

optique

Paris 2013

COLOQ HORIZONS JNOG JRIOA CLUB

Horizons de l'Optique



Villetaneuse, 8-11 Juillet 2013

Nano-photonique
Photonique Organique

Session posters - Stands pédagogiques

P176	Une réplique de l'expérience de Fizeau sur l'entraînement de l'éther par l'eau en mouvement <i>R. Mathevet, P. Labastie et T. Lahaye</i> LNCMI-Toulouse	169
P177	Mallettes pédagogiques pour des interventions au lycée <i>T. Briant, V. Voliotis, P. Delva et S. Galtier</i> LKB	170
P178	An easy physics outreach and teaching tool for holography <i>A. Escarguel</i> PIIM Laboratory	171
P179	Du traitement du signal avec des ondes et des lentilles : Le traitement d'images et la transformée de Fourier à la lumière de la diffraction en Optique <i>J.-C. Pissondes</i> IUT de Vélizy, Département Réseaux et Télécoms	172
P180	Laboratoire MELOPEE Diagnostic optique par fusion de données hyperspectrales, polarimétriques et angulaires <i>R. Ceolato et N. Rivière</i> Onera, The French Aerospace Lab Département Optique Théorique et Appliquée	173
P181	IMAGERIE LASER Voir et percevoir autrement avec les laser <i>N. Rivière et R. Ceolato</i> Onera, The French Aerospace Lab Département Optique Théorique et Appliquée	174
P182	Un instrument de médiation scientifique par l'art : la harpe laser à climats musicaux <i>P. Arguel, A. Bouchier, L. Couto-Rosado, X. Dollat, J. Fanchon, B. Franc, C. Ganibal, F. Lozes, P. Marcoul et A. Mauffret</i> LAAS-CNRS	175
P183	Démonstration nouvelle de la rotation magnéto-optique <i>M. Bourdoux, G. Ballon, S. George, L. Drigo et J. Léotin</i> LNCMI	176
P184	piège électrique pour particules chargées <i>N. Castagna, A. Godeau, B. Darquié, R. Dubessy, S.K. Tokunaga, F. Wiotte, A. Kaladjian, P.E. Pottie, S. Guibal et C. Daussy</i> SYRTE, UMR 8630, Observatoire de Paris, UMPC, CNRS	177
P185	Les Fontaines Lasers au Laboratoire de Physique des Lasers <i>S. Forget, C. Daussy, A. Kaladjian, F. Wiotte et P.E. Pottie</i> université paris 13, laboratoire de physique des lasers	178
P186	Génération des Signaux Microondes par Hétérodyne Optique pour Pédagogie <i>I. Zaldívar-Huerta, A. García-Juárez, J. Rodríguez-Asomoza et A. Baylón-Fuentes</i> Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica	179

UNE RÉPLIQUE DE L'EXPÉRIENCE DE FIZEAU SUR L'ENTRAÎNEMENT DE L'ÉTHER PAR DE L'EAU EN MOUVEMENT

Renaud Mathevet¹, Pierre Labastie² et Thierry Lahaye³

¹ LNCMI-T, CNRS-INSA-UJF-UPS, Université de Toulouse, 31400 Toulouse, France

² Lab. Collision Agrégats Réactivité, CNRS-UPS, Université de Toulouse, 31062 Toulouse, France

³ Lab. Charles Fabry, Institut d'Optique, CNRS, Université Paris Sud, 91127 Palaiseau, France

renaud.mathevet@lncmi.cnrs.fr

RÉSUMÉ

Nous avons réalisé, avec un matériel disponible dans tout laboratoire d'enseignement, une réplique modernisée de la célèbre expérience d'Hippolyte Fizeau d'entraînement de l'éther par l'eau en mouvement (1851). Elle permet la mesure quantitative d'une prédiction de la relativité, théorie jugée parfois bien abstraite, en mettant en jeu une grande variété de techniques expérimentales: optique géométrique et ondulatoire, mécanique des fluides, acquisition et traitement de données.

MOTS-CLEFS : relativité; Fizeau; ether.

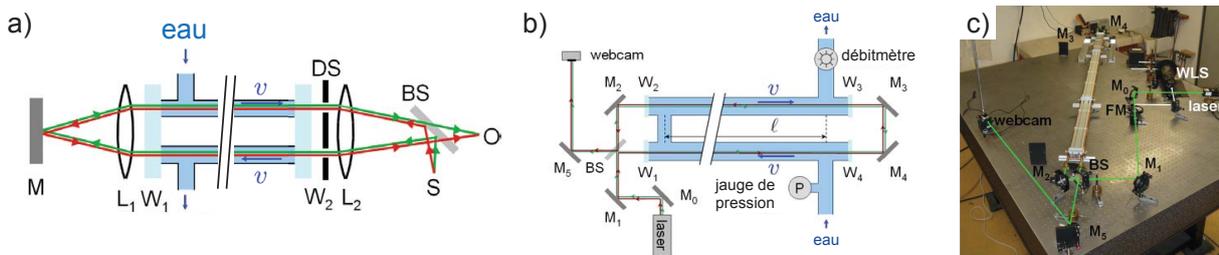


FIGURE 1 : a) Schéma de l'expérience historique de Fizeau. b) Schéma de notre expérience qui reprend la configuration de Michelson (1886). c) Photographie de l'expérience ; S : source, O : observateur, DS : fente double, M_i : miroirs, W_i : fenêtres, L_i : lentilles, BS : séparatrice.

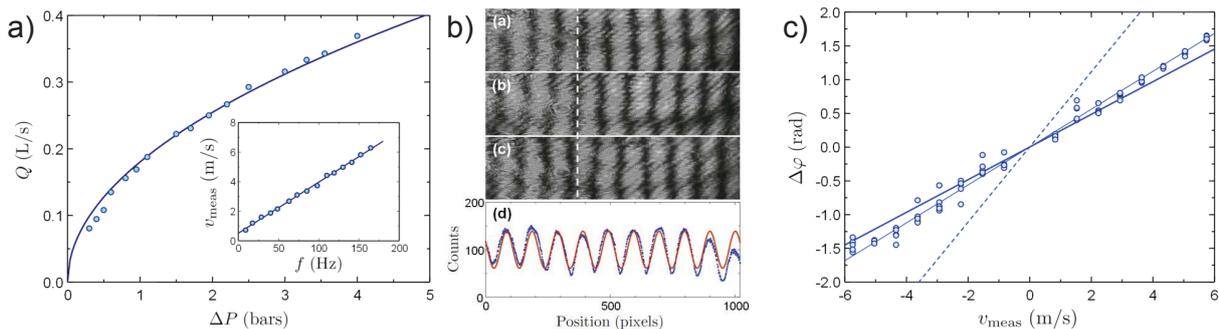


FIGURE 2 : a) Mesure du débit en fonction de la perte de charge ; insert : courbe de calibration donnant la vitesse de l'eau en fonction de la fréquence du signal délivré par le débitmètre. b) Photos et intégration en colonne de la figure d'interférence pour 3 vitesses de l'écoulement : -5.7 , 0.8 et 5.7 m/s. c) Résultats expérimentaux ; cercles : mesures ; trait fin : ajustement linéaire ; trait épais : prédiction relativiste ; pointillés : prédiction non relativiste.

