

Photoniques

LA LUMIÈRE ET SES APPLICATIONS

N°111

FOCUS

Auvergne-Rhône-Alpes

BIOGRAPHIE

Jean-Baptiste Soleil

EXPÉRIENCE

Optique adaptative

ACHERER

Des filtres spectraux

DOSSIER

OPTIQUE EN MILIEUX COMPLEXES

- Contrôle de front d'onde de la lumière en milieux complexes
- Imagerie dans le brouillard à longue distance
- Désordre corrélé : un degré de liberté pour le contrôle des propriétés photoniques



La cohérence temporelle en optique classique

Photoniques est éditée par la Société Française de Physique, association loi 1901 reconnue d'utilité publique par décret du 15 janvier 1881 et déclarée en préfecture de Paris.

<https://www.sfpnet.fr/>

Siège social : 33 rue Croulebarbe,
75013 Paris, France
Tél. : +33(0)1 44 08 67 10
CPPAP : 0124 W 93286
ISSN : 1629-4475, e-ISSN : 2269-8418

www.photoniques.com



Le contenu rédactionnel de Photoniques est élaboré sous la direction scientifique de la Société française d'optique
2 avenue Augustin Fresnel
91127 Palaiseau Cedex, France
Florence HADDOUCHE
Secrétaire Générale de la SFO
florence.haddouche@institutoptique.fr

Directeur de publication

Jean-Paul Duraud, secrétaire général de la Société Française de Physique

Rédaction

Rédacteur en chef
Nicolas Bonod
nicolas.bonod@edpsciences.org

Journal Manager
Florence Anglézio
florence.anglezio@edpsciences.org

Secrétariat de rédaction et mise en page
Agence de communication la Chamade
<https://agencelachamade.com/>

Comité de rédaction

Pierre Baudoz (Observatoire de Paris),
Azeddine Boudrioua (Institut Galilée,
Paris 13), Émilie Colin (Lumibird),
Céline Fiorini-Debuisschert (CEA),
Riad Haidar (Onera), Wolfgang Knapp
(Club laser et procédés), Patrice Le
Boudec (IDL Fibres Optiques), Christian
Merry (Laser Components), François
Piuze (Société Française de Physique),
Marie-Claire Schanne-Klein (École
polytechnique), Christophe Simon-Boisson
(Thales LAS France), Costel Subran (F2S -
Fédération des Sociétés Scientifiques),
Ivan Testart (Photonics France).

Advertising

Annie Keller
Cell phone: +33 (0)6 74 89 11 47
Phone/Fax: +33 (0)1 69 28 33 69
annie.keller@edpsciences.org

International Advertising

Bernadette Dufour
Cell phone + 33 7 87 57 07 59
bernadette.dufour@edpsciences.org

Photoniques est réalisé par
EDP Sciences,
17 avenue du Hoggar,
P.A. de Courtaboeuf,
91944 Les Ulis Cedex A, France
Tél. : +33 (0)1 69 18 75 75
RCS : EVRY B 308 392 687

Gestion des abonnements

abonnements@edpsciences.org

Impression

Fabrègue imprimeur
B.P. 10
87500 Saint-Yrieix la Perche
Dépôt légal : janvier 2022
Route : STAMP (95)



Éditorial



NICOLAS BONOD

Rédacteur en chef

L'optique décomplexée

Voir à travers un épais brouillard ou imager en profondeur les tissus biologiques sont quelques-uns des nombreux défis auxquels répond l'optique en milieux complexes. Présente dans la vie quotidienne – qui n'a jamais observé la blancheur d'un verre de lait ou d'un nuage ? – et soulevant de nombreuses questions fondamentales, l'optique en milieux complexes est également présente dans les domaines applicatifs majeurs que sont la vision, l'imagerie, l'apparence, le biomédical... Si ce sujet a récemment été mis à l'honneur dans nos pages, notamment à travers des articles dédiés à la localisation d'Anderson et au Speckle, nous proposons dans ce numéro un dossier spécial avec 3 articles consacrés à ce sujet passionnant. Comment établir une communication optique longue distance à travers un brouillard dense, comment recomposer une image dans un milieu diffusant en contrôlant le front d'onde, ou encore comment expliquer la transparence de la cornée sont quelques-unes des nombreuses questions abordées dans ce dossier. En écho aux travaux récents sur le contrôle du front d'onde pour l'imagerie en milieu diffusant, l'article de la rubrique Expérience Marquante revient sur les travaux pionniers de contrôle du front d'onde en astronomie. Cet article décrit l'histoire d'une première mondiale, celle de la correction des

