blanche de l'équipe de 70m², entièrement équipée.

Profil recherché – Titulaire d'un diplôme de Master2 ou d'ingénieur. Spécialité recherchée : Physique, Microfluidique, Micro/Nanotechnologies, Nanosciences. Le/la stagiaire devra présenter un attrait pour le travail expérimental qui se déroulera en majorité dans la nouvelle salle blanche de l'équipe. Dynamique, il/elle devra faire preuve de rigueur et curiosité scientifique pour mener à bien le sujet.

Contact - Intéressé(e)? N'hésitez pas à contacter Laurence Ressler et Etienne Palleau
laurence.ressier@insa-toulouse.fr / epalleau@insa-toulouse.fr - tél : 05.61.55.96.72

Références –

- (1) Palleau, E.; Sangeetha, N. M.; Viau, G.; Marty, J.-D.; Ressler, L. Coulomb Force Directed Single and Binary Assembly of Nanoparticles from Aqueous Dispersions by AFM Nanoxerography. *ACS Nano* **2011**, *5*, 4228–4235.
- (2) Teulon, L.; Palleau, E.; Morales, D.; Poirot, D.; Ressler, L. Interactive Nanogel Marking at the Microscale for Security and Traceability Applications. *Adv. Mater. Technol.* **2018**, *3*, 1700244.
- (3) Poirot, D.; Platel, R.; Alnasser, T.; Guerin, F.; Palleau, E.; Ressler, L. Smartphone-Identifiable Photoluminescent Nanoparticle-Based Multilevel Secured Tags by Electrical Microcontact Printing. *ACS Appl. Nano Mater.* **2018**, *1*, 5936–5943.
- (4) Sangeetha, N. M.; Moutet, P.; Lagarde, D.; Sallen, G.; Urbaszek, B.; Marie, X.; Viau, G.; Ressler, L. 3D Assembly of Upconverting NaYF₄ Nanocrystals by AFM Nanoxerography: Creation of Anti-Counterfeiting Microtags. *Nanoscale* **2013**, *5*, 9587–9592.
- (5) Palleau, E.; Ressler, L. Combinatorial Particle Patterning by Nanoxerography. *Adv. Funct. Mater.* **2018**, *28*.
- (6) Jacobs, H. O.; Whitesides, G. M. Submicrometer Patterning of Charge in Thin-Film Electrets. *Science* **2001**, *291*, 1763–1766.