RÉFÉRENCES

- [1] Thierry Lahaye, Pierre Labastie and Renaud Mathevet, "Fizeau's "aether-drag" experiment in the undergraduate laboratory", *Am. J. Phys.*, vol. 80, p. 497, 2012.

MALLETES PÉDAGOGIQUES POUR DES INTERVENTIONS AU LYCÉE

Tristan Briant¹, Sandrine Galtier¹, Valia Voliotis², Pacôme Delva³

¹ Laboratoire Kastler Brossel UMR CNRS 8552, UPMC, Campus Jussieu, 75252 Paris 05, France

² INSP UMR CNRS 7588, UPMC, Campus Jussieu, 75252 Paris 05, France

³ SYRTE UMR CNRS 8630, UPMC, Observatoire de Paris, 75014 Paris, France

tristan.briant@upmc.fr

RÉSUMÉ

L'UPMC propose depuis cette année, que ses chercheurs et doctorants interviennent dans des classes de lycée sur des thèmes variés de la physique, en lien ou non avec les programmes. Les interventions se font sous forme d'un exposé et /ou d'une manipulation sur une thématique particulière, ou bien sous forme d'une activité de travaux pratiques menée par les élèves avec le chercheur et le professeur. Pour cette occasion des mallettes pédagogiques ont été mises au point, contenant des expériences ou des maquettes sur des thèmes de physique générale, de nanoscience, d'astrophysique... Nous présentons les mallettes pédagogiques créées pour l'intervention "Laser et atomes".

MOTS-CLEFS : *mallettes pédagogiques, interventions au lycée*



Fig. 1 : Mallettes de démonstration : un laser à cœur ouvert, mesure de la vitesse d'un train par un radar laser, mesure de rugosité d'une surface (maquette d'un microscope à force atomique)

AN EASY PHYSICS OUTREACH AND TEACHING TOOL FOR HOLOGRAPHY

A. Escarguel

*PHIM Laboratory, , case 321, Université d'Aix-Marseille, av. Escadrille Normandie-Niemen,
13397 Marseille Cedex 20, France. France*

alexandre.escarguel@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

In the framework of scientific outreach and for pedagogic purposes for students physics projects, we created a teaching kit for holography contained in a small case [1, 2]. It includes all the required equipment to produce holograms almost anywhere with a simple optical assembly with an excellent vibration tolerance. The fundamental principles of holography and several applications are illustrated through simple experiments: reflection Denisyuk holograms, notch filters, holographic interferometry and diffraction holographic gratings. It is possible to use this tool for several purposes: science outreach, teaching for undergraduate and graduate students and continuing education. Recently, the kit has been duplicated for two engineering schools in France.

RÉFÉRENCES

- [1] Th. Voslion, A. Escarguel, Eur. J. Phys. **33** (2012) 1803–1811
- [2] Th. Voslion, A. Escarguel, J. of Phys. : conf. series, **415** (2012) 012063

**Du traitement du signal avec des ondes et des lentilles :
Le traitement d'images et la transformée de Fourier
à la lumière de la diffraction en Optique**

Jean-Claude Pissondes

jc.pissondes@iut-velizy.uvsq.fr

Adresse : IUT de Vélizy, Département Réseaux et Télécoms
10-12 Avenue de l'Europe, 78 140 Vélizy

Cette présentation rend compte des travaux réalisés par des étudiants de seconde année en DUT Réseaux et Télécoms, dans le cadre d'un projet tuteuré. Celui-ci comprend trois parties. Une introduction, où l'on étudie le rôle bien particulier de la transformée de Fourier dans la diffraction de Fraunhofer : dans un tel cadre, les propriétés de la transformée de Fourier, et la transformée elle-même, se localisent *dans l'espace physique et se visualisent*. Dans une deuxième partie, on décrit l'expérience d'Abbe où est mise en évidence la possibilité d'opérer des modifications sur une image par *filtrage des fréquences spatiales*. Ces opérations de filtrage, qui ont lieu au niveau du spectre de l'image, sont *localisées dans l'espace* : elles correspondent à des actions bien réelles d'obturation, de découpe ou de cache, situées spatialement dans le montage d'Abbe. Dans la troisième partie, on construit, à l'aide du logiciel Matlab®, une image témoin constituée de motifs simples associés à des spectres bien identifiables. On désire *voir*, en simulant de façon numérique les processus à l'œuvre dans l'expérience d'Abbe, les altérations que notre image subit suite à différents types de filtrage ou à l'issue de différentes « reconstructions » après échantillonnage.

Ce projet, proposé depuis plusieurs années, a deux principales visées : sortir la transformée de Fourier du contexte du traitement du signal et percevoir ce que l'analyse de Fourier a d'universel par l'intermédiaire de l'Optique ondulatoire. En effet, les enseignements en Réseaux et Télécoms conduisent souvent les étudiants, comme leurs enseignants, à associer la transformée de Fourier à la dualité temps-fréquence, exclusivement. Pourtant, bien avant la théorie du signal, les premiers calculs de transformée de Fourier concernent des calculs de *figures de diffraction* associés à une « *correspondance espace-espace* » : ouverture diffractante et figure de diffraction sont reliées par transformée de Fourier, mais sont localisées dans l'espace réel. De plus, les exemples où les *variables conjuguées* sont des *coordonnées spatiales* et des *fréquences spatiales* se rencontrent souvent en Physique et apparaissent, pour certains, avant la théorie du signal.