turbulences atmosphériques par optique adaptative. Cette prouesse a nécessité le développement de l'instrument d'optique adaptative Come-On. Un des points forts de cet article intervient lorsque les auteurs, par ailleurs impliqués dans ce projet, nous font découvrir des images incroyables de l'étoile double γ_2 Andromedae, obtenues par une nuit d'octobre 1989 à l'Observatoire de Haute Provence... Focus dans ces pages sur la région Auvergne-Rhône-Alpes, région riche en activités dans de nombreux domaines de la photonique. A ce sujet, je suis ravi de vous annoncer que le pôle de compétitivité Minalogic rejoindra les partenaires de la revue en 2022. Ce nouveau partenariat viendra enrichir les pages de la revue dédiées aux actualités de nos partenaires pour vous offrir un panorama encore plus complet des événements et des dernières informations relatives à la photonique en France. Je profite de ces lignes pour adresser mes plus chaleureuses félicitations au nouveau président de la Société Française d'Optique, Ariel Levenson, et mes plus sincères remerciements au président sortant, Philippe Adam. Quelle chance nous avons d'évoluer au sein de cette société savante ! La SFO est unique par sa capacité à structurer, fédérer et animer une communauté scientifique très diverse. Je vous souhaite une bonne lecture.



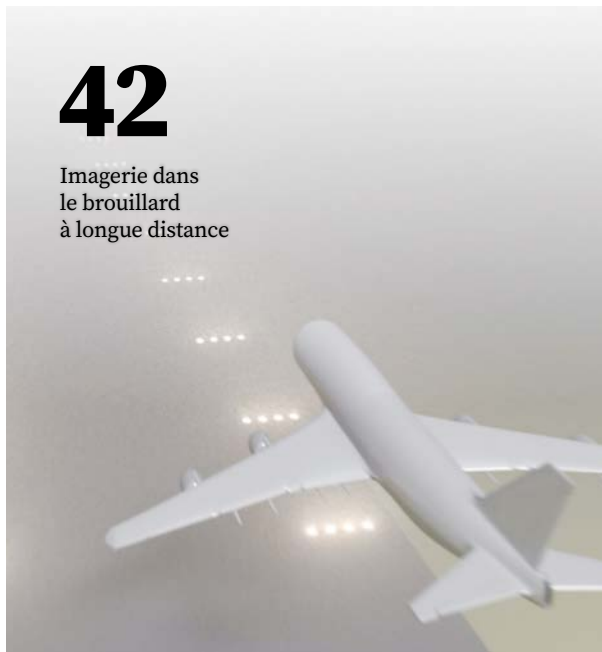
Sommaire

www.photoniques.com

N° 111

21

FOCUS
La photonique en région
Auvergne-Rhône-Alpes



42

Imagerie dans
le brouillard
à longue distance

56

Filtres spectraux
pour le multiplexage
de fluorescence



ACTUALITÉS

- 03 Éditorial et actualité de la SFO
- 04 Informations partenaires
- 16 Actualités de la photonique

TÉMOIGNAGES

- 19 Entretien avec Philippe Delaporte
- 20 Témoignage d'entrepreneur : David Fattal

FOCUS

- 21 La photonique en région Auvergne-Rhône-Alpes

BIOGRAPHIE

- 30 Jean-Baptiste Soleil

EXPÉRIENCE MARQUANTE

- 33 Première mondiale de l'optique adaptative en astronomie en 1989

DOSSIER : OPTIQUE EN MILIEUX COMPLEXES

- 37 Contrôle de front d'onde de la lumière en milieux complexes
- 42 Imagerie dans le brouillard à longue distance
- 47 Désordre corrélé : un degré de liberté pour le contrôle des propriétés photoniques

COMPRENDRE

- 51 La cohérence temporelle en optique classique

ACHERER

- 56 Filtres spectraux pour le multiplexage de fluorescence

PRODUITS

- 61 Nouveautés

Annonces

2B Lighting 53	Ardop 55	Grenoble Alpes 28	Piseo 29
Alpao 26	Aryballe 27	HEF photonics 28	Photonics west SPIE 45
Altimet 26	Cedrat 27	Horiba 31	Spectrogon 49
	Comsol 39	Laser Components 57	Teledyne 29
	Edmund Optics IV° de couv.	Optoprim 59	Zurich Instruments II° de couv.

