

PROGRAMME de la Journée thématique

Source de nanoparticules à agrégation gazeuse

Le 21 novembre 2019 - Salle de Conférence-CEMES

08h45-09h00 : [Accueil / Café](#) -

09h00-09h15 : Introduction - [Marie-José Casanove](#) (CEMES)

09h15-10h00 : [Yves HUTTEL](#) (ICMM-CSIC, Madrid, Espagne)

Gaz aggregation sources : a unique tool for fundamental studies and applications

10h00-10h35 : [Sébastien ZAMITH](#) (LCAR, Toulouse, France)

Source à Agrégation Gazeuse pour la Production d'Agrégats Moléculaires Mixtes Thermalisés

10h35-10h55 : [Pause café](#)

10h55-11h30 : [Amaël CAILLARD](#) (GREMI, Orléans, France)

Source d'agrégation pulsée et nanoparticules multi-métalliques à propriétés catalytiques

11h30-12:05: [Véronique DUPUIS](#) (ILM, Lyon, France)

Assemblées de Nano-aimants par vaporisation laser et dépôt d'agrégats triés en masse

12h05-13h30 : [Pause déjeuner – Hall CEMES \(Buffet\)](#)

13h30-14h05: [Jérôme VERNIERES](#) (Nanomaterials Lab, Swansea University, UK)

Rational design of Fe-based nanoparticles with controlled morphologies using cluster beam deposition method

14h05-14h30: [Patrizio BENZO](#) (CEMES)

Présentation du nouveau bâti Mantis doté d'une source à agrégation gazeuse

14h30-16:00 : Visite de l'équipement

16:00-17:00 : Discussion /table ronde

Gas aggregation sources: a unique tool for fundamental studies and applications

Yves HUTTEL

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid

In the first part of this talk, I will introduce the gas phase synthesis of nanoparticles from an historical point of view. Then I will comment on the different technological approaches [1] and I will present some examples of pristine nanoparticles that have been produced and studied.

In the second part I will discuss the possible reasons why the gas aggregation sources (GAS) have not penetrated yet the industrial sector although their use for several applications has been proposed. I will discuss some of the issues of the GAS that may explain why they are not implemented in industrial processes as the limitation of the yield of nanoparticles and the short time stability. Possible solutions to overcome these limitations will be presented like the use of a Full Face Erosion magnetron and the injection of controlled doses of gas impurities [2]. I will show that stable and high fluxes of nanoparticles open the route to the fabrication of three-dimensional coral-like structures that present a high effective surface.

Finally I will present three applications where nanoparticles generated by GAS have been used for high performance scanning probes [3], nanomedicine and photocatalysis.

References

- [1] "Gas Phase Synthesis of Nanoparticles", Wiley-VCH Verlag GmbH, 2017.
- [2] Y. Huttel et al., MRS Communications 8, 947 (2018).
- [3] L. Martínez et al., Review of Scientific Instruments, 82, 023710 (2011).

Source à Agrégation Gazeuse pour la Production d'Agrégats Moléculaires Mixtes Thermalisés

Sébastien Zamith

Laboratoire Collisions Agrégats Réactivité (LCAR)
UMR5589, Université Paul Sabatier, Toulouse

Je présenterai la source à agrégation gazeuse utilisée au LCAR.

Cette source très versatile permet de produire en continu un jet d'agrégats chargés contenant une quantité contrôlée d'impuretés. Selon leur nature, les molécules à agréger peuvent être introduites soit à l'état gazeux dans le gaz porteur en amont de la source, soit sous forme solide ou liquide dans un four qui les vaporise à l'intérieur de la source.

Les agrégats produits sont chargés et analysés par spectrométrie de masse par temps de vol. Je montrerai plusieurs exemples de production d'agrégats homogènes, tels que des agrégats d'eau protonés ou d'alcools, ainsi que des agrégats inhomogènes tels que des agrégats d'eau contenant quelques unités d'uracile, de glycine, d'acide sulfurique ou de PAH.

Référence :

A gas aggregation source for the production of heterogeneous molecular clusters

I. Braud, S. Zamith, and J.-M. L'Hermite

Review of Scientific Instruments 88, 043102 (2017) ; <https://doi.org/10.1063/1.4979639>

Source d'agrégation pulsée et nanoparticules multimétalliques à propriétés catalytiques

Amaël CAILLARD
GREMI, Orléans

La synthèse de nanoparticules par condensation d'une vapeur métallique en phase gazeuse offre de nombreux avantages en comparaison des synthèses par voie chimique et suscite ces dernières années un intérêt grandissant de la communauté scientifique. Il existe différentes sources d'agrégation/condensation qui diffèrent principalement par les processus physiques produisant la phase vapeur métallique. La production de cette vapeur par la pulvérisation plasma magnétron d'une (ou de plusieurs) cibles est aujourd'hui la voie la plus utilisée de par sa simplicité d'utilisation et la possibilité de contrôler l'organisation de nanoparticules multimétalliques à l'échelle atomique. La croissance des nanoparticules peut en effet être contrôlée par un grand nombre de paramètres expérimentaux tels que la position des magnétrons dans la source, la puissance appliquée au magnétron, la pression du gaz inerte et la distance d'agrégation.