Les objectifs de cette présentation, et du projet tuteuré proposé à des étudiants en « Télécoms », est donc de cerner certains aspects d'un même outil – en l'occurrence la transformée de Fourier – en les mettant en parallèle dans deux contextes vus comme étrangers l'un à l'autre. Des phénomènes appréhendés comme plus ou moins abstraits par les étudiants – invariance par décalage temporel, effets de filtrage passe-haut, passe-bas ou autre, repliement de spectre, phénomène de Gibbs, corrélation – apparaissent, dans le contexte de l'Optique ondulatoire, comme des manifestations bien *visibles et localisées* dans l'espace usuel. Si les caractéristiques fréquentielles d'un ensemble de mesures – *i.e.* d'un « signal » –, mises en évidence grâce à sa représentation fréquentielle, sont bien *réelles*, elles ne correspondent à rien qui soit directement *visible*. En traitement du signal, le passage dans le « domaine fréquentiel » correspond à l'observation d'effets et de caractéristiques qui n'ont de réel que leur contrepartie temporelle. Notre but est donc d'éclairer certains aspects de la transformée de Fourier par des allers et retours entre des disciplines très différentes et *a priori* éloignées : on utilise ce qui est *évident et visible* dans un domaine – en l'occurrence l'Optique – pour mieux concevoir ce qui s'appréhende de façon indirecte, voire abstraite, en traitement du signal. Ainsi, les étudiants *observent en les voyant* les notions, opérations et propriétés qu'ils auront étudiées dans le cadre spécifique des « Télécoms ».

Mots clés : Transformée de Fourier, Optique ondulatoire, diffraction, filtrage des fréquences spatiales, traitement du signal

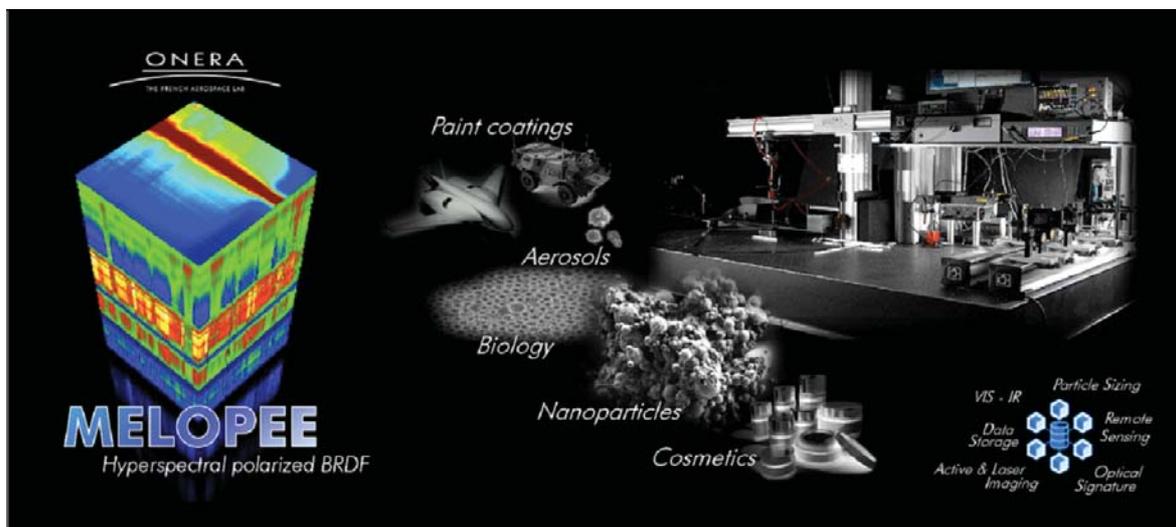
Laboratoire MELOPEE
Diagnostic optique par fusion de données
hyperspectrales, polarimétriques et angulaires

Romain Ceolato, Nicolas Rivière

*Onera, The French Aerospace Lab
 Département Optique Théorique et Appliquée
 2 avenue E. Belin, 31055 Toulouse, France*

nicolas.riviere@onera.fr

Les propriétés des milieux diffusants optiquement denses sont au cœur de nombreuses activités de recherche et d'applications industrielles dans des domaines aussi variés que l'aéronautique, la défense, la sécurité, l'environnement, la santé ou l'industrie chimique. A l'Onera, les mesures polarisées de diffusion de la lumière permettent soit d'être utilisées dans des codes d'imagerie laser soit d'être inversées pour identifier simultanément les propriétés microphysiques des milieux optiquement denses (taille des diffuseurs, albédo, épaisseur optique).



IMAGERIE LASER

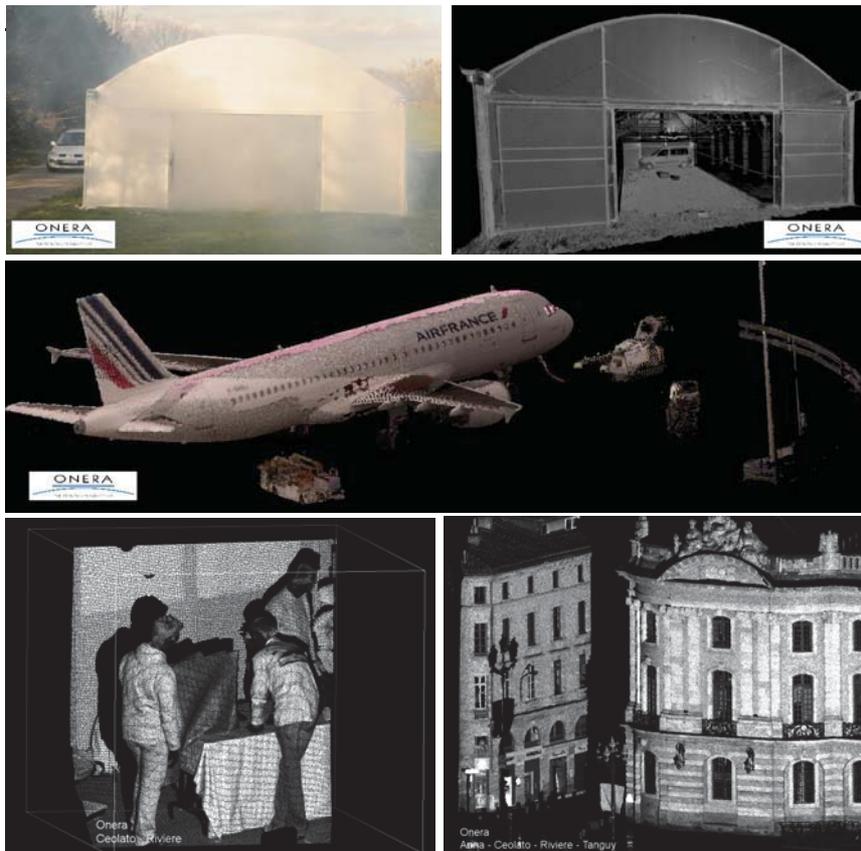
Voir et percevoir autrement avec les laser