L'édito de la SFO



ARIEL LEVENSON

Président de la SFO

Faisons ensemble grandir notre Société Française d'Optique

Quel honneur de m'adresser à vous dans ce premier Edito en tant que président de la Société Française d'Optique, j'en mesure toute la responsabilité et espère être à la hauteur de la confiance qui m'a été témoignée. Ce ne sera pourtant pas chose facile, la barre ayant été placée bien haute par Philippe Adam président sortant, que je tiens à saluer chaleureusement. Philippe a su guider notre SFO pendant ces deux années de pandémie en l'adaptant pour la faire ressortir encore plus forte !

Notre SFO est en effet plus active que jamais et son premier atout est sans doute dans son ADN de société savante et professionnelle, qui en fait un creuset unique en France et en Europe pour favoriser les synergies entre communautés académiques et industrielles et contribuer efficacement au développement et à la promotion de la photonique.

Notre SFO c'est vous, adhérents fidèles, nouveaux ou ponctuels, qui en vous engageant au sein de nos 17 Clubs thématiques et nos 3 Commissions, Enseignement, Femmes en Optique et Optique Sans Frontière, la faites vivre, renouveler et grandir au plus proche des préoccupations scientifiques, technologiques, industrielles et sociétales actuelles.

Notre SFO construite sur la diversité de communautés, favorise l'inclusion à tous les niveaux. Elle s'est notamment engagée activement sur la promotion de la parité. Nous avons également un rôle à jouer, en partenariat avec les sociétés savantes sœurs, pour accentuer l'inclusion en sensibilisant les nouvelles et futures générations

d'opticiens et opticiennes dans l'ensemble des régions francophones.

Notre SFO doit faire face à des défis notamment à l'intérieur de nos communautés alors que certains modes d'évaluation, combinés à une recrudescence de revues et conférences prédatrices peuvent semer la confusion. Nous avons un rôle à jouer en France et à l'étranger pour contribuer à favoriser les bonnes pratiques et l'intégrité scientifique.

Notre SFO doit faire face également à des défis sociétaux d'une ampleur nouvelle en ces temps de doutes et de remises en cause où les débats propres à la méthode scientifique peuvent être mal interprétés et conduire à une « relativisation » des avancées et des preuves scientifiques, voire à une exploitation induite, amplifiée par les réseaux sociaux. Nous avons là aussi un rôle à jouer pour favoriser un échange éclairé science-société.

Notre SFO c'est également cette belle revue, Photoniques, dont la ligne éditoriale est placée sous la responsabilité de son Comité de rédaction. Je tiens à saluer son rédacteur en chef Nicolas Bonod, dont le travail remarquable a fait de ce fleuron de la SFO, la revue francophone de référence en photonique avec un équilibre subtil entre préoccupations académiques, industrielles et éducatives. Bravo à Nicolas et à l'ensemble du Comité de rédaction.

Photoniquement vôtre
Ariel Levenson
Directeur de recherche CNRS
Président de la SFO

L'Assemblée générale de la Société Française d'Optique s'est tenue le 21 octobre 2021

C'était un grand moment pour la Société Française de l'Optique sous la présidence de Philippe ADAM de dresser un bilan d'activité très riche en projets pour cette année 2020-2021 marquée par les incertitudes liées au contexte COVID. Les indicateurs sont au vert avec une augmentation de plus de 23% des adhérents en 2021 et un record de plus de 660 participants au congrès d'Optique Dijon 2021. Nous avons réussi à mener ce projet en présentiel grâce à la grande mobilisation de la communauté de l'optique-photonique et la ténacité des organisateurs. L'année 2021 était aussi

l'occasion de récompenser un chercheur de renommée mondiale pour l'ensemble de ses travaux grâce au prix Léon Brillouin. Ce prix a été décerné à Jean-Paul POCHOLLE. La SFO récompense aussi les jeunes chercheurs reconnus internationalement avec l'attribution du Prix Fabry-De Gramont à Frédéric GEROME et Bertrand KIBLER. L'enseignement en optique par des supports pédagogiques de qualité exceptionnelle est aussi récompensé par le Prix Arnulf Françon. Ce prix a été accordé à Christophe DAUSSY, Sébastien FORGET et Sébastien CHENAIS pour leur MOOC « *La physique, vive[z] l'expérience!* ».

