

FAITS MARQUANTS 2018



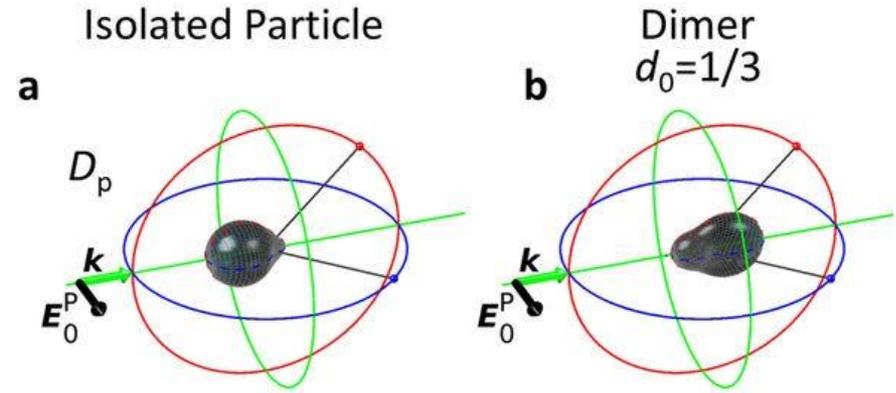
INSTITUT
FRESNEL

*Institut Fresnel – UMR 7249 – Faculté des Sciences St-Jérôme
Avenue Escadrille Normandie-Niemen - 13013 Marseille - FRANCE*

www.fresnel.fr

Effets de directivité de la diffraction par un dimère composé de particules de haut indice de réfraction

Les faibles pertes et les effets de directivité de la diffraction par des particules diélectriques d'indice de réfraction élevé les rendent intéressantes pour les applications dans lesquelles on veut contrôler la direction du rayonnement. Par exemple, des particules ou des agrégats (dimères) de particules diélectriques d'indice de réfraction élevé ont été proposés pour la réalisation de dispositifs de commutation opérationnels. L'utilisation de particules diélectriques d'indice de réfraction élevé a également été explorée pour optimiser la performance des cellules solaires. Nous présentons ici des preuves expérimentales, dans le domaine des micro-ondes, qu'un dimère diélectrique composé de particules sphériques est plus efficace pour réorienter le rayonnement incident vers l'avant qu'une seule particule. En fait, nous mettons en évidence deux régions spectrales (dans la région spectrale dipolaire) où l'intensité est surtout diffusée vers l'avant. Cette région spectrale correspond à la condition de Zero-Backward (également observée pour les particules isolées) et à une nouvelle condition, dénommée condition de "near Zero-Backward", qui survient suite à des effets d'interaction entre les particules. La configuration proposée peut être mise à profit dans des dispositifs de captage de l'énergie solaire ou pour du guidage de rayonnement.



Figures : Deux particules pour envoyer l'énergie vers l'avant alors qu'une seule agirait comme un réflecteur

Références : Ángela I. Barreda, Hassan Saleh, Amélie Litman, Francisco González, Jean-Michel Geffrin et Fernando Moreno ; *"On the scattering directionality of a dielectric particle dimer of High Refractive Index"*

[Article en open access](#)

Contacts chercheurs :

Amélie Litman et Jean-Michel Geffrin, équipe HIPE

Développement d'une technique d'imagerie moléculaire des tissus pour des applications médicales "SRGold"

Projet de maturation de la SATT Sud-Est en collaboration avec le CNRS et HORIBA France

Grâce à une avancée majeure en microscopie Raman stimulée, des chercheurs de l'équipe MOSAIC proposent désormais de réaliser en quelques minutes une image des molécules présentes dans un échantillon biologique. Les perspectives sont donc de pouvoir produire une nouvelle génération d'instruments hospitaliers afin de mieux identifier les tissus cancéreux.

La technique de Spectroscopie Raman Stimulée (SRS) permet de localiser dans un échantillon certaines espèces chimiques, identifiées par le type de liaisons qu'elles contiennent. Cette méthode appliquée à la microscopie de tissus biologiques permettra notamment de distinguer les tissus qui ont un caractère cancéreux. Or, les signaux Raman des molécules recherchées (collagène, acides aminés, ADN...) sont faibles et masqués par des signaux parasites. Des chercheurs de notre laboratoire ont donc résolu ces difficultés en améliorant le dispositif de microscopie SRS.