Nicolas Rivière, Romain Ceolato

*Onera, The French Aerospace Lab
Département Optique Théorique et Appliquée
2 avenue E. Belin, 31055 Toulouse, France*

nicolas.riviere@onera.fr

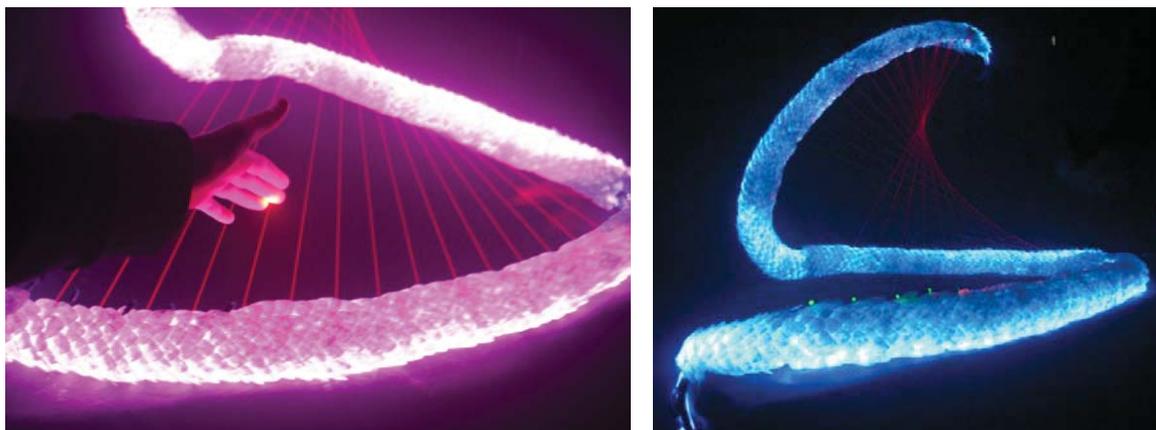
Le laser est une source de lumière qui émet un faisceau rectiligne et dirigé. Petit à petit, cet outil de recherche est entré dans la vie quotidienne : il permet par exemple de regarder un film enregistré sur un disque Blue Ray. Le laser est aussi un moyen pour faire de l'imagerie quelles que soient les conditions météo... Il permet de reconstruire les espaces qui nous entourent en 3 dimensions : environnements urbains et vision sous feuillages, applications aéroportuaires et même des objets invisibles à l'œil (cachés derrière un brouillard par exemple)... de superbes images seront dévoilées.



Un instrument de médiation scientifique par l'art : la harpe laser à climats musicaux

P.Arguel*, A.Bouchier**, L.Couto-Rosado***, X.Dollat*, J.Fanchon*, B.Franc*,
C.Ganibal*, F.Lozes *, P.Marcoul*, A.Mauffret*
arguel@laas.fr

* CNRS ; LAAS ; 7 avenue du colonel Roche, 31077 Toulouse Cedex 4, France
Université de Toulouse ; UPS, INSA, INP, ISAE ; UT1, UTM, LAAS ; 31077 Toulouse Cedex 4, France
** ESSILOR International, Immeuble Pascal Paoli, 130 rue Pierre et Marie Curie, 31670 Labège, France
*** Ecole des beaux-arts de Toulouse, 5 quai de la Daurade, 31000 Toulouse, France



(Photo : P. Sérard, LAAS-CNRS)

Chercheurs, ingénieurs électroniciens, informaticiens et mécaniciens ont mutualisé leurs compétences avec celles d'un compositeur et d'une étudiante des Beaux-arts pour concevoir une harpe laser à climats musicaux destinée à la médiation scientifique par l'art. L'instrument, original par son design et ses possibilités sonores et musicales, nous plonge dans un univers exotique et envoûtant renforcé par son aspect biomorphique et précieux inspiré d'une légende chinoise. Chacune des 16 cordes, simulées par des rayons laser, produit une note ou une mélodie sur fond de climat musical qui, en de nombreuses occasions, a déjà séduit un public nombreux, jeune ou familial.

D'autre part, lors de démonstrations auprès de classes (collèges, lycées), plusieurs enseignants ont identifié cet objet esthétique, ludique, scientifique et accessible, comme un moyen original d'aborder certaines parties de leur programme. Il permet d'aborder aussi bien des aspects artistiques (musique, design) pouvant intéresser professeurs de musique et d'arts plastiques, que des aspects de technologie, mécanique, géométrie, électronique, optique, informatique ou, plus largement, physique.

Cette harpe laser est ainsi à vocations multiples et elle peut particulièrement trouver sa place dans le contexte de la réforme de l'enseignement en lycée où les enseignants deviennent animateurs de la classe autour d'un outil pédagogique favorisant la participation des élèves en frappant leur imagination. Ainsi, la collaboration initiée avec l'association "Science Animation" [1] vise l'organisation d'expositions et d'animations en lien avec les établissements d'enseignement. Dans ce cadre, nos partenaires régionaux nous aident à concevoir le format le mieux adapté aux besoins des différents types d'enseignements, rédiger les supports pédagogiques et former les médiateurs scientifiques.

Mots clés : harpe laser, projet pluridisciplinaire, art et science.