L'année 2021 était aussi l'occasion de consolider les partenariats avec les autres sociétés savantes nationales et de participer en tant que membre actif au collège des sociétés savantes académiques.

Le Conseil d'administration du 18 novembre 2021 est aussi un moment marquant par le passage de la présidence de la SFO de Philippe ADAM à Ariel LEVENSON. François SALIN est nommé en tant que président entrant, il apportera la richesse de son expérience académique et industrielle au service de notre société savante.

AGENDA



■ **OPTIQUE Nice 2022, Au Campus Saint Jean d'Angély 4 au 8 juillet 2022**
Inscription au congrès
Réservation des stands
Bénéficiez du Tarif EarlyBird du mois de Janvier 2022

■ **WAVINAIRE 12 janvier 2022 Mathias FINK 11h00 à 12h30**
Accès gratuit aux adhérents
Article du séminaire
<https://www.sfoptique.org>
Rubrique wavinaire

Tous les événements de l'agenda SFO : <https://www.sfoptique.org/agenda/>



LA SFO, LE GDR COMPLEXE ET LE GDR ONDES SONT HEUREUX DE VOUS ANNONCER LA CRÉATION DES WAVINAIRES QUESTIONS OUVERTES

Cette série de webinaires est destinée à un public jeune, étudiants, postdoctorants et **jeunes ingénieurs ou chercheurs**. Chaque Wavinaire sera organisé autour d'une publication connue à l'avance par l'audience, qui permettra d'introduire une **thématique transverse à diverses disciplines et applications des ondes**. La publication pourra être récente. Dans ce cas, elle portera sur un sujet prometteur, sélectionné pour son fort impact. Le Wavinaire s'apparentera alors à un exercice de veille technologique avec une analyse poussée. La publication pourra aussi se rapporter à une question ouverte, importante et bien que récurrente, incomplètement comprise. Le webinar fera alors la synthèse de quelques travaux phare, des difficultés rencontrées et fera le point, sans concession, sur ce qui a été vraiment élucidé. Les Wavinaires se tiendront en distanciel trois fois par an et dureront une heure et demie.

Déroulé typique d'un Wavinaire :

• Mini-cours introductif d'une quinzaine de minutes, donné par un étudiant, sur une

notion de base nécessaire à la compréhension de l'article.

- Brève présentation des principaux résultats de l'article soulignant les points discutables, suivie par une mise en perspective critique réalisée par un ou deux experts. Dans la mesure du possible, les orateurs esquisseront les retombées industrielles ou académiques.
 - Discussion ouverte entre les participants.
- Durant le Wavinaire, il sera possible à tous les participants de commenter ou poser des questions à travers le chat. Nous espérons avoir de nombreuses interactions avec l'auditoire, malgré le format distanciel, grâce au partage d'une motivation commune, l'article sélectionné.



Participez nombreux !

Et faites-nous des suggestions de sujets.



Gros plan sur le L2n à Troyes

Christophe Couteau, directeur du L2n

À l'échelle nanométrique, les propriétés physiques des matériaux sont différentes de ce qu'elles sont à l'échelle macroscopique. Le ratio atomes en surface / atomes en volume tend vers l'unité et les propriétés de nano-objets dépendent alors essentiellement de phénomènes de surface. À ces échelles, le cloisonnement habituel des propriétés physiques des matériaux n'a plus lieu et les propriétés mécaniques, chimiques électroniques ou optiques sont alors liées. Au L2n et au sein de la Graduate School NANO-PHOT, nous nous intéressons à l'interaction entre la lumière et la matière à l'échelle nanométrique pour observer, comprendre et exploiter des propriétés physiques complexes, permettant des applications très concrètes dans de nombreux domaines comme l'éclairage, les télécommunications, la sécurité, la santé ou l'énergie. Au sein du L2n, la nano-optique et la nanophotonique sont abordées de diverses façons : instrumentation, expérimentation, modélisation numérique et théorique, caractérisation, fabrication. Nos travaux permettent de lever des verrous scientifiques et technologiques en allant de la recherche amont, comme la chimie ou la physique fondamentale, vers la recherche avale avec des démonstrateurs et composants concrets.