Plus récemment, il a été démontré que l'emploi de signaux pulsés appliqués aux magnétrons, du type HiPIMS (High power impulse magnetron sputtering), permettait aussi de contrôler la taille des nanoparticules de manière simple. Cependant, ce type de source produit des quantités relativement faible de nanoparticules ce qui peut constituer un inconvénient majeur pour son déploiement à grande échelle dans l'industrie, notamment en catalyse. Nous verrons qu'une manière simple d'augmenter le flux de nanoparticules réside dans l'utilisation de faible quantité de dioxygène dans la source.

Après avoir passé en revue les différents types de sources, avoir présenté l'intérêt d'utiliser des signaux HiPIMS et des faibles quantités de dioxygène, cet exposé présentera deux exemples de nanoparticules multimétalliques à base de platine possédant des propriétés catalytiques vis-à-vis de la réduction de l'oxygène et du glycérol.

Assemblées de Nano-aimants par vaporisation laser et dépôt d'agrégats triés en masse

Véronique DUPUIS*

Institut Lumière Matière

UMR5306 Université Lyon 1-CNRS, 69622 Villeurbanne cedex, France

* Veronique.Dupuis@univ-lyon1.fr

Dans le cadre de la plateforme lyonnaise de recherche sur les agrégats (PLYRA), nous disposons d'un générateur d'agrégats par vaporisation laser (méthode dite Low Energy Cluster Beam Deposition (LECBD)) équipé d'un déviateur électrostatique permettant la synthèse de films minces de tout type d'agrégats sélectionnés en taille déposés sous UHV et noyés en matrice.¹ Pour illustrer les potentialités de cette technique originale de synthèse par voie physique, je présenterai les propriétés structurales et magnétiques obtenues sur des assemblées de nanoalliages magnétiques bien définies type 0D/2D ou 0D/3D.^{2,3}

¹ V. Dupuis et al. J. Nanopart. Res., vol. 20, p. 128 (2018)

² N. Blanc et al. Phys. Rev. B, vol. 87, p. 155412 (2013)

A. Hillion et al. Phys. Rev. Lett., vol. 110, p. 087207 (2013)

³ P. Capiod et al. Phys. Rev Lett., vol. 122, p.106802 (2019)

Rational design of Fe-based nanoparticles with controlled morphologies using cluster beam deposition method

Jérôme Vernières¹, Mukhles Sowwan² and Richard E. Palmer¹

¹*Nanomaterials Lab, College of Engineering, Swansea University, Swansea SA1 8EN, U.K.*

²*Nanoparticles by Design Unit, Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University (OIST), 1919-1 Tancha, Onna-son, 904-0495, Okinawa, Japan*

De nos jours, des progrès substantiels ont été réalisés dans la synthèse de nanoparticules métalliques utilisant des techniques d'agrégation en phase gazeuse. Parmi ce type de source, celles basées sur la pulvérisation cathodique magnétron, permettent de synthétiser des nanoparticules formées en vol dans une large gamme de taille allant de quelques dizaines d'atomes à plusieurs dizaines de nanomètres. De plus, en ajustant précisément les paramètres de dépôt comme le débit de gaz, la distance d'agrégation et la puissance de pulvérisation, la morphologie des nanoparticules ainsi que leur forme, taille, composition chimique et structure cristalline peuvent être optimisées pour diverses applications comme la catalyse, la biomédecine, etc.

Durant ma présentation orale, je vais présenter comment contrôler les morphologie, forme, taille et composition chimique de nanoparticules de Fe ainsi que de Fe-Au et Fe-Pd [1-4]. Le ferromagnétisme des cibles de fer provoque un effet d'écrantage qui modifie les lignes de champs magnétiques induites par les aimants permanents du magnétron. Cette modification offre la capacité de synthétiser des nanoparticules de fer de forme cubique tout en contrôlant leur taille sans nécessiter l'utilisation du filtre de masse. De plus, le dopage de ces nanoparticules avec des matériaux nobles tel que l'or ou le palladium permet de fabriquer des nanoparticules multifonctionnelles sans altérer leur forme originale(cubique), offrant de nouvelles perspectives pour les futures applications. Tous ces travaux concernant la croissance de nanoparticules uniques et complexes (cubes de Fe, cubes d'alliage de Fe/Au et Fe/Pd, ainsi que des cubes de Fe recouvert par une cage d'or) nous a permis de développer des modèles de croissance avec l'aide de simulation multi-échelle (MD, KMC, DFT). De plus, ces nanoparticules ont été utilisées pour la détection de gaz (NO₂ et CO) et démontrent des performances exceptionnelles en termes de sensibilité requise pour la prévention des crises d'asthme.

[1] J. Zhao, E. Baibuz, J. Vernieres et al. Formation mechanism of Fe nanocubes by magnetron sputtering inert gas condensation. *ACS Nano* **10**, 4684-4694 (2016).

[2] J. Vernieres et al. Gas phase synthesis of multifunctional Fe-based nanocubes. *Adv. Funct. Mater.* **27**, 1605328 (2017).

[3] S. Steinhauer, J. Vernieres et al. In situ chemoresistive sensing in the environmental TEM: probing functional devices and their nanoscale morphology. *Nanoscale* **9**, 7380-7384 (2017).

[4] J. Vernieres et al. Site-Specific Wetting of Iron Nanocubes by Gold Atoms in Gas-Phase Synthesis. *Adv. Sci.* **6**, 1900447 (2019).