

Photoniques

La revue des solutions optiques



Vitrine de l'innovation 2009

Des Photons pour
Imagine Eyes,
IDIL Fibres Optiques
et Quantel Medical



Cahier technique Dossier « Photovoltaïque »

Focus POPsud
Le Sud-Est, terre de lumière



Opticiens célèbres : David Brewster ■ Comprendre les senseurs inertiels basés sur l'interférométrie atomique ■ Appliquer la vision 3D pour optimiser la découpe de viande ■ Acheter un éclairage pour la vision industrielle

vitrine de l'innovation 2009

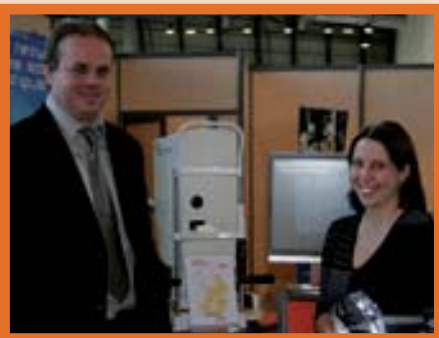
Lauréats des photons



À l'issue du vote des 15 membres du Comité de rédaction de Photoniques et de plus de cent visiteurs inscrits sur le site photoniques.com, les Photons 2009 de la Vitrine de l'Innovation, organisée par Photoniques, la SFO et l'AFOP, ont été attribués : Photon d'or : Imagine Eyes ; Photon d'argent : IDIL Fibres Optiques ; Photon de bronze : Quantel Medical. Les trois lauréats de la Vitrine de l'Innovation 2009 ont reçu leur trophée le 18 novembre, lors du salon PRI-Photon Recherche Industrie.



➤ Photon d'or : Imagine Eyes • Caméra fond d'oeil à optique adaptative



L'AO FIFC (*Adaptive Optics Flood Illumination Fundus Camera* ou Caméra fond d'oeil à optique adaptative) est un prototype développé lors du projet INOVEO—consortium de 11 partenaires industriels, académiques et médicaux français. Il permet d'acquérir des images d'un champ de $4 \times 4^\circ$, soit $1200 \times 1200 \mu\text{m}$, à une résolution allant jusqu'à $3 \mu\text{m}$, suffisante pour visualiser clairement les photorécepteurs (cônes) *in vivo*, des microvaisseaux et d'autres

microstructures de la rétine. L'AO FIFC sera mise en place dans environ 30 centres d'investigation clinique entre 2010 et 2012, suivi par les essais cliniques pour marquage CE/FDA dans plus de centres.

Imagine Eyes, fondée en 2003, conçoit et commercialise les technologies basées sur l'optique adaptative et l'analyse de front d'onde pour les applications ophtalmiques.

www.imagine-eyes.com

➤ Photon d'argent : IDIL Fibres Optiques • Baie de mesure industrielle de vélocimétrie hétérodyne



IDIL Fibres Optiques a développé sous licence du Commissariat à l'énergie atomique (DAM/Île de France), les premières baies de mesure industrielles de vélocimétrie hétérodyne. Cette technologie développée par une équipe d'ingénieurs dirigée par David Assous, issue des travaux de recherche dans le domaine de la détonique, permet la mesure de vitesses (uniques ou multiples) dans la gamme 0 à 20 kilomètres par seconde avec une excellente résolution temporelle. Le système est livré avec un logiciel de dé-

pouillement basé sur un algorithme de transformée de Fourier glissante, qui autorise une visualisation rapide des champs de vitesse. Elle permet des mesures multi-vitesses. Cette technologie trouve ses applications dans les domaines de la détonique et des plasmas.

IDIL Fibres Optiques, créée en 1995 et spécialiste de l'optoélectronique, développe des systèmes à base de laser et de fibres optiques pour des applications industrielles, de défense et de recherche.

www.idil.fr

➤ Photon de bronze : Quantel Médical • Laser Supra 577.Y utilisé pour la photocoagulation maculaire



Longtemps considéré comme la référence en matière de photocoagulation, la longueur d'onde 577 nm avait fait son apparition sur les anciens lasers « Dye », il y a une vingtaine d'années, pour le traitement des affections rétinienne et maculaire, mais les nouvelles générations de cavités *solid state* avaient dû laisser place au 561 nm, un « jaune vert » moins performant. En 2008, le défi technologique est relevé par Quantel Medical qui lance le Supra 577.Y, laser *solid state* 577 nm. La longueur d'onde 577 nm est

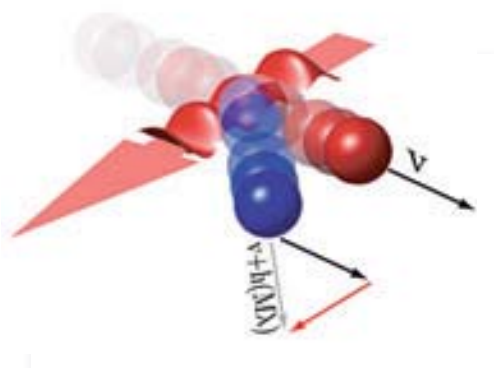
la plus sûre et efficace pour le traitement des affections rétinienne et maculaire, et la douleur est moindre pour le patient. Le Supra 577.Y a été entièrement développé en France, aux Ulis. Sa mise sur le marché a été annoncée le 1^{er} décembre 2008.

Quantel Medical, créée en 1993, développe et commercialise une gamme complète d'échographes oculaires pour le diagnostic et de lasers pour le traitement.

www.quantel-medical.fr



Focus POPsud : le Sud-Est, terre de lumière



Comprendre l'interférométrie atomique
Philippe Bouyer, prix Jean-Jerphagnon



Cahier technique : dossier « Photovoltaïque »



© Laser Components

Acheter un éclairage pour la vision industrielle

Editorial2
Société française d'optique3

L'OPTIQUE EN FRANCE

AFOP5
ALPhA6
Anticipa Lannion7
Pôle ORA8
Rhenaphotonics Alsace9
POPsud10

ACTUALITÉS

Actualités - Prix et distinctions11
Actualités - R&D14
Actualités - Sociétés16
Actualités - Carnet, «Lu, vu, entendu»18
Actualités - Formations19
Actualités - Salons20
Agenda22

CAHIER SPÉCIAL focus POPsud

Le Sud-Est, terre de lumière24
Présentation de sociétés et structures des régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon27

OPTICIENS CÉLÈBRES

David Brewster – *Riad Haïdar*32
Les biographies d'opticiens célèbres parues en 200933

DÉCOUVRIR

Appliquer la vision 3D pour optimiser la découpe de viande
Mickaël Sauvée et Hervé Turchi34
Comprendre les senseurs inertiels basés sur l'interférométrie atomique – *Philippe Bouyer*38

CAHIER TECHNIQUE

Dossier «Photovoltaïque»40
État de l'art et évolution du domaine de la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire – *Daniel Lincot*41
Le silicium pour le photovoltaïque, de la silice au module
Yannick Veschetti47
Cellules solaires et photonique organique – *Judikaël Le Rouzo et al.*50

PRODUITS

Acheter un éclairage pour la vision industrielle – *Xavier Savin*54
Nouveaux produits57
Liste des annonceurs57
Liste des entreprises citées60

En III^e de couverture :
Au sommaire du prochain numéro...

À chaque année suffit sa peine... et 2009 se termine. Ouf, car cette année aura été rude ! Avouons que, pour « faire face », les journées auront été chargées. Mais les difficultés de cette année un peu noire n'auront – je l'espère pour chacun d'entre vous ! – pas empêché les petits et grands bonheurs de la vie. Gardons-en donc les bons souvenirs et souhaitons-nous, à tous, une meilleure année 2010, plus fructueuse, plus sereine, plus optimiste !

Comme vous, Photoniques envisage l'année à venir avec l'impatience de « voir comment les choses vont tourner », en essayant de devancer les difficultés. Ainsi, pour tenir compte du manque de visibilité actuel de nos annonceurs (que nous ne remercierons jamais assez pour leur fidélité dans la tempête !), nous avons pris la décision de différer un peu le premier numéro de l'année et de ne faire paraître que deux numéros sur le premier semestre.

Mais ne nous y trompons pas, lecteurs et annonceurs n'y perdront pas au change : le premier numéro proposera un focus « Laser et procédés – Espace Laser 2010 » et un cahier technique « Optique et diagnostic médical », le deuxième un focus « Formations en optique » et un dossier « 50 ans du laser ». Ajoutés aux contenus éditoriaux variés que nous propose le comité de rédaction et aux actualités dont nous nous faisons l'écho, ce seront de beaux numéros !