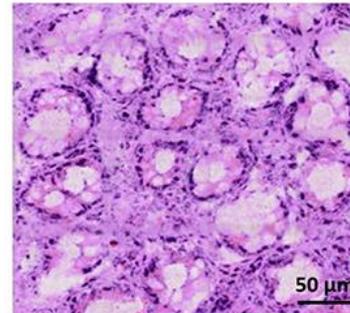
Baptisé SRGold pour "Stimulated raman gain opposite loss detection", ce système breveté en copropriété entre le CNRS et Aix Marseille Université (AMU) a pour effet d'annuler les signaux parasites, tout en multipliant par deux l'intensité du signal des molécules recherchées dans un tissu. Ces résultats sont obtenus grâce à un troisième faisceau laser, qui s'ajoute aux deux lasers qui équipent déjà un dispositif SRS traditionnel.

Le projet de maturation de la SATT Sud-Est, en collaboration avec le CNRS, a pour objectif de montrer l'apport de la technologie SRGold dans un contexte hospitalier. Ce projet est mené en collaboration avec l'Institut Paoli-Calmettes pour la détection de cancers du tube digestif et avec l'Hôpital de la Timone pour la détection de tumeurs cérébrales.

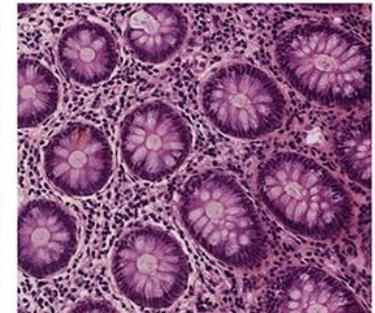
La technologie SRGold devrait permettre d'obtenir des images d'histologie moléculaire d'un tissu cancéreux en quelques minutes, au lieu de 24 heures avec l'histologie standard, et sans avoir recours à aucun marqueur explicite Hervé Rigneault, responsable de l'équipe MOSAIC à l'origine de ce projet.

La société HORIBA France est enfin partenaire de ce projet de maturation, qui débouchera sur une licence d'exploitation exclusive concédée par la SATT Sud-Est. A plus long terme, la technologie SRGold étant adaptable à une fibre optique, des applications à l'endoscopie devraient également être envisagées..

SRGOLD
(Temps d'acquisition 5 minutes)



Histologie classique
(Temps d'acquisition 24 heures)



Contact chercheur :

Hervé Rigneault, équipe MOSAIC

Exploiter la composante magnétique de la lumière grâce aux nanotechnologies

Des chercheurs ont élaboré une nanostructure capable d'accroître le champ magnétique d'une onde lumineuse, ouvrant la possibilité d'observer l'interaction entre cette composante magnétique de la lumière, et la matière. Ces travaux ont été menés par des physiciens de l'Institut des nanosciences de Paris (CNRS/Sorbonne Université) et l'Institut de Ciencias Fotoniques, en collaboration avec :

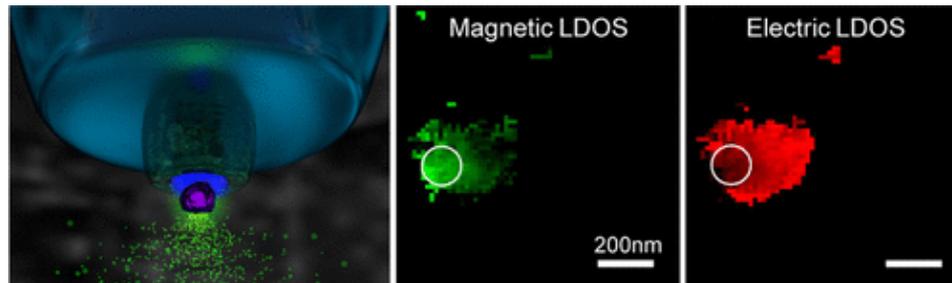
Le Laboratoire de physique et d'études des matériaux (CNRS/ESPCI Paris/Sorbonne Université),