La plateforme NANO'MAT



Le L2n met en œuvre sa recherche dans une plateforme de proximité, qui appartient au réseau Renatech+ du CNRS. NANO'MAT rassemble des développements instrumentaux innovants et des équipements de pointe dédiés à la fabrication et la caractérisation de nano-objets de matériaux variés, et ce sur les deux sites de Reims et de Troyes. Sur le site de Troyes, NANO'MAT bénéficie d'une surface de plus de 1000 m² de laboratoires dont 650 m² se trouvent en salle blanche, classée ISO 5, 6 et 8. Cette plateforme permet aux étudiants de NANO-PHOT et aux chercheurs du Laboratoire L2n, ainsi que ceux du Laboratoire de Recherche en Nanosciences de l'Université de Reims Champagne-Ardenne, de bénéficier d'équipements de pointe tels que des microscopes électroniques, des systèmes de lithographie optique (UV ou laser), des bâteaux de dépôt de couches minces... Cette plateforme est également ouverte aux autres laboratoires de recherche ainsi qu'aux industriels *via* la mise en place de projets collaboratifs et partenariaux. Plus d'infos sur www.nanomat.eu

Actualités



- Organisation de la première réunion du nouveau Groupement De Recherche (GDR) CNRS « Plasmonique Active » (06/2021)
- Prix de thèse C'Nano 2021 pour une doctorante L2n : Soukaina ES-SAIDI (10/2021)
- La conférence MNO2023 aura lieu à Troyes !

LE LABORATOIRE LUMIÈRE, NANOMATÉRIAUX ET NANOTECHNOLOGIE (L2n – ERL CNRS 7004)

Le laboratoire porteur de L'école Universitaire de Recherche NANO-PHOT est le laboratoire Lumière, nanomatériaux, nanotechnologies (L2n), unité de recherche de l'Université de Technologie de Troyes (UTT). Fondé en 1995, il constitue, à l'échelle mondiale, l'une des plus grandes structures de recherche dédiée à la nanooptique et la nanophotonique.

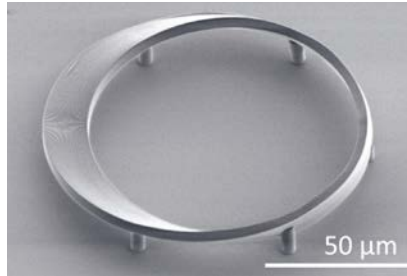
Plus d'informations sur <https://recherche.utt.fr/light-nanomaterials-nanotechnologies-l2n>

LE L2n EN CHIFFRES

- 100 personnes dont 50% de doctorants
- 15 nationalités
- 1.3 M€ de contrats/an
- 5 nouveaux projets ANR en 2021
- 40 articles/an, facteur d'impact moyen = 4,5
- Portefeuille d'environ 40 brevets
- 1 plateforme de technologie NANO'MAT
- 1 labcom avec la société SURYS : IN-FINE
- 1 start-up : Phase Lab Instrument
- 1000 m² de laboratoires
- Participation à 4 GDR

Ruban de Möbius et photonique non-euclidienne

L'impression 3D par laser (Direct Laser Writing) permet de fabriquer n'importe quelle forme d'objet tridimensionnel à partir de résines polymères. Depuis quelques années, il est possible de fabriquer des microcavités lasers de qualité optique en dopant la résine avec un colorant laser. Une équipe de chercheurs de l'ENS Paris-Saclay, du C2N, du LMOPS et de l'Université de Lanzhou s'est intéressée à des microlasers en forme de ruban de Möbius. Après avoir exploré différentes techniques de fabrication 3D, puis étudié les cubes et les pyramides, cette équipe a réalisé qu'il était aussi possible de fabriquer des surfaces courbes en 3D, c'est-à-dire



des résonateurs lasers de taille typique 100 μm , dont l'épaisseur est de l'ordre du micron. Le ruban de Möbius était un premier choix naturel, car sa topologie originale (un seul bord et une seule surface non orientable) laissait prévoir des propriétés photoniques étonnantes.