Car, oui, en 2010, le laser aura 50 ans et un demi-siècle, ça se fête ! Pour découvrir – ou redécouvrir – la richesse de ce domaine à travers des articles sur les différentes technologies et ses multiples applications, Photoniques vous proposera, en plus d'un cahier technique dédié au laser et d'un focus consacré aux procédés laser en lien avec le salon Espace laser, un article « 50 ans du laser » dans chaque numéro de 2010, dans la rubrique Découvrir, et une biographie d'opticien célèbre lié au laser...

En attendant, si le manque de soleil vous pèse, allez plonger dans une autre source de lumière et d'énergie : le soleil vous attend dans le dossier Photovoltaïque de ce numéro !

Bonne lecture et...

Bonne année à tous !

Véronique Parasote
Rédactrice en chef
v.parasote@photoniques.com



Photoniques

la revue des solutions optiques
52-54, avenue du 8-mai-1945
95200 Sarcelles
Tél. : 33 (0)1 34 04 23 23
Fax : 33 (0)1 34 38 13 99
www.photoniques.com



Photoniques est la revue de la
Société française d'optique
Campus Polytechnique
RD 128, 91127 Palaiseau cedex (France)
joelle.bourges@france-optique.org

Tél. : 33 (0)1 64 53 31 82
Fax : 33 (0)1 64 53 31 84

» Directeur de publication Jean-Paul Abadie
jp.abadie@photoniques.com

» Rédactrice en chef Véronique Parasote
Tél. : 33 (0)9 60 05 32 66
v.parasote@photoniques.com

» Journaliste Audrey Loubens

» Ont participé à la rédaction de ce numéro
Philippe Bouyer (Institut d'optique), Riad Haïdar (Onera),
Michel Lequime (Institut Fresnel /SFO),
Judikaël Le Rouzo (IM2NP), Daniel Lincot (IRDEP),
Mickaël Sauvée (Alci), Xavier Savin (Visionic),
Yannick Veschetti (CEA-INES)

» Publicité Annie Keller
Mobile : 33 (0)6 74 89 11 47
Tél/Fax : 33 (0)1 69 28 33 69
a.keller@photoniques.com

» Assistante Olga Sortais
o.sortais@photoniques.com

» Rédactrice-graphiste Jacqueline Solitude
j.solitude@photoniques.com

» Comité de rédaction
Philippe Aubourg (Quantel),
Jean-Luc Ayrat (Force-A),
Didier-Luc Brunet (Horiba Jobin Yvon),
Jean Cornillaut (SFO),
Fabien Ghez (Thales Laser),
Philippe Goupilleau (BFI Optilas),
Laurent Greulich (Laser 2000),
Riad Haïdar (Onera),
Wolfgang Knapp (Club Laser et procédés),
André Masson (Angénieux),
Guy Mesquida (Avanex),
Jean-Michel Mur (Club Optique),
François Piuze (CEA Saclay),
Didier Pribat (École Polytechnique),
Marie-Claire Schanne-Klein (Ecole Polytechnique),
Costel Subran (Opton Laser International).

» Gestion des abonnements
Photoniques
52-54, avenue du 8-mai-1945
95200 Sarcelles
Tél. : 33 (0)1 34 04 23 23
Fax : 33 (0)1 34 38 13 99
photoniques@photoniques.com

» Abonnements (6 numéros par an) :
France : 60 euros,
UE, Suisse : 74 euros,
autres pays : 80 euros,
étudiants (à titre individuel et sur justificatif) : 38 euros.
Règlements à l'ordre d'Éditorial Assistance

Photoniques est édité par Éditorial Assistance sarl
52-54, avenue du 8-Mai-1945
95200 Sarcelles
RCS Pontoise B 391 143 179
ISSN : 1629-4475
CPPAP : 1005 G 80654

» Dépôt légal à parution Impression SPEI (54)

» Routage Routage 93 (93)



Le mot du Président

« Le 6 octobre dernier, le Prix Nobel a été attribué à Charles Kao pour ses travaux sur les télécommunications par fibre optique, ainsi qu'à Willard Boyle et George Smith pour leur invention du capteur CCD. À travers eux, c'est toute la communauté de la Photonique qui est honorée : c'est sur la base des découvertes de ces pionniers qu'ont été mises au point des technologies, puis des produits commerciaux à l'impact planétaire : la Terre est maintenant une véritable pelote de fibres optiques qui véhiculent un gigantesque flot de paroles, d'images et de données informatiques. Les capteurs CCD sont eux aussi omniprésents, dans les appareils photographiques, les caméras, les téléphones portables, les microscopes et les télescopes. Ils génèrent à leur tour des quantités gigantesques d'images numérisées. Ainsi les découvertes couronnées cette année ont induit en quelques décennies une transformation de notre vie quotidienne qu'aucun futurologue des années soixante, époque de ces découvertes, n'aurait osé envisager.

Cet heureux évènement nous donne l'occasion de nous pencher sur les Prix Nobel décernés à des découvertes effectuées dans le domaine de l'optique/photonique. Si on inclut comme il se doit la spectroscopie dans l'optique, la liste est la suivante : 1907 : Michelson pour l'interférométrie ; 1908 : Lippmann pour la photographie en couleur ; 1921 : Einstein pour le photon ; 1930 : Raman pour son effet ; 1953 : Zernike pour le microscope à contraste de phase ; 1964 : Townes, Basov et Prokhorov pour l'invention du maser-laser ; 1966 : Kastler pour le pompage optique ; 1971 : Gabor pour l'holographie ; 1981 : Bloembergen et Schawlow pour l'optique non linéaire et la spectroscopie laser ; 1997 : Chu, Cohen-Tannoudji et Phillips pour le refroidissement laser d'atomes ; 2000 : Alferov pour les hétérostructures pour l'optoélectronique ; 2001 : Cornell, Ketterle et Wieman pour la condensation de Bose-Einstein d'atomes par laser ; 2005 : Glauber pour l'optique quantique, Hall et Hänsch pour la métrologie par impulsions femtosecondes ; enfin en 2009 : Kao, Boyle et Smith.

Cette liste de 25 noms (sur un total de 183) est un excellent baromètre de l'importance relative de notre discipline au sein de la physique. Force est de constater qu'elle est marginale dans la première moitié du XX^e siècle : cinq prix seulement en 53 ans ! Le Prix Nobel de 1964 attribuée au maser-laser marque le début d'une spectaculaire accélération : sept ans seulement pour les cinq prix suivants, qui tourne au triomphe depuis le début du XXI^e siècle : dix lauréats sur les 28 couronnés depuis 2000 ! Notons que les découvertes ainsi « nobélisées » sont, depuis 1964, liées d'une manière ou d'une autre au laser, qui apparaît comme la découverte majeure de notre discipline, à qui nous devons cet extraordinaire renouveau. C'est donc à juste titre que nous célébrerons le cinquantenaire de sa découverte en 2010. »

Claude FABRE • fabre@spectro.jussieu.fr

Devenez
membre
de la



Vous bénéficierez de ses nombreux services :

- revue Photoniques
- tarifs préférentiels pour certaines conférences
- site Internet et bourse de l'emploi
- aide pour l'organisation de conférence
- adhésion à l'European Optical Society
- annuaire
- réseau de professionnels et clubs
- informations actualisées

Contactez-nous :

Joëlle Bourges - 33 (0)1 64 53 31 82

joelle.bourges@institutoptique.fr

Une seule adresse : www.sfoptique.org !

L'AGENDA

» La SFO organise, parraine et publie les conférences qui vous intéressent : www.sfoptique.org rubrique actualités/conférences

» Conférences parrainées :

• 3rd International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)

10-12 décembre 2009 • Angers

L'université d'Angers accueille la troisième édition de l'ICTON-MW.

<http://ead.univ-angers.fr/~sahraoui/icton/>

• Colloque interdisciplinaire en instrumentation (C2I)

26-27 janvier 2010 • Le Mans

La cinquième édition du colloque est organisée en France par l'ENSIM.

www.c2i2010-lemans.org

• OPTRO 2010 – International Symposium on Optonics in Defense and Security

3-5 février 2010 • Paris

Quatrième édition d'OPTRO organisée par l'Association aéronautique astronautique de France (3AF), en partenariat avec la SFO.

www.optro2010.com

À lire aussi



« Le prix Nobel de physique 2009 récompense un trio lumineux »
Photoniques n° 43, page 14





► Optique adaptative multi conjuguée et optique adaptative extrême

Interview de Thierry FUSCO, Prix Fabry-de Gramont 2009

Quel a été votre parcours et la manière dont vous avez été conduit à vous intéresser à l'optique adaptative ?

Après une formation universitaire classique à l'Université de Nice, qui s'est conclue par un stage de master recherche en astrophysique et instrumentation à l'Onera, dans l'équipe Haute résolution angulaire, j'ai effectué ma thèse en optique adaptative dans cette même équipe, dans laquelle je travaille aujourd'hui comme permanent.