L'IBM Almaden Research Center (USA),

L'Institut Fresnel (CNRS/AMU/Centrale Marseille),

Le Laboratoire de physique de la matière condensée (CNRS/X

L'Institut Langevin (CNRS/ESPCI Paris/Univ. Paris Diderot/Inserm/Sorbonne Université)



Références : M. Sanz-Paz, C. Ernandes, J. Uriel Esparza, G. W. Burr, N. F. van Hulst, A. Maitre, L. Aigouy, T. Gacoin, N. Bonod, M. F. Garcia-Parajo, S. Bidault et M. Mivelle ; *“Enhancing magnetic light emission with all-dielectric optical nanoantennas”*

[*Nano Letters* \(2018\)](#)

Contact chercheur :

Nicolas Bonod, équipe CLARTE

Des corrélations à très longue portée mesurées entre les molécules d'eau

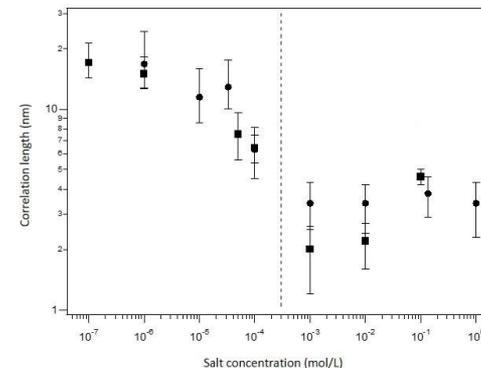
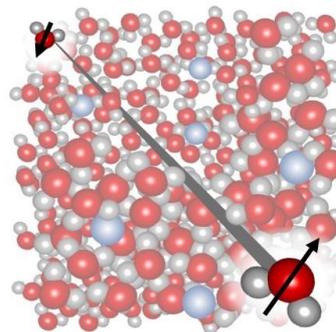
Les corrélations à très longue portée entre molécules d'eau évoluent vers des structures radiales à courte portée lorsque du sel est ajouté

Dans cet article publié dans la revue Physical Review Letters, Julien Duboisset de l'Institut Fresnel et Pierre-François Brevet de l'Institut Lumière Matière décrivent des expériences d'optique non linéaire en phase liquide mettant en évidence les corrélations en orientation des molécules d'eau.

Ces expériences montrent que ces molécules s'organisent sur des distances beaucoup plus grandes que ce qui était habituellement admis jusqu'à présent. Ils démontrent ainsi que celles-ci s'arrangent sur des distances de plusieurs dizaines de nanomètres selon une distribution azimuthale.

Ces travaux montrent aussi que lorsque l'on ajoute du sel, une transition apparaît, les molécules d'eau adoptant brutalement une distribution radiale à courte distance centrée sur les ions du sel.

Cette découverte, publiée dans la revue Physical Review Letters et sélectionnée par les éditeurs pour son intérêt large, remet en cause la vision classique des liquides et leur organisation aux échelles nanométriques.



Figures : Gauche - Illustration des corrélations d'orientation des molécules d'eau à longue distance. En rouge les molécules d'eau, en bleu, les sels.

Droite - Longueur des corrélations en fonction de la concentration en sel. L'ajout de sel a tendance à briser les corrélations longues distances.

Contact chercheur :

Julien Duboisset, équipe MOSAIC

Références : Julien Duboisset et Pierre-François Brevet ; *"Salt-induced Long-to-Short Range Orientational Transition in Water"*

Phys. Rev. Lett. 120, 263001 (2018)

Consulter l'[article on-line](#)

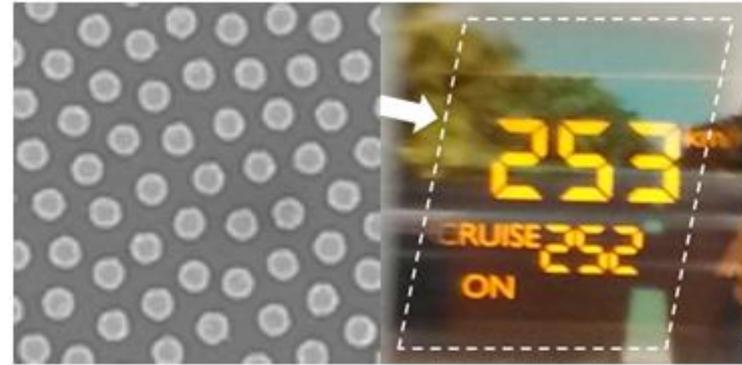
Réalité augmentée : de nouvelles perspectives en nanophotonique

