

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](http://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](mailto: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](mailto:nicolas.bonod@edpsciences.org)

Journal Manager  
Florence Anglézio  
[florence.anglezio@edpsciences.org](mailto: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),  
Marie-Begoña Lebrun - (Phasics),  
Benoît Cluzel - (Université de Bourgogne),  
Émilie Colin (Lumibird), Sara Ducci  
(Université de Paris), Céline Fiorini-  
Debuisschert (CEA), Riad Haidar (Onera),  
Patrice Le Boudec (IDIL Fibres Optiques),  
Christian Merry (Laser Components),  
François Piuizzi (Société Française de  
Physique), Marie-Claire Schanne-Klein  
(École polytechnique), Christophe  
Simon-Boisson (Thales LAS France),  
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](mailto:annie.keller@edpsciences.org)

#### International Advertising

Bernadette Dufour  
Cell phone + 33 7 87 57 07 59  
[bernadette.dufour@edpsciences.org](mailto: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](mailto:abonnements@edpsciences.org)

#### Impression

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



## Éditorial



**NICOLAS BONOD**

Rédacteur en chef

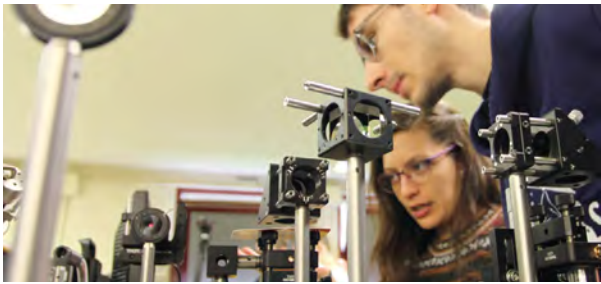
## Bonnes résolutions

Coup de tonnerre sur la microscopie lorsque le physicien allemand Ernst Abbe montre à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle que la résolution d'un microscope est limitée par la nature ondulatoire de la lumière. Abbe établit que l'image d'un point par un microscope s'étale sur un rayon proportionnel au rapport entre la longueur d'onde et l'ouverture numérique de l'objectif. La microscopie optique aurait alors pu se borner à cette limite... mais c'était sans compter sur la ténacité des microscopistes décidément résolus à surmonter les limites de la résolution ! L'une des clés pour y parvenir provint des progrès réalisés dans la synthèse de molécules fluorescentes. Ces minuscules éléments de matière condensée ouvrent de nouveaux standards en termes de résolution grâce à une ingénierie de la réponse non-linéaire ou stochastique de leur émission de fluorescence. La microscopie super-résolue de fluorescence s'est rapidement développée pour explorer la matière à de nouvelles échelles et offrir un outil unique pour comprendre la structuration du vivant. Le prix Nobel de chimie décerné en 2014 à Eric Betzig, Stefan Hell et William Moerner couronna le développement de deux techniques de microscopie de fluorescence, STED et SMLM. La remise de ce prix dans la catégorie de la chimie illustre d'ailleurs l'impact considérable que ces techniques ont eu au-delà de l'optique. Tour d'horizon dans ce numéro sur la microscopie

super-résolue de fluorescence avec quatre articles consacrés à cette thématique qui ne cesse de progresser et d'ouvrir de nouveaux horizons.

Il y a tout juste 100 ans, Léon Brillouin publiait un article dédié à l'influence de l'agitation thermique dans un corps sur la diffusion de la lumière et des rayons X. Dans son article, il prédit un décalage de fréquence entre l'onde diffusée et l'onde incidente dépendant de la vitesse de propagation des ondes élastiques. Cet effet est aujourd'hui connu sous le nom d'effet Brillouin. Certes, Léon Brillouin prévient dans son article que « cette diffusion est à peine perceptible », mais l'avènement depuis cette publication du laser, de la fibre optique et de la photonique dans son ensemble a permis là aussi de repousser les limites permettant aujourd'hui de développer de nombreux procédés technologiques basés sur la diffusion Brillouin. Les auteurs de l'article Expérience Marquante retracent dans un article passionnant ce siècle de découvertes et d'avancées.