Il est important de rappeler que l'Optique Adaptative vise à corriger en temps réel les effets de la turbulence atmosphérique sur la qualité image obtenue au foyer des grands télescopes terrestres. Pour ce faire, l'optique adaptative combine un analyseur de front d'onde et un élément correcteur de type miroir déformable, les deux étant reliés par un ordinateur, l'analyse et la correction s'effectuant plusieurs centaines de fois par seconde.

Que recouvrent les appellations « optique adaptative multi conjuguée » et « optique adaptative extrême » ?

L'optique adaptative classique ne permet de corriger les effets de la turbulence que lorsque le télescope d'observation est pointé sur une étoile brillante et que l'on s'intéresse à un champ faible au voisinage de cette étoile. Or les astronomes sont désireux de pouvoir observer avec la même qualité une multitude d'objets très faibles répartis dans un champ de vue important.

L'optique adaptative multi conjuguée cherche à répondre à ce besoin en utilisant quelques étoiles brillantes présentes dans le champ du télescope pour reconstruire, par tomographie, la totalité du volume atmosphérique sondé par le télescope et permettre ainsi une correction des effets de la turbulence sur la totalité de ce champ de vue.

A l'inverse, l'optique adaptative extrême va chercher à améliorer la qualité de la correction, mais uniquement au voisinage de l'étoile brillante. Le flux émis par cette étoile pourra être alors atténué de manière extrêmement efficace (typiquement 10^6) par l'utilisation combinée d'un dispositif de type coronagraphique et d'un traitement d'image optimisé, ce qui rendra ainsi possible la détection éventuelle d'une exo-planète à proximité de celle-ci. Ceci impose une maîtrise du front d'onde avec des précisions nanométriques et conduit au développement de systèmes d'optique adaptative toujours plus rapides et toujours plus précis.

Pourriez-vous nous expliquer sur quoi vous travaillez actuellement ?

A l'heure actuelle, mon travail (qui s'effectue au sein d'une équipe pluridisciplinaire d'environ 20 personnes associant optique, automatique, traitement du signal,...) consiste à la fois à mettre en œuvre des systèmes d'optique adaptative pour les télescopes existants (en particulier le système d'optique adaptative extrême SPHERE pour le Very large telescope de l'ESO, prévu pour fin 2011) et à imaginer les systèmes du futur, qui dans les 10 ou 15 prochaines années équiperont les futurs télescopes géants [ELT] de la classe des 30 à 40 m de diamètre. Pour cela, il s'agit, entre autres, de mener des recherches amont portant par exemple sur de nouveaux concepts d'analyseurs de surface d'onde ou de nouvelles stratégies d'optimisation de lois de commandes.

À lire aussi

Interview de Sébastien Tanzilli, Prix Fabry de Gramont 2008, page 12.

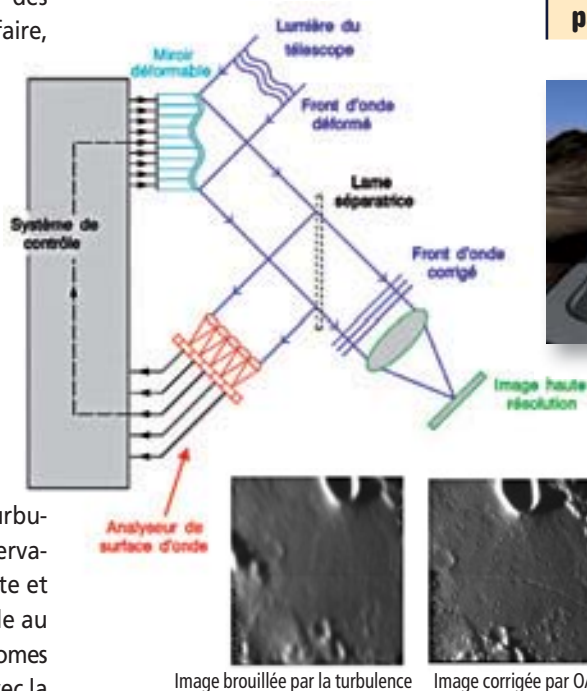
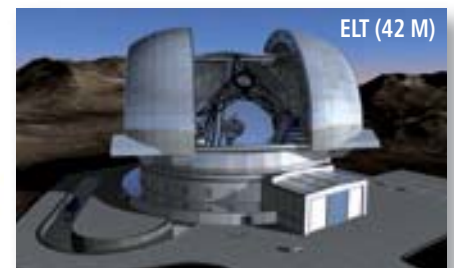


Image brouillée par la turbulence Image corrigée par OA



ELT (42 M)



VLT (8 M)

Schéma de principe d'un système d'optique adaptative et correction des effets de la turbulence sur une image de la lune prise par un télescope au sol.



NOUVEAUX ADHÉRENTS

» **Horus Laser**, dirigée par Laurent Lefort, produit des microlasers pulsés picosecondes : 1064 nm couplé sur fibre optique monomode pour la génération de super-continuum et l'amplification par fibre, 532 nm pour le lidar et 355 nm pour les biotechnologies.

www.horuslaser.com

» **Scoptique**, dirigée par David Batté, est une société de services spécialisée dans l'ingénierie optique et photonique. Elle accompagne les entreprises dans leurs programmes de recherche et dans la réalisation de prototypes ou de produits innovants en offrant toute une palette de prestations : R&D, conception, mesure, recherche de fournisseurs, réalisation de prototypes, veille technologique et concurrentielle, gestion de projet.

www.scoptique.com

BRÈVES

» Pluie de Photons pour les adhérents de l'AFOP !

Cette année, deux adhérents de l'AFOP ont reçu un Photon : Imagine Eyes (Photon d'or) pour sa caméra fond d'oeil à optique adaptative et Quantel Médical (Photon de bronze) pour son laser Supra 577.Y utilisé pour la photocoagulation maculaire. En tant que partenaire des Vitrites de l'innovation, l'AFOP a remis le Photon d'argent à la société IDIL Fibres Optiques.

» JRIOA

La 3^e édition des Journées recherche Industrie de l'optique adaptative s'est tenue du 17 au 19 novembre 2009, au Centre des Congrès de Reims, bénéficiant du soutien logistique du club Cmoi, du soutien de ses partenaires industriels (Cilas, Imagine Optic et Phasics) et des ins-



PRI 2009, un début prometteur...

Pour sa première édition, PRI a mobilisé 56 exposants et 24 partenaires. PRI-PHOTON Recherche Industrie a permis d'attirer plus de 450 visiteurs avec les congressistes Cmoi, Fluvisu et JRIOA. L'AFOP, à l'origine de ce mouvement, remercie l'ensemble des acteurs qui ont permis à PRI d'atteindre son objectif : les partenaires PRI, les pôles optiques, les clubs Cmoi et Fluvisu. PRI a fédéré les principaux acteurs de la communauté optique photonique autour d'une exposition représentative de l'industrie, ainsi que quelques événements majeurs de la profession : la Vitrine de l'innovation, le Prix de l'instrumentation de la Société de physique-chimie et la présentation de PRI 2010.

« Cette première édition de PRI a dépassé nos attentes en termes de fréquentation et de qualité de contacts. C'est une réussite à laquelle il faut associer le Cmoi et

le Palais des congrès de Reims pour leur organisation. L'annonce de l'événement 2010 à Paris regroupant notamment Opto et EOS est une excellente nouvelle. Compte tenu du succès de l'édition rémoise, PRI 2010 s'annonce sous les meilleurs auspices : l'essai ne demande qu'à être transformé ».

Patrice Benoit,
directeur associé, Optoprim.

« L'événement PRI 2009 a démontré que le monde de l'optique avait besoin de retrouver un salon dédié à ses spécificités. Pour Kerdry, la fréquentation du salon PRI a été satisfaisante au vu des contacts commerciaux qui y ont été noués. L'annonce d'un événement alliant PRI et Opto en 2010 sur Paris est la preuve qu'il fallait faire bouger les choses et les gens dans notre monde de l'optique ».

Jean-Claude Keromnès,
PDG, Kerdry.

» ... pour PRI 2010

PRI PHOTON-Recherche Industrie aura lieu du 26 au 29 octobre 2010, au Parc floral de Paris, esplanade du Château de Vincennes. En tant qu'événement fédérateur de la communauté optique photonique et plus largement de la thématique du photon, il rassemblera plusieurs manifestations : l'exposition Opto (GL Events), le congrès de l'European Optical Society (EOS), les conférences des « 50 ans du

laser » (comité 50 ans du laser), la Vitrine de l'innovation (Photoniques), la rencontre annuelle des pôles optiques (CNOP). Chacune de ces manifestations sera organisée conjointement avec PRI. Ainsi, PRI assurera l'accueil, la coordination et la communication de ces événements au travers d'actions ciblées que vous retrouverez sur le site www.salonphoton.fr. Les exposants peuvent déjà réserver leur espace !