Comment des nanoparticules métalliques permettent d'obtenir une surface globalement transparente pour des dispositifs d'affichage innovants

Les propriétés optiques des nanoparticules métalliques sont exploitées pour concevoir des supports transparents capables d'afficher des images virtuelles. Les dimensions caractéristiques sub-longueur d'onde des nanoparticules sont optimisées afin d'obtenir une efficacité de réflexion à la couleur désirée sans altérer la qualité de la transparence globale du substrat. Leur disposition spatiale est choisie pour éliminer la diffraction non spéculaire, quelle que soit leur densité spatiale. Les réponses de différents arrangements de nanoparticules d'argent (arrangements périodiques ou désordonnés corrélés, différentes densités spatiales et dimensions de nanoparticules) sont analysées numériquement et expérimentalement en mesurant les spectres de réflectance et de transmittance dans le visible. Il est montré que les arrangements désordonnés corrélés atténuent les effets de diffraction non spéculaire apparaissant aux faibles densités spatiales de nanoparticules. Cette faible densité de nanoparticules permet d'obtenir une meilleure transparence globale du dispositif. Ces configurations s'avèrent prometteuses pour concevoir des dispositifs d'affichage innovants qui intéressent l'industrie des transports (par exemple la vision tête haute dans l'automobile) ou des applications de « réalité augmentée ».

Contacts chercheurs :

Boris Gralak, équipe EPSILON et
Guillaume Demésy, équipe ATHENA



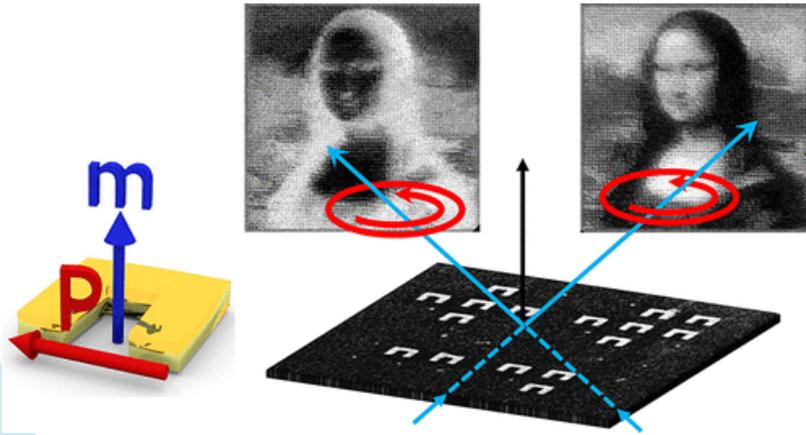
Figures : Gauche - Illustration des corrélations d'orientation des molécules d'eau à longue distance. En rouge les molécules d'eau, en bleu, les sels. Droite - Longueur des corrélations en fonction de la concentration en sel. L'ajout de sel a tendance à briser les corrélations longues distances.

Références : Hervé Bertin, Yoann Brûlé, Giovanni Magno, Thomas Lopez, Philippe Gogol, Laetitia Pradere, Boris Gralak, David Barat, Guillaume Demésy et Beatrice Dagens ; *“Correlated Disordered Plasmonic Nanostructures Arrays for Augmented Reality”* ACS Photonics, 2018, 5 (7), pp 2661–2668

Egalement publié dans La lettre de l'innovation du CNRS
[Numéro 45](#)

Circularly Polarized Images with Contrast Reversal Using Pseudochiral Metasurfaces

Des physiciens de l'INSP, en collaboration avec plusieurs laboratoires académiques français : le LPICM (Ecole Polytechnique - CNRS), l'Institut Fresnel (Aix Marseille Univ. - Ecole Centrale - CNRS) et le LEME (Univ. Paris Nanterre), sont parvenus à reproduire la Joconde à l'échelle micrométrique à l'aide de résonateurs plasmoniques dits pseudo-chiraux.



La Joconde est camouflée lorsque la métasurface est observée en lumière non polarisée mais se révèle lorsque la métasurface est éclairée en polarisation circulaire, avec des variations de contraste inédites en fonction de l'angle d'observation.