La date de parution de ce numéro coïncide avec la tenue du congrès Optique Nice 2022 de la SFO. Photoniques sera bien évidemment présent à ce rendez-vous majeur de l'optique en France. Je vous donne donc rendez-vous à Nice dès le 4 juin sur le stand Photoniques et dans les allées du congrès pour échanger avec vous sur la revue et les dernières avancées en optique et photonique. Je vous souhaite une bonne lecture.

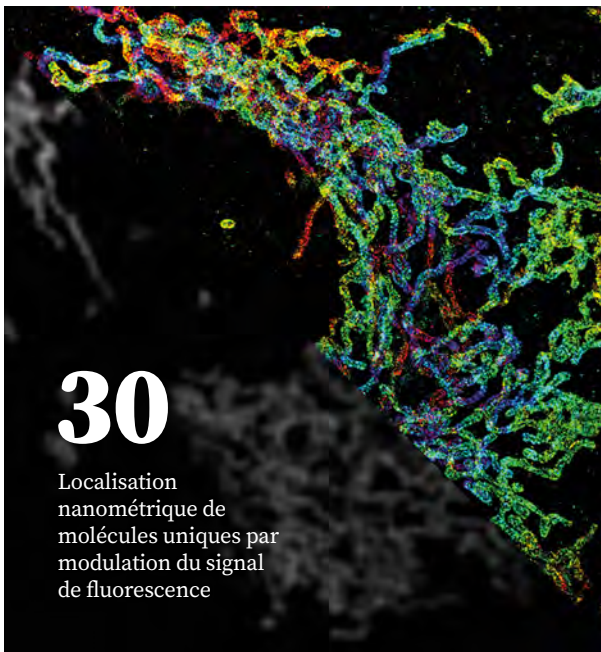


# Sommaire

www.photoniques.com

N° 114

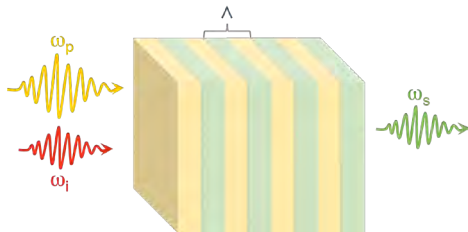
## 17 OSEZ L'OPTIQUE Microscope tomographique (OCT)



# 30

Localisation nanométrique de molécules uniques par modulation du signal de fluorescence

## 51 Génération de Second-Harmonique : un domaine ancien et riche d'avenir



### ACTUALITÉS

- 03 Éditorial et actualité de la SFO
- 05 Informations partenaires

### TÉMOIGNAGE

- 14 Témoignage d'entrepreneur : Thierry Georges
- 16 Mots-croisés

### FOCUS

- 17 La photonique dans la métropole Lilloise

### OSEZ L'OPTIQUE

- 21 Construire un système d'imagerie 3D de tomographie par cohérence optique (OCT)

### EXPÉRIENCE MARQUANTE

- 26 Centenaire de la découverte de l'effet Brillouin

### DOSSIER : MICROSCOPIE DE FLUORESCENCE

- 30 Localisation nanométrique de molécules uniques par modulation du signal de fluorescence
- 36 Plus vive, plus nette : la microscopie STED du cerveau
- 40 Des nanotorches pour étudier les matériaux nanostructurés
- 45 Améliorer la résolution de la microscopie optique de fluorescence

### COMPRENDRE

- 51 Génération de Second-Harmonique : un domaine ancien et riche d'avenir

### ACHETER

- 57 Des fibres optiques pour la spectroscopie

### PRODUITS

- 61 Nouveautés

## Annonces

Alpao ..... 25  
Ardop ..... 41  
Comsol ..... 19  
Edmund Optics ..... 23, 29

Hamamatsu ..... 43  
HTDS ..... 15  
IDIL ..... 57  
Imagine Optic ..... 31  
iXblue ..... II° de couv.