» contact@salonphoton.fr

signal, astronomie, miroirs déformables et correcteurs de phase, applications émergentes et applications laser. Témoinnant d'un dynamisme croissant, la communauté de l'optique adaptative a d'ores et déjà décidé de se réunir l'an prochain pour une 4^e édition. Pour en savoir plus :

» www.optique-adaptative.fr
lamia.bammou@gifo.org

À lire aussi



- Les lauréats de la Vitrine de l'innovation 2009, 11^e de couverture
- Actualités - Salons : Photon Recherche Industrie 2009, page 20



Octobre, sous le signe de l'Europe

La vingtaine de clusters photoniques européens sont autant de partenaires potentiels pour développer de nouvelles technologies. Poursuivant sa feuille de route stratégique à l'international, le pôle Route des Lasers a reçu à Bordeaux, en présence de Jean-Claude Sirieys, président du CNOP, le Bayern Photonics et le cluster belge Photonique. Invité à Wetzlar (région de Francfort), la Route des Lasers a présenté ses activités lors de l'assemblée générale du pôle Optence (photo).

Connaître les activités de ses homologues est un facteur clef de succès aux appels à projets du 7^e PCRD.



De nombreux adhérents d'ALPhA participent ou viennent de déposer des demandes de financement à l'Europe et le pôle lui-même se propose, à travers Pyla, d'assurer la coordination technique d'un projet de 24 mois : EduPhotonics, qui proposera un concept innovant de formation par bloc répondant aux besoins de l'industrie. Ce projet, qui associe sept pays (France, Pays-Bas, Allemagne, Slovaquie, Espagne, Bulgarie et Royaume-Uni) et le réseau des industries photoniques européen EPIC, vient d'être déposé (cinquième appel *Objective ICT-2009.3.7 Photonics Education and Training*).

Le nano-usinage laser à Bordeaux

Le projet PULSE, porté par quatre élèves de la filière Innovation-Entrepreneurs de l'Institut d'optique Graduate School (IOGS), a pour objet le développement d'une technologie de nano-usinage par laser femtoseconde.

Ce procédé breveté (brevet École Polytechnique/CNRS/ENSTA) permettra à terme d'atteindre des résolutions de gravure nanométriques (centaine de nanomètres) sur tout type de matériaux, conjuguées aux avantages des sources femtosecondes

(interventions nettes, précises, à des cadences très élevées).

Sa validation technique fait l'objet d'une collaboration avec Amplitude Systèmes et ALPhANOV. Les premiers résultats sont extrêmement positifs : nanopérçages de diamètre inférieur à 300 nm.

Il est d'ores et déjà envisagé de poursuivre l'étude des capacités de nano-usinage en 3D pour des applications de type MEMS/NEMS.

➤ pulse.fie@gmail.com

Photonique et santé

À cœur des préoccupations de tout individu, la santé est devenue un marché stratégique pour les membres d'ALPhA-Route des lasers. La photonique propose des solutions à la fois pour le diagnostic (prévention) et la thérapeutique : ophtalmologie, neurosciences, urologie, instrumentation médicale, etc. Le pôle a donc décidé, pour la première fois, d'accompagner ses membres dans la promotion de leurs technologies en participant à Medica, le plus grand salon européen du secteur qui a eu lieu du 17 au 21 novembre 2009, à Düsseldorf.



2010, le laser a cinquante ans !

Le cinquantième anniversaire de l'invention du laser est marqué par des événements partout dans le monde.

En France, un comité d'organisation présidé par Costel Subran (Opton Laser International/CNOP) et André Ducasse (ALPhA-Route des Lasers/CNOP), coordonne les actions nationales et régionales. Il a confié à ALPhA-Route des Lasers la maîtrise d'ouvrage du site Internet :

➤ www.50ansdulaser.com

L'INPI récompense Proditec et le CPMOH

Les trophées aquitains de l'INPI, décernés le 5 novembre 2009, ont jeté un coup de projecteur sur la filière photonique aquitaine en récompensant deux des membres du pôle Route des Lasers : Proditec et le Centre de physique moléculaire optique et hertzienne (CPMOH).

➤ www.routedelasers.fr/fr/actualites/

L'AGENDA

Salon Photonics West

26 au 28 janvier 2010 •

San Francisco (USA)

Le pôle Route des lasers sera présent avec Cordouan technologies, Eolite Systems et Azur Light Systems sur le pavillon France organisé par Ubifrance. Imagine Optic et Amplitude Systèmes, présents sur leurs propres stands, se joindront aux exposants aquitains et à des industriels d'autres pôles de compétitivité français dans le cadre d'une mission partenariale.

<http://spie.org/x2584.xml>

La semaine du laser en Aquitaine

Du 13 au 20 mars 2010

Dans le cadre des événements en régions des 50 ans du laser, l'Aquitaine organise des conférences et des démonstrations grand public sur le laser, son histoire, son fonctionnement et ses applications, ainsi qu'une journée portes ouvertes dans des entreprises, laboratoires ou centres technologiques. Un bus pédagogique, aménagé comme lieu d'exposition itinérant, stationnera dans les principales villes de la région. Il sera mis à disposition par l'association Scientibus (Limoges), en collaboration avec Elopsys.

gabrielle.marre@2adi.aquitaine.fr

Invest in Photonics

18 et 19 mars 2010 • Bordeaux

La deuxième édition de la convention d'affaires internationale réunira les entreprises d'optique photonique à la recherche de partenariats financiers, technologiques et commerciaux et un panel d'investisseurs français et étrangers. Elle permettra aussi, grâce à des conférences invitées, de dresser un panorama des technologies et marchés clés dans les différents secteurs applicatifs tels que l'énergie, l'environnement, les télécommunications, la santé ou l'industrie.

www.invest-in-photonics.com



▶ Trois entreprises témoignent de la bonne santé de l'optique à Lannion

L'optique lannionnaise, positionnée sur des marchés gourmands en équipements et créateurs d'emplois pour la technopole, se développe et s'exporte dans le monde entier.

Concepteur et fournisseur de systèmes d'agrégation et de transport Ethernet 10 gigabits sur fibre optique, **Ekinops** affiche une forte compétitivité à l'export. Déjà bien implantée aux Etats-Unis et en Asie, la société lannionnaise a décroché de nouveaux marchés avec l'opérateur anglais Nwix et avec Subisu Cablenet au Népal. Aux États-Unis, Ekinops a signé des contrats avec des clients importants comme Client Global Crossing et vient d'être choisie par une société de post-production d'Hollywood. En parallèle, François-Xavier Ollivier, le fondateur, envisage de créer une vingtaine de postes commerciaux en 2010 pour accélérer la pénétration de nouveaux clients dans le monde. Chez **Yenista Optics**, l'année 2009 a été

marquée par une forte croissance. L'entreprise, spécialisée dans le domaine du test et mesure pour des applications à fibres optiques, vend plus de 80 % de ses produits à l'international. Un partenariat avec la société canadienne JGR Services a été conclu pour accélérer les ventes sur le marché nord-américain. Depuis début 2009, la reprise de l'activité optique de la filiale française d'Anritsu a permis d'ajouter des lasers fixes et accordables au catalogue. Aujourd'hui, la société compte 24 personnes, principalement en production, et cherche encore à renforcer son équipe de R&D par des ingénieurs confirmés. Pour **iXFiber**, fabricant français de fibres optiques spéciales, de composants à base de réseaux de Bragg et de sous-ensembles

optiques, 2009 a également été un bon cru. Créée il y a quatre ans, iXFiber a reçu le soutien d'Oséo dans le cadre du développement de nouvelles structures de fibres lasers ainsi qu'un financement européen pour sa participation au projet LIFT (*Leader in Fiber Technology*). En 2010, iXFiber compte sur l'arrivée de nouveaux produits pour accroître son activité (nouvelles fibres thulium, fibres LMA PM, FBG sur fibre LMA...), notamment dans le cadre d'un projet collaboratif régional.

L'AGENDA

▶▶ Photonics West

23 au 28 janvier 2010 • San Francisco (USA)
Les entreprises IxFiber, Manlight et Kerdry seront présentes sur le pavillon France.

▶▶ Lannion Anticipa, 50 ans du laser

12 mars 2010 • Lannion
Ce colloque scientifique national autour des applications du laser sera l'événement majeur de l'ensemble des manifestations « 50 ans du laser » en Bretagne.



Entreprendre à Lannion - Trégor

Pôle Phoenix : au coeur du développement durable

▶ Pôle dédié à l'éco-construction et à l'habitat intelligent

▶ Parc d'activités et hôtels d'entreprises

▶ Espace de services (hébergement, restauration, congrès...)