Référence : [1] <http://www.science-animation.org>

Démonstration nouvelle de la rotation magnéto-optique

Maxime Bordoux, Géraldine Ballon, Sylvie George, Loic Drigo, et Jean Léotin
LNCMI, 143 Avenue de Rangueil, 31400 Toulouse, France

jean.leotin@lncmi.cnrs.fr

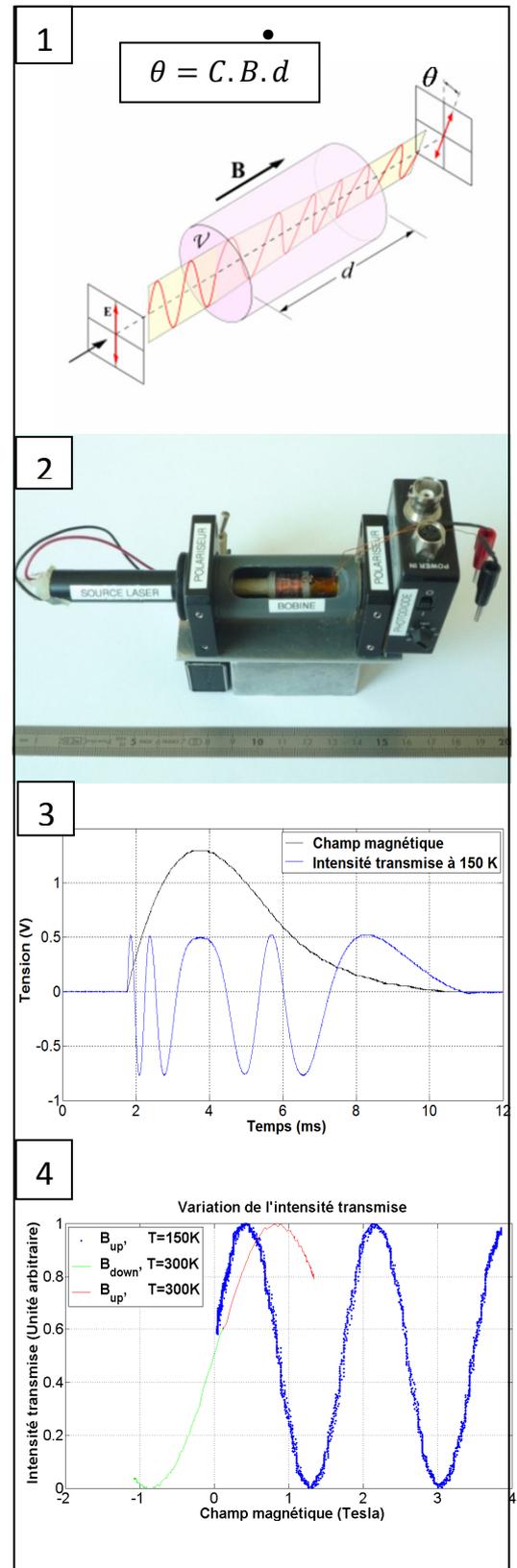
Résumé : Une démonstration nouvelle de la rotation magnéto-optique de Faraday est mise en œuvre par l'utilisation d'un champ magnétique intense pulsé et répétitif. La rotation est amplifiée par la valeur élevée du champ magnétique tandis que la sensibilité est accrue par la moyenne de mesures fréquentes et rapides. Dans ce dispositif le champ magnétique est engendré par la décharge d'un condensateur dans une bobine en fil de cuivre. Il atteint 5 Tesla, dure environ 5ms, se répète toutes les 20 secondes. L'ensemble est portable et de faible coût. Nous avons mesuré la constante de Verdet d'un verre de Terbium [1] entre 100K et 300K à la longueur d'onde de 650nm. Nous trouvons une variation de 60 à 180 rd/Tm selon une loi en $1/T$ (loi de Curie).

Dispositif expérimental et résultats :

Le dispositif expérimental est représenté sur la photo ci-contre. L'échantillon est un cylindre en verre de terbium [1] placé au centre de la bobine de champ magnétique dont la température peut varier entre 77 et 300K (figure 1a). La bobine est intégrée dans un banc d'optique entre deux polariseurs à film plastique faisant un angle θ_0 . L'ensemble est traversé par le faisceau d'une diode laser et l'intensité transmise est mesurée par une photodiode. A champ magnétique nul, l'intensité vaut $\frac{I}{I_0} = \cos^2 \theta_0$. Pendant l'impulsion de champ magnétique $B(t)$, l'intensité mesurée à la température 150K de l'échantillon présente des oscillations comme le montre la figure 1b. Nous trouvons que l'intensité varie en fonction du champ magnétique comme $\frac{I}{I_0} = \cos^2 \left(\theta_0 + \frac{B(t)}{B_0} \right)$ (figure 1c). Cette variation met en évidence une rotation du plan de polarisation proportionnelle au champ magnétique : $\theta(t) = \frac{B(t)}{B_0}$. La constante de Verdet vaut ainsi $C = \frac{1}{B_0 \cdot d}$. Le champ est mesuré à partir de la tension induite aux bornes d'une petite bobine sonde avec N spires de surface S. ($e(t) = NS \cdot dB/dt$). L'acquisition des mesures du champ magnétique $B(t)$ et de l'intensité transmise $\frac{I(t)}{I_0}$ sont réalisés à l'aide d'un Picoscope [2] connecté par port USB à un ordinateur portable. L'ordinateur affiche en temps réel le signal de rotation Faraday pendant les impulsions de champ magnétique.

[1] Faraday glass M18 (<http://www.kigre.com>)

[2] www.picotech.com/picoscope2200



PIEGE ELECTRIQUE POUR PARTICULES CHARGEES

N. Castagna¹, A. Godeau², B. Darquié², R. Dubessy², S. K. Tokunaga², F. Wiotte², A. Kaladjian², P.E. Pottier¹, S. Guibal³ et C. Daussy²

¹ SYRTE, UMR 8630, Observatoire de Paris, UMPC, CNRS, 61, Av. de l'Observatoire, 75014 Paris, France

² Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, Laboratoire de Physique des Lasers, F-93430 Villetaneuse, France

³ Univ. Paris Diderot, Lab. Mat. & Phénomènes Quant., UMR 7162, CNRS, 75205 Paris, France
christophe.daussy@univ-paris13.fr

RÉSUMÉ

Un piège à particules chargées de démonstration a été développé afin d'expliquer pédagogiquement au plus grand nombre une des briques élémentaires des expériences de physique atomique présente dans de nombreux laboratoires. L'objectif principal est d'illustrer le principe du piégeage de particules chargées, principe mis en œuvre de façon exemplaire dans les horloges à ion unique. Les pièges électriques permettent également d'illustrer un principe de physique simple, l'équilibre dynamique. Ce principe est présenté et expliqué au public grâce à un analogue mécanique : un piège en forme de selle de cheval, mis en rotation, et sur lequel est observée la localisation d'une petite balle.

MOTS-CLEFS : *pièges à ions, métrologie*

La métrologie du temps et des fréquences s'appuie sur les étalons de fréquences naturels que sont les transitions entre niveaux électroniques d'atomes. Afin d'augmenter le rapport signal à bruit de ces expériences il est nécessaire de refroidir ces atomes et ultimement de les confiner dans des pièges magnétiques ou électriques : il est ainsi possible d'augmenter le temps utile pour faire des mesures. Ces pièges sont également utilisés pour produire des condensats de Bose-Einstein et étudier des propriétés fondamentales de la matière.