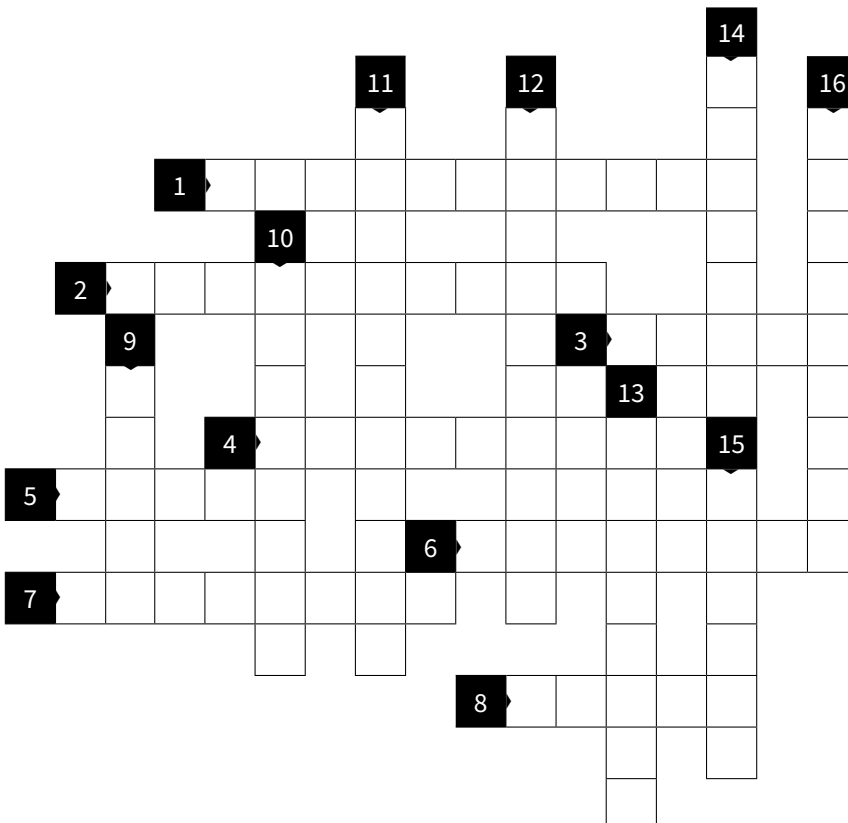
En espace libre, la lumière se déplace en ligne droite. Dans ces surfaces courbes dont l'indice de réfraction reste homogène et isotrope, on s'attend à ce qu'elle suive une géodésique, c'est-à-dire par définition le plus court chemin entre deux points sur la surface. Dans un article récent, cette équipe a montré par des expériences et des simulations FDTD 3D que les modes lasers suivent des géodésiques périodiques sur le ruban de Möbius. La « photonique non-euclidienne » réserve certainement d'autres surprises. ●

REFERENCE

Y. Song et al., "Möbius Strip Microlasers: A Testbed for Non-Euclidean Photonics," *Phys. Rev. Lett.* **127**, 203901 (2021)

MOTS CROISÉS SUR L'OPTIQUE EN MILIEUX COMPLEXES

Par Philippe ADAM



- 1 Ô C'est Top !
- 2 Effet sous ou hyper radiant
- 3 Orientation abrégée
- 4 Régime difficile à suivre
- 5 Effet billard sur la diffusion
- 6 Plus qu'une en diffusion
- 7 Difficile à localiser
- 8 Aléatoire dans les milieux complexes ?
- 9 Fonction de base
- 10 Moyen libre
- 11 Outil d'analyse
- 12 Sans interaction
- 13 Sonde des profondeurs
- 14 Il a sûrement un grain !
- 15 Modèle diffusant
- 16 Rayonnement primordial

SOLUTION SUR
PHOTONIQUES.COM