▶ Projets à vocation touristique



www.lannion-tregor.com - www.technopole-anticipa.com

Lannion - Trégor Agglomération : 02.96.05.09.00 - communaute.agglomeration@lannion-tregor.com
ADIT : 02.96.05.82.50 - agnes.roumiguier@technopole-anticipa.com



➤ Journée sol-gel Rhône-Alpes-Auvergne

Le pôle optique Rhône-Alpes en collaboration avec l'Institut Néel (INP Grenoble-CNRS-UJF) et le Laboratoire des matériaux et du génie physique (INP Grenoble-CNRS) organise la huitième journée sol-gel Rhône-Alpes-Auvergne le 17 décembre 2009, à Grenoble.

Forte du succès des précédentes éditions, cette manifestation dédiée à la technologie sol-gel rassemblera les acteurs acadé-

miques et industriels du domaine. Étudiants, chercheurs et industriels pourront présenter leurs travaux, leurs domaines d'application et leurs perspectives aux travers d'exposés oraux et de posters.

CONTACT

Nathalie GIBERT
solgel09@pole-ora.com

➤ Pôle de compétitivité Ecotech



Le pôle ORA a participé à la construction de l'argumentaire « Loire » qui a été intégré au dossier de candidature rhô-

nalpin pour la labellisation d'un pôle de compétitivité sur les écotecnologies. La candidature rhônalpine se positionne sur l'efficacité énergétique.

Le pôle ORA a tout naturellement apporté son soutien à cette candidature en synergie avec les actions de développement qu'il conduit notamment dans les domaines de l'éclairage dans l'habitat et

l'habitable avec l'intégration des sources LEDs (diodes électroluminescentes) dans de nouvelles lampes.

➤ Le projet scientifique collaboratif ERIS



Ce projet est le fruit d'une collaboration Centre l'Institut d'optique Graduate School (IOGS) et le laboratoire Hubert-Curien UMR CNRS-université Saint-Etienne. Les lignes directrices de la thématique ERIS sont les suivantes : éclairage et rendu visuel, imagerie optique, sécurité

opto-numérique. Ce projet, placé sous la responsabilité du professeur Pierre Chavel de l'IOGS, a

été officiellement inauguré le 14 octobre 2009 et se développera en 2010, favorisant les développements techniques dans les domaines majeurs d'activité des entreprises du pôle ORA.

➤ Pierre CHAVEL
pierre.chavel@univ-st-etienne.fr

NOUVEAUX ADHÉRENTS

Trois nouveaux adhérents rejoignent le pôle ORA

➤ Alliance Vision • Montélimar (26)

Prestataire de services en vision industrielle et scientifique, Alliance Vision offre une expertise qualifiée dans de très nombreux domaines où la vision est employée comme technique d'investigation pour la mesure, le test et le contrôle, la détection et la reconnaissance...

Une sélection rigoureuse des meilleurs composants du marché, associée au fort savoir-faire de son bureau d'études et à l'intégration des technologies les plus récentes, constitue la meilleure garantie de performance et d'évolutivité des solutions déployées.

www.alliancevision.com

➤ FIM Médical • Lyon (69)

FIM Médical conçoit, fabrique et distribue des appareils de haute technologie à destination de la médecine préventive et des services de santé au travail, en France et en Europe. Depuis 20 ans, cette société dispose d'un bureau d'étude dynamique et innove dans la création de spiromètres, d'audiomètres et d'analyseurs de monoxyde de carbone. De plus, FIM Médical a diversifié sa gamme avec de nouveaux appareils pour le dépistage des défauts visuels. Plus récemment, FIM Médical a traversé l'océan Atlantique pour ouvrir sa filiale aux Etats-Unis à Atlanta.

www.fim-medical.com

➤ Metrovision • Pérenchies (59)

La société Metrovision est spécialisée dans le développement, la fabrication et la commercialisation d'instruments pour la mesure des fonctions visuelles.

Ses instruments couramment utilisés dans plus de 500 centres d'ophtalmologie en France et à l'étranger réalisent des examens tels que : champ visuel, sensibilité au contraste, vision aux basses luminances et aux bas contrastes, adaptation à l'obscurité, enregistrement de l'activité électrique de la rétine (électrorétinogramme) et du cortex visuel (potentiels évoqués visuels), enregistrement des mouvements oculaires et du diamètre de la pupille.

www.metrovision.fr



L'AGENDA

» **Conférence Interférences + :**

« Vision industrielle, quelles technologies pour demain ? »

21 janvier à 14h • **Strasbourg** (Maison de la région)

» **Club Rhenaphotonics :**

« Les nouveaux capteurs à fibres optique »

25 février à 18h • **Mulhouse**

» **Assemblée générale annuelle**

25 mars • **Strasbourg**

» **Club Rhenaphotonics :**

« L'œil humain : un capteur photosensible réparable ? »

25 mars à 18h • **Strasbourg**

» IMVIE devient LIVIM

Après cinq éditions successives, le colloque IMVIE (Imagerie pour les sciences du vivant et la médecine) devient LIVIM (*Living Imaging*) et passe à l'international. Organisé par Rhenaphotonics Alsace, en partenariat avec le pôle chimie Alsace, le pôle image alsacien Iconoval, l'IRCAD et le réseau Armir, LIVIM 2010 explorera les techniques d'imagerie disponibles aujourd'hui pour permettre aux spécialistes de disciplines différentes de confronter leurs résultats. Les entreprises sont invitées à venir y découvrir les dernières solutions d'imagerie issues du monde de la recherche. LIVIM se déroulera du 6 au 8 septembre 2010, à Mulhouse.

» www.livim2010.eu

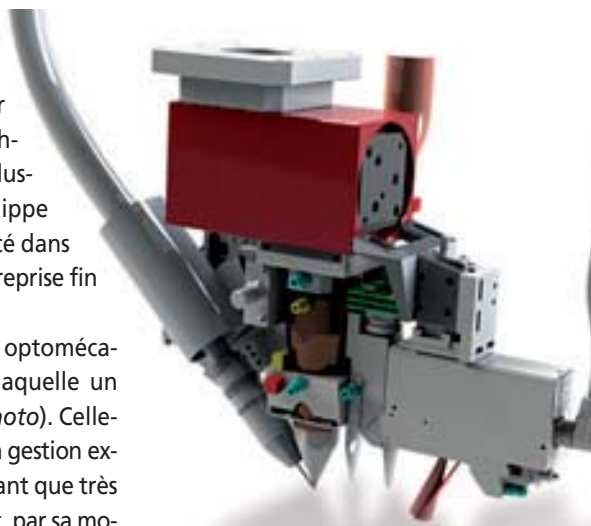
» Un brevet Inovalaser pour une nouvelle tête laser hybride

Inovalaser est une société spécialisée dans l'industrialisation des technologies laser et laser hybride. Expert technique laser, issu du milieu industriel « grands comptes », Philippe Vogel, son dirigeant, s'est lancé dans l'aventure de la création d'entreprise fin 2008.

Inovalaser a conçu une tête optomécanique laser innovante pour laquelle un brevet vient d'être déposé (*photo*). Celle-ci se distingue d'une part par sa gestion extrêmement simple ne nécessitant que très peu d'entretien et, d'autre part, par sa modularité et ses systèmes embarqués de contrôle par vision.

Cet outil universel permet d'accueillir différents types de source laser, s'adapte à une grande variété d'applications comprenant notamment l'automobile, le ferroviaire, l'aéronautique, l'énergie, le secteur médical, et permet ainsi aux entreprises de répondre à un maximum de besoins pour un minimum d'investissement.

» **Philippe VOGEL**
philippe.vogel@inovalaser.fr



CONTACT

Rhenaphotonics Alsace

Directeur : Lionel L'HARIDON

lionel.lharidon@rhenaphotonics.fr

Chargée de mission : Roma GRZYMALA

roma@rhenaphotonics.fr

Secrétariat : contact@rhenaphotonics.fr

40 rue marc Seguin - BP2118

68060 MULHOUSE Cedex

www.rhenaphotonics.fr



Fabricant

Distributeur

Partenaire

Maintenant
en France!

www.lasercomponents.com





Signature du contrat de performance du Pôle Optitec

Le pôle Optitec a signé, le 18 septembre dernier, son contrat de performance pour les trois prochaines années, en présence de Michel Sapin, préfet, et Jean-Louis Canal, vice-président de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, et des représentants des collectivités locales partenaires du pôle photonique. Ce contrat comprend la feuille de route pour 2007-2011, aboutissement d'un important travail réalisé par la gouvernance du pôle.