Il est possible d'utiliser des pièges électriques pour particules chargées permettant de générer des forces importantes, et de piéger des particules chargées (de taille sub-millimétrique mais visibles à l'œil nu) en suspension dans l'air. Un piège macroscopique a ainsi été réalisé au Laboratoire de Physique des Lasers. Un analogue mécanique, sous la forme d'une pièce en forme de selle de cheval mise en rotation (représentant le potentiel) sur laquelle est placée, en équilibre, une bille (représentant la particule piégée) a également été développé. Ces deux expériences seront présentées au public à l'occasion de la conférence Optique Paris 13.

Ce projet pédagogique a été soutenu financièrement par le CNRS et le Labex FIRST-TF.

LES FONTAINES LASER AU LABORATOIRE DE PHYSIQUE DES LASERS

S. Forget, C. Daussy, A. Kaladjian, F. Wiotte, P.E. Pottie¹

Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, Laboratoire de Physique des Lasers, F-93430
Villetaneuse, France

communication-LPL@univ-paris13.fr

RÉSUMÉ

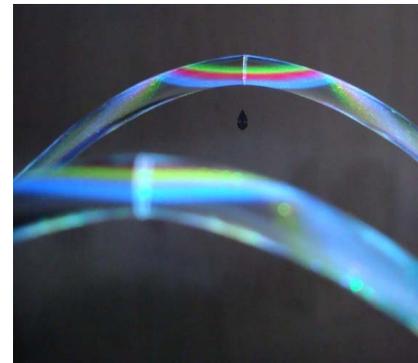
Nous proposons de passer en revue les différentes fontaines laser développées depuis 5 ans au Laboratoire de Physique des Lasers. Depuis le modèle de base à la fontaine géante, en passant par des dispositifs plus modestes, nous montrerons les astuces techniques et les ramifications pédagogiques ayant rendu cette expérience incontournable dans les fêtes de la science et autres manifestations de vulgarisation scientifiques auxquelles nous participons régulièrement.

MOTS-CLEFS : *laser ; fibre optique ; mélange de couleurs*

La première fontaine lumineuse répertoriée fut l'œuvre du savant genevois Jean-Daniel Colladon, au milieu du XIX^{ème} siècle, qui eut l'idée lumineuse de concentrer les rayons issus d'une lampe sur l'embouchure du jet d'eau créé par un réservoir percé. Le principe fut ensuite repris par John Tyndall à Londres, avant que les fontaines lumineuses ne connaissent un succès spectaculaire à la fin du 19^{ème} siècle. Nous avons repris ce principe en 2007, avec des lasers cette fois, et développé le concept depuis pour en faire un outil de vulgarisation incontournable lors de nos démonstrations de vulgarisation scientifique.

La fontaine pour imiter les fibres optiques

Si les premières fontaines lasers furent des objets de curiosité à usage essentiellement récréatif, elles présentent de plus un intérêt pédagogique très important : ce sont de très bons modèles pour expliquer simplement (et visuellement !) le guidage de la lumière par réflexion totale, et ainsi se transformer en spectaculaires versions macroscopiques des fibres optiques. L'utilisation de lasers, très directs, permet de visualiser « en vrai » le trajet du faisceau lumineux lors des premières réflexions totales.



La fontaine pour mélanger des couleurs.

Au bout d'un très petit nombre de réflexions totales, la lumière se retrouve répartie un peu partout dans le jet. On peut profiter de cela pour réaliser une démonstration simple de la synthèse additive des couleurs. Pour ce faire, il suffit d'injecter trois faisceaux lasers (un vert, un bleu, un rouge, les trois couleurs primaires) dans un même jet d'eau. En modifiant l'intensité de ces trois lasers, on peut faire varier la couleur du jet d'eau et obtenir toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, et même plus...

La fontaine Laser Géante, mini-fontaine à 10 euros

A l'occasion des 50 ans du laser, nous avons proposé une expérience spectaculaire et emblématique, mêlant art et science, autour du concept de la fontaine laser. Nous avons également développé un système minimaliste permettant d'observer les mêmes effets pour un coût inférieur à 10 euros, afin de pouvoir effectuer cette démonstration simplement en classe.

¹ Nouvelle adresse : PE Pottie, SYRTE, UMR 8630, Observatoire de Paris, UMPC, CNRS, 61, Av. de l'Observatoire, 75014 Paris, France

GENERATION DES SIGNAUX MICROONDES PAR HETERODYNE OPTIQUE POUR PEDAGOGIE

Ignacio E. Zaldívar-Huerta¹, Alejandro García-Juárez², Jorge Rodríguez-Asomoza³ et Antonio Baylón-Fuentes⁴

¹Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), Puebla, México

²Universidad de Sonora (UNISON), Depto. de Inv. en Física, Hermosillo, Sonora, México

³Universidad de las Américas Puebla (UDLAP), Cholula, Puebla, México

⁴Institut FEMTO-ST, Université de Franche-Comté, CNRS UMR 6174, F-25030 Besançon, France

zaldivar@inaoep.mx

Nous présentons pour but pédagogique la réalisation expérimentale de génération des signaux microondes dans une plage de 0,0-10,0 GHz en utilisant la détection hétérodyne optique. Les signaux générés par cette technique sont utilisés pour mesurer les puissances réfléchies d'antennes dans la gamme de fréquences 0,0-3,0 GHz. Les résultats sont comparés avec ceux obtenus par la technique électrique classique. Nous démontrons que cette technique est très adéquate à la pédagogie. Le principe de la détection hétérodyne optique repose sur un processus physique appelé battement optique. Pour la mise en œuvre, deux lasers sont utilisés avec longueurs d'onde d'émission λ_1 et λ_2 , le deuxième étant accordable. Un photo-détecteur rapide permet d'obtenir le photo-courant qui résulte de la différence de fréquence entre les deux sources optiques par un battement optique. Le schème illustré sur la Figure 1 est utilisé pour la mise en œuvre expérimentale de génération de signaux microondes utilisant un laser DFB accordable dans une plage de 1528,77-1563,05 nm, et un laser DFB dont la longueur d'onde est centrée à 1550nm. Les signaux optiques émis par les sources sont couplés à des isolateurs optiques afin d'éviter perturbations dues aux réflexions. Une paire de contrôleurs de polarisation permet de régler la polarisation de lumière de chaque laser. Les faisceaux optiques sont combinés à l'aide d'un coupleur optique. Un port à la sortie du coupleur est branché sur un photo-détecteur rapide. Le signal électrique délivré par le photo-détecteur est analysé par un analyseur de spectres électriques. L'autre port à la sortie du coupleur est connecté à un analyseur de spectres optiques. Pour obtenir un signal micro-onde, on polarise d'abord le DFB laser. Ensuite, le laser DFB accordable est polarisé et accordé à la longueur d'onde centrale du laser DFB fixe.