La diffusion résonnante de la lumière par des particules métalliques conduit à des couleurs où chaque particule produit un pixel coloré différent. Les développements en nanotechnologies et en modélisation électromagnétique permettent aujourd'hui de contrôler également l'état de polarisation de la lumière avec une résolution spatiale sans précédent. Cet effet trouve des applications dans la création d'images colorées avec une résolution sub-longueur d'onde pour des systèmes anti-contrefaçon.

Références : T. Sang Hyuk Yoo, J. Berthelot, G. Guida, D. Demaille, E. Garcia-Caurel, N. Bonod, B. Gallas ;
“Circularly Polarized Images with Contrast Reversal Using Pseudochiral Metasurfaces”

ACS Photonics (2018)

[DOI : 10.1021/acsphotonics.8b00730](https://doi.org/10.1021/acsphotonics.8b00730)

Contact chercheur :

Nicolas Bonod, équipe CLARTE

Métamatériaux pour l'imagerie à résonance magnétique ultra-haut champ

Une équipe composée de physiciens de notre laboratoire, de l'Institut Langevin, du CEA NeuroSpin et de la société Multiwave ont récemment publié dans la prestigieuse Physics Review X leurs travaux sur les métamatériaux pour améliorer la qualité de l'imagerie à résonance magnétique ultra-haut champ.

Nous proposons une nouvelle approche qui permet d'envisager un déploiement de ces appareils de dernière génération pour des diagnostics médicaux nettement plus rapides et surtout plus précis.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est aujourd'hui un outil incontournable pour les médecins. Depuis les années 70, la puissance des aimants utilisés n'a cessé d'augmenter afin d'améliorer le rapport signal sur bruit. Cela a permis une amélioration radicale des résolutions temporelle et spatiale ainsi qu'un meilleur contraste des tissus biologiques. Cependant, cette stratégie s'accompagne inévitablement de l'augmentation de la fréquence de travail des ondes radiofréquences (RF) utilisées pour la mesure et engendre d'importants problèmes lorsque la longueur d'onde associée devient comparable aux dimensions caractéristiques du corps humain. Le principal inconvénient demeure l'inhomogénéité du champ RF conduisant à une perte du contraste dans l'image jusqu'à l'absence de signal dans les pires cas de figure. Pour ces raisons, l'application clinique de ces appareils dit « à ultra-haut champ » est encore limitée aujourd'hui.

Le projet M-Cube apporte une réelle innovation fondée sur les métamatériaux. Il ouvre ainsi la voie pour façonner et homogénéiser le champ RF des antennes IRM. Ces nouvelles structures sont le siège de l'interaction de plusieurs modes électromagnétiques et permettent d'accéder à une diffusion extraordinaire des ondes RF : ce sont les conditions dites de « Kerker ». Ces conditions, appliquées aux champs RF en IRM, permettent de tripler localement l'amplitude du champ RF mais peuvent également être utilisées comme une protection pour réduire cette amplitude dans les zones surexposées du corps du patient.

Le FET-Open M-CUBE est un consortium européen regroupant 11 partenaires. Son but est de changer le paradigme des antennes IRM à haut champ et à très haut champ pour offrir une meilleure vision du corps humain et permettre ainsi une détection précoce des maladies. L'objectif principal du projet est d'aller au-delà des limites de l'imagerie clinique IRM et d'améliorer radicalement les résolutions spatiales et temporelles que nous connaissons actuellement.

Références : Marc Dubois, Lisa Leroi, Zo Raolison, Redha Abdeddaim, Tryfon Antonakakis, Julien de Rosny, Alexandre Vignaud, Pierre Sabouroux, Elodie Georget, Benoit Larrat, Gérard Tayeb, Nicolas Bonod, Alexis Amadon, Franck Mauconduit, Cyril Poupon, Denis Le Bihan et Stefan Enoch ; *“Kerker effect in ultrahigh-field magnetic resonance imaging”*

Physical Review X (8), (septembre 2018)

DOI : <https://doi.org/10.1103/PhysRevX.8.031083>

Contacts chercheurs :

Redha Abdeddaim, Stefan Enoch et Marc Dubois,
équipe CLARTE