Le préfet a mis en évidence le dynamisme du pôle qui a labellisé 94 projets innovants associant une centaine d'entreprises régionales, des PME et des TPE, mais aussi la démarche interpôles photoniques initiée par Optitec ainsi que sa stratégie de développement interrégionale.

Les quatre objectifs du contrat de performance Optitec sont de :

- renforcer l'interaction systèmes/composants,

- maintenir une excellence scientifique et technologique et des marchés de prestige en s'appuyant sur les grands programmes internationaux (ITER, VLT-ELT...),
- se positionner à la fois sur des marchés de niche et des marchés de masse (imagerie médicale, éclairage, photovoltaïque, vision artificielle ou augmentée),
- développer une approche spécifique par marché (ex. : composants pour nouvelles technologies, LEDs et OLEDs pour éclairage).

➤ Annuaire POPsud : nouvelle version

Comme chaque année, POPsud vient d'éditer l'annuaire de ses adhérents, soit près de 180 entreprises, laboratoires, organismes d'enseignement et de recherche et partenaires de l'innovation. La mise à jour de cet annuaire représente un effort important pour l'association qui porte le pôle de compétitivité Optitec. Il

constitue un outil de premier plan pour les acteurs de la photonique : c'est un moyen de communication, une carte de visite de l'excellence des entreprises et laboratoires, et sa version bilingue permet une diffusion internationale. C'est aussi un outil utile pour la recherche de partenaires de projets de R&D toujours plus nombreux.

En effet, le nombre de projets labellisés par Optitec et financés est en constante augmentation. Pour les trois dernières années, le montant total des projets labellisés avoisine les 300 millions d'euros. À l'approche de l'année 2010, qui verra les 10 ans de POPsud, ces projets illustrent la dynamique d'innovation de ses adhérents et la place rayonnante de la photonique dans le sud de la France

➤ Mission économique au Brésil

Le pôle Optitec a participé au Forum de l'innovation franco-brésilien, qui s'est tenu du 10 au 13 novembre en São Paulo, et qui a réuni près de 300 personnes, dont une délégation française de 100 entreprises et pôles de compétitivité. Lors de ce forum, le pôle a pu illustrer la stratégie internationale menée par la DGCI, notamment sur le Brésil, où un ensemble de coopérations scientifiques, technologiques, industrielles et commerciales sont enga-

gées sur le long terme. Par ailleurs, à la suite de deux précédentes missions, POPsud a rencontré à nouveau les acteurs des deux principaux pôles d'excellence de São Paulo (São Carlos et Campinas), pour des actions concrètes en 2010 : projets collaboratifs de R&D conjoints cofinancés par Oséo et Finep, accueil d'une délégation brésilienne en France et organisation d'une école d'été à São Carlos en novembre.

➤ POPsud, présent au rendez-vous national Opto

POPsud n'a pas raté Opto, le salon national de l'optique photonique. Depuis son origine, l'association tient un stand à l'occasion de ce grand rendez-vous. Elle n'y vient pas seule, mais toujours accompagnée d'entreprises régionales qui profitent de l'occasion pour exposer leurs savoir-faire. Cette année Cedrat Technologies et Savimex étaient de la manifestation.

L'AGENDA

➤ Photonic West

Janvier 2010 • San Francisco (USA)

POPsud sera présent sur le salon Photonic West 2010, le plus grand salon d'optique photonique en Amérique du Nord, qui se tiendra du 26 au 28 janvier 2010 à San Francisco. Cette présence se fera en colla-

boration avec les pôles de compétitivité Route des Lasers et Elopsys, et Ubifrance, sur un pavillon France (stand ouvert) pour permettre une meilleure visibilité des pôles à l'international.

Marie LHOUTELLIER
marie.lhoutellier@popsud.org

Cahier spécial
Focus POPsud
pages 24 à 31.

► Prix d'instrumentation 2009 de la division de chimie physique

Le prix d'instrumentation 2009 de la division de chimie physique (SFC/SFP) a été remis à Alexandre Dazzi (Laboratoire de chimie physique, Paris-Sud) par le PDG d'Horiba Jobin Yvon, Michel Mariton (*photo*), lors de PRI, pour la mise au point de la méthode PTIR (*Photothermal Induced Resonance*) qui consiste à mesurer l'absorption infrarouge d'objets nanométriques par couplage avec un AFM (*Atomic Force Microscope*). Ce prix, doté de 2 500



euros, récompense depuis 2007 des innovations en instrumentation permettant de réelles avancées dans le domaine de la chimie physique.

► Olympiades de physique France

La SFO attribuera un prix au prochain concours des Olympiades de physique France afin de récompenser un projet lié au laser.

Le parrain de l'édition 2009-2010 de ce concours scientifique expérimental qui

s'adresse à des groupes de lycéens encadrés par un ou deux professeur(s) est Serge Haroche. Le concours national se déroulera les 29 et 30 janvier 2010 au Palais de la Découverte.

► www.odpf.org

BRÈVES

► Le Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE) a remis son premier **Prix de la recherche LNE**, destiné à distinguer les chercheurs des laboratoires du réseau métrologie française, le 29 septembre. Le lauréat, **André Clairon**, ingénieur de recherche au LNE SYRTE (Systèmes de référence temps-espace) pour sa contribution au développement des mesures de fréquences optiques en France : il a participé à la construction d'une horloge à jet de césium à pompage optique, construit la première fontaine atomique de césium en collaboration avec Christophe Salomon (chercheur à l'ENS-LKB), copiloté le projet d'expérience spatiale comprenant une horloge à atomes froids ACES/PHARAO et utilisé les atomes froids pour développer des capteurs inertiels tels que les gyromètres et gravimètres.

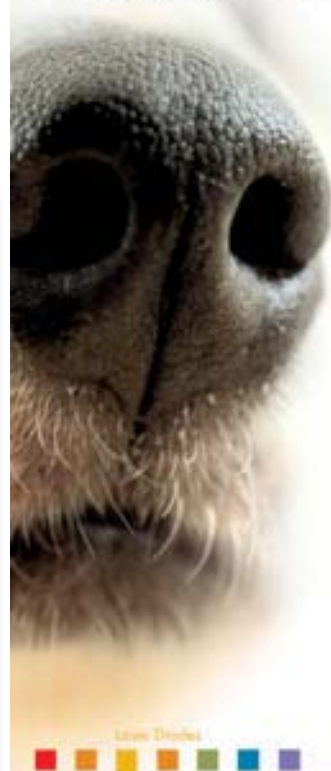
► Le **trophée Cap'tronic du produit à usage des professionnels** a été remis à la société **Prooftag** (Montauban) pour son lecteur optique de code à bulles autonome. Le code à bulles, quasi unique et

non reproductible, est le résultat d'une autogénération chaotique de bulles à l'intérieur d'un polymère transparent. Destiné à des applications de traçabilité, d'authenticité et d'intégrité pour se prémunir de la contrefaçon et de la falsification, il se contrôle visuellement et, de façon très précise et tridimensionnelle, grâce à un lecteur optique spécifique.

► Le **Prix Adrien Constantin de Magny 2009** (doté de 7 600 euros) a été remis par l'Académie des sciences à **Etienne Le Coarer**, ingénieur de recherche au Laboratoire d'astrophysique de Grenoble (LAOG) pour sa démarche très originale de recherche pour améliorer l'instrumentation de pointe au service de l'astronomie. Il est notamment l'initiateur du concept SWIFTS, une nouvelle famille de spectromètres (*Stationary Wave Integrated Fourier Transform Spectrometer*). Créé en 1963, le Prix Adrien Constantin de Magny est un prix biennal décerné à un artisan ou à un savant, sans diplômes exigés, dont les travaux pratiques auront paru remarquables à l'Académie.



A la recherche du meilleur nez?



Lasers Diodes

Diodes Lasers Spectroscopiques



© CNRS

Sébastien TANZILLI, Prix Fabry-de Gramont 2008, vient de recevoir la Médaille de bronze du CNRS 2009 et figure en outre parmi les chercheurs nominés/lauréats pour le prix Jean Jerphagnon 2009.

Pourriez-vous tout d'abord nous décrire le principe général d'une communication quantique sur fibre optique et les composants élémentaires qui la constituent ?

Pour déployer un réseau de télécommunications quantiques sur fibre optique, il faut en premier lieu disposer d'une source permettant de générer des photons uniques, ou des paires de photons intriqués, à des longueurs d'ondes identiques à celles utilisées dans les réseaux classiques de télécommunications optiques (1310 ou 1550 nm). Ceci est aujourd'hui obtenu en ayant recours à des mécanismes d'optique non linéaire et à des composants analogues à ceux employés dans ces mêmes réseaux.