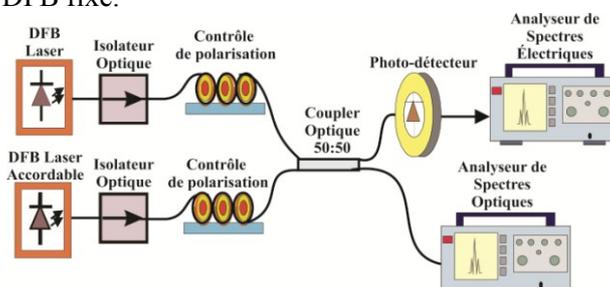


Fig. 1 : Schème de détection hétérodyne optique pour générer des microondes

Nous allons utiliser cette technique pour mesurer la puissance de réflexion sur deux antennes: un type S10L dipôle/2, et un autre type patch. Nous avons démontré expérimentalement la génération des fréquences microondes dans la gamme de fréquences 0,0-10,0 GHz en utilisant la détection hétérodyne optique. La différence en fréquence entre les deux sources optiques peut être réglée à une fréquence souhaitée dans la gamme des GHz. Nous avons mesuré la puissance réfléchie d'antennes dans la gamme de fréquences 0,0-3,0 GHz en utilisant des signaux microondes générés. Résultats de mesure électriques et photoniques sont en bon accord. Dans ce travail cette technique photonique a été introduite à la pédagogie.

INDEX DES AUTEURS

Akalin, T.	101	Buckle, M.	53
Allain, A.	122	Bureau, B.	107
Allonas, X.	99	Camps, T.	93
Alouini, M.	101, 109, 113	Camy, P.	107
Amela-Cortes, M.	51	Canva, Michael	141
Amra, C.	118, 126, 131	Canva, Michael	161
Amy-Klein, A.	58	Cardin, J.	159
Antonelli, M.R.	6	Carré, A.	101
Antoni, T.	165	Carré, C.	97, 99
Argence, B.	58	Castagna, N.	177
Arguel, P.	17, 175	Castro, R.	53
Ayew, G.	36	Ceolato, R.	173, 174
Bachelot, R.	50	Chakaroun, Mahmoud	36, 38, 70, 72
Baili, G.	101	Chakaroun, Mahmoud	66
Bailleul, J.	137	Chamtouri, M.	141
Ballon, G.	176	Chan Yong, A.	97, 99
Barat, David	93	Chan, C.-H.	36
Barbot, A.	56	Chanteau, B.	58
Bardinal, V.	93	Chardonnet, C.	58
Barjean, K.	95	Charrier, J.	143
Barreaux, J.	135	Chatel, B.	10
Barsella, A.	55	Chauvet, M.	133
Baudoz, P.	41	Chen, C.-C.	36
Baylón-Fuentes, A.	179	Chevalier, P.	145
Beaurepaire, E.	128	Chommy, H.	117
Beck, A.	101	Circu, V.	51
Belacel, C.	139	Cleva, F.	101
Ben Belgacem, M.	55	Coens, Anthony	36, 72
Benali, A.	6	Cognet, L.	76
Bénalloul, P.	78	Coinon, C.	101
Benisty, Henri	147	Coolen, L.	78, 139
Bercy, A.	58	Cordier, S.	51
Berthelot, J.	48	Coudreau, T.	63
Besbes, M.	141	Coulon, J.-P.	101
Bibring, J.-P.	40	Couto-Rosado, L.	175
Bienstman, P.	12	Coutrot, A.-L.	141
Bigourdan, F.	139	Crespo-Monteiro, N.	13
Bittner, S.	68	Dambre, J.	12
Bolaños, W.	107	Danion, G.	101
Bondu, F.	101	Daran, E.	93
Bonnassieux, Y.	81	Darquié, B.	58, 177
Bonod, N.	29	Daussy, C.	20, 177, 178
Bouchier, A.	175	De Martino, A.	6
Bouchon, P.	145, 155	De, S.	109
Boudrioua, Azzedine	36, 38, 70, 72, 88	Debailleul, M.	137
Boudrioua, Azzedine	66	Débarre, A.	163
Bouhelier, A.	48	Débarre, D.	128
Bouhier, S.	101	Delaunay, W.	34
Bouit, P.-A.	34	Delezoide, C.	53
Bourderionnet, J.	101	Delva, P.	170
Bourdoux, M.	176	Derbal-Habak, H.	81
Braud, A.	107	Derelle, S.	149
Bretenaker, F.	109	Destouches, N.	13
Briant, T.	20, 170	Devaux, F.	103, 105
Brillet, A.	101	Di Bin, C.	56
Brunel, M.	101, 135	Didier, M.	124
Bruyant, A.	93	Dika, I.	93