Laser Component ..... 55  
Lumibird ..... 39  
MKS Newport ..... IV° de couv.  
Opton ..... 35  
Oxford ..... 53

Scientec ..... 59  
Spectrogon ..... 49  
Toptica ..... 33, 47

Crédit photo (couverture) : © iStockPhoto

# L'édito de la SFO

---



**ARIEL LEVENSON**

Président de la SFO

## Nos jeunes, notre SFO

**O**PTIQUE Nice 2022 s'annonce sous les meilleurs auspices, les indicateurs sont ensoleillés! Plutôt que de tous les énumérer, je souhaite mettre en lumière un qui nous réjouit tout particulièrement. Un tiers des très nombreuses communications retenues ont été soumises par des jeunes chercheurs en thèse. Pour un grand nombre d'entre eux, il s'agit de la première présentation, orale ou poster, dans une conférence d'envergure et d'une première expérience de réseautage. OPTIQUE Nice 2022 est sur ce point d'ores et déjà un succès et je tiens à saluer nos jeunes congressistes. Je salue également nos collègues directeurs de thèse qui, malgré les multiples contraintes associées à la durée des thèses, ont bien compris l'intérêt que représente pour les carrières de nos jeunes « l'entrée » dans la grande communauté académique et industrielle de l'optique française. Une telle confiance et un tel engouement nous engagent. Si cette jeunesse assure la relève et si l'essor de la photonique leur ouvre plus que jamais des métiers aussi divers que passionnants, il n'en reste pas moins que nous devons l'accompagner de la meilleure manière possible et pour cela nous souhaitons tout d'abord l'écouter.

OPTIQUE Nice 2022 constituera un premier jalon dans notre renouvellement des services envers et par nos jeunes collègues. Nous y mettrons à disposition des étudiants en thèse, des post-doctorants et des jeunes récemment recrutés dans les milieux académique ou industriel, un espace convivial où ils pourront échanger à leur guise. Seule contrainte, répondre sans retenue à la question : qu'attendez vous de votre SFO ?

OPTIQUE Nice 2022 permettra également aux jeunes de rencontrer de très nombreux industriels et jeunes entrepreneurs, dans une grande exposition industrielle avec 44 stands, lors des présentations dans la session industrielle ou dans des sessions thématiques. Ce sera pour eux également l'occasion de

s'informer, notamment lors de la plénière présentée par notre ex président Philippe Aubourg, membre de la Commission Optique/Physique sans frontière, sur les atouts économiques et sociétaux de l'optique frugale et des cycles courts.

OPTIQUE Nice 2022 nous donnera également l'occasion de dévoiler la maquette de la plateforme créée en partenariat avec le Réseau des Ecoles Doctorales SPI, qui permettra d'accéder à de nombreuses informations particulièrement éclairantes pour nos jeunes. Cette plateforme illustrera notamment la richesse des parcours après une thèse dans les disciplines de l'optique. Elle complètera l'excellente plateforme sur les métiers de la photonique développée par notre partenaire Photonics France.

Je conclurai cet éditto par une touche plus personnelle. L'article Comprendre de ce numéro, met à l'honneur la génération de seconde harmonique dont la première mise en évidence est fascinante de simplicité. Elle a marqué un tournant dans l'histoire de l'optique en matérialisant un domaine d'activités qui m'est cher, l'optique non-linéaire. Alors qu'OPTIQUE Nice 2022 accueille de nouveau la cérémonie du prix Jean Jerphagnon, je souhaite rappeler qu'en 1967, cinq années seulement après l'expérience de Franken, Jean Jerphagnon soutenait au Centre National d'Etudes des Télécommunications à Bagnex, une institution disparue qui m'est également chère, une des premières thèses en sciences en optique non-linéaire. Ses travaux, pionniers, d'exploration du rapport entre mailles élémentaires chirales, biréfringence et non-linéarité, ont marqué un jalon important dans cette histoire désormais foisonnante de l'optique non-linéaire.

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