Il faut ensuite encoder l'information quantique (ou *qubit*) sur ces photons uniques ou intriqués, à l'aide par exemple d'un codage en polarisation via l'utilisation de polariseurs ou d'un codage en temps d'émission, ce qui revient dans ce cas à faire passer les photons dans un interféromètre de Mach-Zehnder fortement déséquilibré.

L'information quantique sera donc décrite en toute généralité par une superposi-

➤ **Communications quantiques sur fibre optique**

Interview de Sébastien TANZILLI

tion cohérente des deux états propres de la base de transmission associée (bras court/bras long dans le cas de l'encodage en temps d'émission, polarisation horizontale/verticale dans le cas de l'encodage en polarisation).

Puis il faut transmettre l'information ainsi codée sur de grandes distances et de ce point de vue, le choix de longueurs d'onde faiblement atténuées dans les fibres optiques monomodes constitue évidemment un élément très favorable. Mais il reste à se prémunir des effets perturbateurs de la dispersion chromatique dans le cas de l'encodage en temps ou de la dispersion de polarisation (PMD) dans le cas de l'encodage en polarisation : ceci peut être obtenu par le choix d'une longueur d'onde optimale, par l'emploi d'éléments de compensation (fibre spéciale, lames de phase) ou, de manière plus générale par le recours à des procédures d'apprentissage de type *plug and play* dans lesquelles on mesure les caractéristiques utiles de la ligne pour en compenser les impacts en temps réel.

Enfin, il faut caractériser l'état quantique des photons uniques transmis à l'aide d'éléments optiques analogues à ceux utilisés lors de l'encodage (polariseurs, lames de phase, Mach-Zehnder déséquilibré) et d'une détection à très haute sensibilité (photodiodes à avalanche utilisées en régime de comptage de photons).

Plusieurs start-up sont d'ores et déjà en mesure de fournir des systèmes mettant en œuvre les concepts que je viens de présenter, que ce soit aux Etats-Unis (MagiQ Technologies), ou en Europe (SmartQuantum, id Quantique), avec comme premier secteur d'application les communications à très haute sécurité entre banques.

Pourriez-vous nous expliquer sur quoi vous travaillez actuellement ?

Dans la description du réseau de télécommunications quantiques que je viens de faire, il manque un élément fondamental qui est la mémoire, le module de stockage de l'information sous forme quantique (*figure*). Les ensembles atomiques, tels que des nuages d'atomes froids de Rubidium ou encore des ions terres rares piégés en matrice cristalline, semblent être à l'heure actuelle des candidats privilégiés pour réaliser de telles mémoires, mais l'écriture et la lecture de l'information nécessitent alors l'emploi de sources de longueurs d'onde (aux alentours de 800 nm) et de largeurs de raie (MHz) sans rapport avec celles utilisées lors de la transmission. Mes travaux actuels portent à la fois sur la mise au point du stockage et sur le développement d'interfaces quantiques, qui permettent d'adapter les caractéristiques spectrales des photons télécoms à celles de la mémoire, tout en conservant la cohérence quantique des *qubits*.

Propos recueillis par Michel Lequime (SFO).

À lire aussi
Interview de Thierry Fusco, Prix Fabry-de Gramont 2009, page 4.

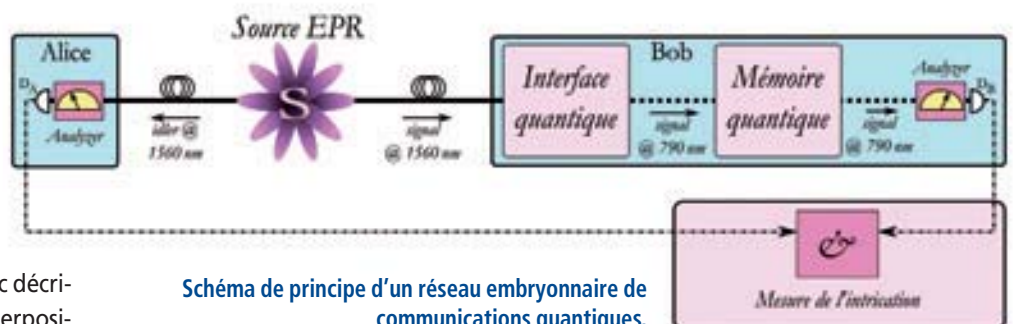


Schéma de principe d'un réseau embryonnaire de communications quantiques.



► Le Prix Jean-Jerphagnon 2009 a été décerné à Philippe Bouyer

En 2008, le Prix Jean-Jerphagnon avait eu pour première lauréate Nathalie Picqué (Laboratoire de photophysique moléculaire, à Orsay) pour ses travaux sur la spectroscopie par peignes de fréquences femtosecondes (voir Photoniques n°39 – janvier-février 2009, page 7).

Cette année, le jury, présidé par Emmanuel Desurvire (Thales) et constitué de personnalités du monde de l'innovation et des acteurs connus de l'optique photonique, a choisi de mettre à l'honneur Philippe Bouyer, 40 ans, du Laboratoire Charles-Fabry de l'Institut d'optique Gra-

duate School, à Palaiseau, pour son projet de **capteurs inertiels atomiques compacts**. Dominique Vernay, président du pôle de compétitivité System@tic Paris-Région lui a remis son prix le jeudi 3 décembre, lors des « 10 ans d'OpticsValley ».

Les travaux du lauréat portent sur la manipulation par laser des atomes pour réaliser des interféromètres atomiques capables de détecter d'infimes variations du mouvement ou des forces qui s'exercent sur un appareil. Leurs applications potentielles sont multiples, mais ces dispositifs sont encore des expériences de laboratoire complexes à mettre en œuvre. L'approche originale du projet MINIATOM, ici récompensé, s'appuie notamment sur les technologies avancées de l'optique intégrée

pour développer les futurs capteurs inertiels atomiques miniatures.

L'Académie des technologies, Alcatel-Lucent, le CNRS, France Télécom, le pôle de compétitivité Images et Réseaux, OpticsValley, la Société des électriciens et des électroniciens, la Société française d'optique, la Société française de physique, System@tic-Paris-Région et Thales se sont associés en 2008 pour créer le Prix Jean-Jerphagnon, en témoignage de reconnaissance à ce chercheur et ingénieur décédé en 2005, qui a été l'un des pionniers et un acteur important des communications en fibre optique. Ce prix est destiné à promouvoir l'innovation technologique et la diffusion de l'optique photonique dans divers domaines d'applications, le doter d'un montant de 10 000 euros et assister en conseil le lauréat dans la mise en œuvre de son projet pendant deux ans.

À lire aussi



• « Comprendre l'interférométrie atomique », article de Philippe Bouyer, pp. 36 à 38. • Interview de Sébastien Tanzilli, nommé au Prix Jerphagnon 2009, p. 12.



Plus de choix. Plus d'efficacité. Plus de fréquence.

Demandez plus avec la famille de modulateurs New Focus™

Nous sommes fiers de vous présenter les modulateurs électro-optiques de phase et d'amplitude, large bande ou sur une fréquence de résonance particulière de New Focus™.

Ces modulateurs comportent un cristal de KTP ou de niobate de lithium de la meilleure qualité. Ils couvrent une gamme de longueurs d'onde de 500 nm à 1600 nm, à une fréquence pouvant atteindre 9,2 GHz.

APPLICATIONS

- Piégeage et refroidissement des atomes
- Stabilisation et verrouillage de fréquence laser
- Spectroscopie haute résolution
- Étoile guide laser pour l'astronomie

Avec les modulateurs New Focus, nous vous proposons le choix dont vous avez besoin et vous apportons les performances et la qualité exceptionnelles que vous attendez. Nous proposons aussi divers contrôleurs, systèmes de hachage et accessoires pour vous aider à réaliser votre montage rapidement et avec efficacité.



En France, les produits New Focus sont désormais commercialisés exclusivement par MICRO-CONTROLE Spectra-Physics S.A.S, une filiale du groupe Newport. Contactez-nous au 01.60.91.68.68 pour de plus amples renseignements.

MICRO-CONTROLE Spectra-Physics S.A.S

1, rue Jules Guesde – Bâtiment B
Zl. du Bois de l'Épine – BP189
91006 Évry CEDEX

Tél. : 01.60.91.68.68

Fax : 01.60.91.68.69

e-mail : france@newport.com

www.newfocus.com

© 2009 Newport Corporation.

 **New Focus™**
une marque de Newport Corporation

BRÈVES

➤ **Nanopince optique.** La taille des objets qu'une pince optique peut attraper est – normalement – limitée par la diffraction (soit quelques centaines de nanomètres pour la lumière visible). Mais, une équipe de l'Institut de Ciències Fotòniques de Barcelone, dirigée par le français Romain Quidant, a fait beaucoup mieux ! Illuminée par un laser et tirant profit de la résonance des plasmons de surface, leur nanopince (qui est un nano-trou dans un film métallique) est capable de piéger des objets de seulement 50 nm de diamètre (*Nature Physics*, octobre 2009).