Do, M.T.	147	Gusachenko, I.	122
Dollat, X.	175	Habert, B.	139
Dorkenoo, K.D.(.	55	Haeberlé, O.	137
Doualan, J.-L.	107	Haïdar, R.	145, 149, 155, 167
Doucet, J.-B.	93	Haj-Ibrahim, B.	6
Drigo, L.	176	Hamel, C.	101
Dubertret, B.	139	Haroche, S.	1
Dubessy, R.	177	Heggarty, K.	97
Dubois, A.	115	Henry, P.	137
Ducci, S.	74	Hissler, M.	34
Ducourneau, G.	101	Hsia, P.	151
Dufour, C.	159	Hugon, O.	120
Dulin, D.	117	Hugonin, J.-P.	139
Dupont, L.	51	Ibrahim, A.	99
Echard, J.-P.	124	Jacques, E.	51
El Amili, A.	109	Jacquin, O.	120
Escarguel, A.	171	Jaeck, J.	149, 167
Estruch, T.	149	Jaouen, M.	153
Ettori, D.	95	Javaux, C.	139
Fabert, M.	111	Jean, S.	80
Fabre, C.	18	Jeney, S.	8
Fade, J.	113	Joly, D.	34
Fallet, C.	6	Kaiser, F.	63
Fanchon, J.	175	Kaladjian, A.	177, 178
Farha, R.	78	Kim, B.	165
Fauré, M.-C.	78	Labastie, P.	169
Federici, A.	115	Labroille, G.	128
Ferdinand, P.	60	Lacot, E.	120
Feugnet, G.	109	Lafargue, C.	68
Fiers, M.	12	Lafosse, Xavier	139
Fink, M.	46	Lahaye, T.	169
Fischer, Alexis	66	Lai, Ngoc Diep	86
Fischer, Alexis	36, 70	Lai, Ngoc Diep	147
Fischer, Alexis	38, 72	Lampin, J.-F.	101
Fizman, N.	117	Lancry, M.	15
Folliot, H.	51	Lantz, E.	103, 105
Forget, S.	178	Laroche, M.	159
Franc, B.	175	Latour, G.	122, 124
Frein, L.	101	Lautru, Joseph	53
Gallais, L.	111	Lautru, Joseph	68
Galtier, Sandrine	170	Le Coq, Y.	58
Ganibal, C.	175	Le Gall, A.	117
García-Juárez, A.	179	Lebental, M.	68
Garcia-Parajo, M.	157	Ledoux-Rak, Isabelle	86
Geffroy, B.	34, 81	Ledoux-Rak, Isabelle	147
George, S.	176	Ledoux-Rak, Isabelle	53
Ghabbach, A.	118	Lefèvre, Hervé	24
Gilles, H.	159	Lemoult, F.	46
Girard, S.	159	Léotin, J.	176
Glastre, W.	120	Lequime, M.	118, 126
Godeau, A.	177	Lerosey, G.	46
Goldmann, M.	78	Letartre, X.	89
Goulam Houssen, Y.	122	Lévesque, Q.	155
Grasset, F.	51	Ley, C.	99
Greffet, J.-J.	27, 139	Li, Q.	147
Griffete, N.	78	Liu, H.	137
Grosjean, T.	44	Liukaityte, S.	126
Guenneau, S.	131	Livet, J.	128
Guennouni-Assimi, Z.	78	Loas, G.	101, 109
Guibal, S.	177	Lopez, O.	58
Guillet De Chatellus, H.	120	Loulier, K.	128

Loumaigne, M.	163	Pontillon, Y.	111
Lozes, F.	175	Pottie, P.E.	58, 177, 178
Lucas, B.	56	Poumellec, B.	15
Lucas, E.	167	Prévôt, M.	51
Lüders, U.	159	Primot, J.	149
Mager, L.	55	Punj, D.	157
Mahou, P.	128	Quetel, L.	107
Maillart, E.	161	Quintin, N.	58
Maître, A.	78, 139	Rai, P.	48
Malval, J.-P.	93	Ratier, B.	56
Mangeney, C.	78	Réau, R.	34
Marcoul, P.	175	Reig, B.	93
Marquier, F.	27, 139	Renaud, C.	32
Mathevet, R.	169	Renault, M.	93
Matho, K.	128	Reversez, G.	133
Mauffret, A.	175	Rigneault, H.	157
Merzougui, M.	101	Rivière, N.	173, 174
Michel, K.	107	Roblin, M.	159
Milman, P.	63	Roca I Cabarrocas, P.	23
Mivelle, M.	157	Rodríguez-Asomoza, J.	179
Molard, Y.	51	Rolland, A.	101
Moldovan, D.	27	Romanelli, Marco	135
Moparhi, S.	157	Rosencher, E.	167
Moreau, Julien	161	Rumyantseva, A.	93
Moreau, Julien	141	Saguy, M.	117
Morin, X.	128	Santarelli, G.	58
Morvan, L.	101	Sarkar, M.	141
Najar, A.	143	Schanne-Klein, M.-C.	122, 124
Namy, O.	117	Schaub, E.	113
Nazabal, V.	107, 133	Schneider, B.	12
Nazac, A.	6	Schrauwen, B.	12
Neaime, C.	51	Schwartz, S.	109
Nemec, P.	133	Schwob, C.	78, 139
Nguyen, C.T.	53	Senellart, P.	139
Nguyen, Q.L.	86	Sereda, A.	161
Nguyen, Thi Thanh Ngan	86	Simon, B.	137
Nguyen, Thi Thanh Ngan	147	Sirven, J.-B.	21
Nicolodi, D.	58	Sobeshchuk, N.	68
Noguès, C.	53	Solard, Jeanne	36, 38, 72
Novikova, T.	6	Soppera, O.	93
Olivier, M.	133	Soriano, G.	118
Ordonez-Miranda, J.	165	Spira, R.	19
Ostrowsky, D.	63	Stamboul, M.	163
Pac, M.-J.	137	Stefani, F.	58
Paques, M.	92	Stolz, A.	48
Pardo, F.	31, 145, 149, 155	Supatto, W.	128
Pelé, A.L.	107	Tanzilli, Sébastien	63
Pelouard, J.-L.	145, 155	Tardin, C.	2
Peresse, F.	99	Tchahame, J.	133
Perrin, G.	43	Thévenin, J.	135
Perronet, K.	117	Tinet, E.	95
Petiteau, D.	131	Tokunaga, S.K.	177
Peytavit, E.	101	Tondelier, D.	34, 81
Phan, N.H.	78	Tran, V.	122
Pierangelo, A.	6	Tranchant, L.	165
Pigeon, F.	13	Troles, Johan	107
Pillet, G.	101, 135	Tualle, J.-M.	95
Pillin, I.	97	Tuilier, M.-H.	137
Pirasteh, P.	143	Validire, P.	6
Pissondes, J.-C.	172	Vallet, M.	101, 135
Pocholle, J.-P.	109	Van Hulst, N.	157

Van Vaerenbergh, T.	12	Wang, L.	135
Van Zanten, T.	157	Wenger, J.	157
Vandoorne, K.	12	Werts, M.	163
Vasanthakumar, P.	163	Westbrook, N.	117
Vassant, S.	27	Wiotte, F.	177, 178
Ventalon, C.	4	Zaknoune, M.	101
Vest, B.	167	Zaldívar-Huerta, I.	179
Vignaud, G.	97	Zeng, L.	70
Vincent, G.	149	Zerrad, M.	118, 126, 131
Vitrant, G.	13	Zimmerley, M.	128
Voliotis, V.	170	Zyss, Joseph	53
Volz, S.	165	Zyss, Joseph	68, 86
Wallart, X.	101		