➤ **400 DVD par seconde entre Paris et Chicago.** Des scientifiques des Bell Labs (Alcatel-Lucent) ont établi un nouveau record de transmission optique à plus de 100 pétabits (soit 10^{15}) par seconde.kilomètre sur une distance de 7 000 kilomètres : en d'autres termes, c'est l'envoi de l'équivalent de 400 DVD par seconde entre Paris et Chicago ! Pour obtenir ces résultats records, ils ont utilisé 155 lasers de fréquences différentes et de nouvelles techniques de détection, de modulation, de transmission et de traitement du signal.

➤ **Nouvelles Chaires internationales de recherche Blaise Pascal.** Dans le cadre de la mise en place des nouvelles Chaires internationales de recherche Blaise Pascal, la région d'Ile-de-France accueillera des chercheurs étrangers de très haut niveau et de renommée internationale, dans tous les domaines scientifiques, pendant 12 mois à plein temps, autour d'un projet scientifique mené dans un établissement de la région dont le montant financier global peut atteindre 200 000 euros. Cinq candidats seront sélectionnés pour 2010 en fonction de l'intérêt scientifique du projet pour la région, de son caractère interdisciplinaire et de la qualité du dossier. Date limite de candidature : 11 janvier 2010. www.chaires-blaise-pascal.org



Projet européen

La Commission européenne a accordé un financement de 16 millions d'euros au projet d'intégration LIFT (Leadership in Fibre Laser Technology) dans le cadre du septième programme-cadre (FP7).

Ce projet a pour but de fédérer la recherche, le développement et l'innovation d'un consortium de laboratoires et d'entreprises autour de la mise au point de sources laser de haute brillance à base de fibre.

L'impulsion ainsi donnée à ce domaine de recherche est motivée par le constat que les lasers à fibre représentent 10 % d'un marché mondial estimé à deux milliards d'euros et que ce pourcentage devrait doubler une première fois en 2010 et une seconde fois d'ici 2013, lorsque les lasers à fibre représenteront plus de 30 % de l'ensemble des lasers industriels vendus chaque année.

Pour positionner l'Europe sur ce marché prometteur, le consortium du projet LIFT développera des sources laser innovantes (systèmes de faisceaux intelligents et manipulation dynamique) en modes continu et pulsé, nanoseconde et femtoseconde, opérant à des puissances de l'ordre du kilowatt. Les prototypes issus du projet LIFT montreront le potentiel de cette technologie dans des domaines tels que la découpe et le soudage rapides, le diagnostic et le traitement médical, le

patterning de transistors à couches minces (TFT), la fabrication de cellules solaires ou de céramiques par ablation froide. Quatre principaux domaines d'applications sont concernés : traitement des matériaux, santé, fabrication compétitive de cellules solaires, fabrication de circuits intégrés nanométriques.

Outre la structure européenne EPIC (*European Photonics Industry Consortium*), le consortium regroupe des structures allemandes (Fraunhofer IWS, Fraunhofer IOF, Dilas Diodenlaser et Rofin Sinar Laser), finlandaises (Corelase et Tampere University of Technology), italienne (Politecnico di Torino), suisses (Time-Bandwidth Products et Oclaro), danoise (NKT/Crystal Fibre), suédoise (Optoskand), israélienne (Raicol Crystals) et anglaises (University of Swansea, Gooch & Housego et SPI Laser)... et les français Eolite Systems, Quantel, 3S Photonics, Perfos et IxFibre.

➤ La R&D subit la crise de plein fouet

Le Centre d'analyses stratégiques (dont la mission est de donner à Matignon des éléments pour ses orientations stratégiques) a publié une analyse intitulée « Investissement en R&D des entreprises et cycles économiques dans les pays de l'OCDE ».

Les auteurs de cette analyse constatent que les investissements actuels de recherche et développement des entreprises en Europe et aux Etats-Unis sont faibles et

montrent que les entreprises qui maintiennent leurs efforts de R&D en période de récession limitent les effets négatifs de long terme des crises économiques. Hélas, les chiffres de l'APEC (Association pour l'emploi des cadres) confirment la tendance : les offres d'emplois en recherche et développement (qui représentent 15 % des offres) ont reculé de 37 % entre le troisième trimestre 2009 et la même période en 2008.

BRÈVES

» **Prototype de module laser 1550 nm.** 3S Photonics a dévoilé son prototype de module laser 1550 nm, 1915 LMA, conçu pour la distribution et la transmission de signaux analogiques. Ce module laser analogique large bande 10 mW 1550 nm permet la transmission de signaux analogiques de 10 MHz à 20 GHz. Il est destiné à des applications de distribution et de transmission de signaux radio sur réseaux fibrés très large bande et de déport d'antennes par fibre optique (pour applications de téléphonie mobile, par exemple). Ce prototype est actuellement testé dans le cadre du projet ALPHA (www.ict-alpha.eu), corollaire européen du projet français EPOD.

» **Pour ses dix ans, le RéCaMiA s'ouvre à la microscopie confocale.** Le Réseau des moyens de caractérisation par microscopies et analyses couplées (RéCaMiA) a réuni près de cent chercheurs, ingénieurs, techniciens, doctorants, industriels... à l'Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Étienne pour fêter ses dix ans et ajouter la microscopie confocale à ses thématiques initiales, plutôt liées à la microscopie électronique.

» **De nouveaux bâtiments pour l'OAMP.** Les nouveaux bâtiments de l'OAMP (Observatoire astronomique Marseille-Provence, INSU-CNRS) ont été inaugurés le 15 octobre : 9 000 m² qui permettront à l'Observatoire et au Laboratoire d'astrophysique de Marseille (LAM) de rassembler chercheurs et ingénieurs en un lieu unique et de disposer des moyens et locaux techniques nécessaires pour participer aux grands projets.

» **nanoPV.** Total, l'Ecole Polytechnique et le CNRS (Laboratoire de physique des interfaces et des couches minces ou LPICM) créent une équipe de recherche commune pour le photovoltaïque, nanoPV, qui sera basée sur le campus de l'Ecole polytechnique (plateau de Saclay, près de Paris) pour développer des technologies de couches minces de silicium et explorer de nouveaux concepts à base de nanofils de silicium. Total y engage huit millions d'euros pour la première phase de quatre ans.

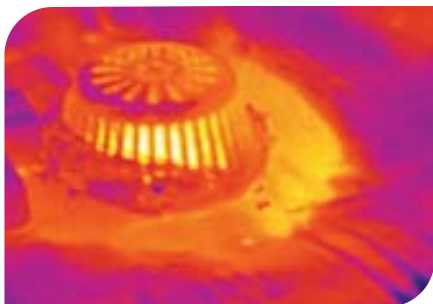
» **Unité mixte internationale CINTRA** Le CNRS, la Nanyang Technological University (NTU) de Singapour et Thales ont créé le 7 octobre 2009 une unité mixte internationale (UMI) baptisée

CINTRA (CNRS international – NTU – Thales Research Alliance), basée à Singapour. Les recherches porteront sur les nanotechnologies pour l'électronique, la photonique et les applications associées. Il sera dirigé par un comité scientifique composé de représentants des trois partenaires. Dominique Baillargeat, professeur au CNRS, dirigera cette unité, avec pour adjoints le professeur Tjin Swee Chuan de la NTU et le Dr Myriam Kaba de Thales.

» **Soutenances de thèse**

» **Julien JAECK** soutiendra sa thèse, «**Émission infrarouge sous champ électrique dans le cristal de ZnSe dopé au chrome**», dirigée par Jean-Luc Pelouard, le 15 décembre 2009 à 10h, à l'Ecole Polytechnique (Palaiseau).

» **Nicolas AUBERT** soutiendra sa thèse, «**Étude de lasers microchips pompés par diode, doublés et triplés en fréquence en intracavité**», dirigée par Patrice FERON dans le cadre d'une convention CIFRE avec la société Oxixus, le 16 décembre 2009 à 14h à l'Enssat (Lannion).



FLR Systems Inc. et Sofradir vont collaborer sur une nouvelle caméra thermique militaire intégrant des capteurs bi-bandes de 3^e génération. Sofradir apporte au projet sa technologie de pointe et ses capacités de production à l'échelle industrielle ; FLIR concevra les caméras et les

» **Une caméra thermique à capteurs bi-bandes pour FLIR Systems Inc. et Sofradir**

intégrera dans les systèmes distribués aux Etats-Unis et dans le monde entier. Cette collaboration se concrétise alors que les détecteurs bi-bandes arrivent sur le marché après une longue période de développement dans de nombreux pays, dans des systèmes d'imagerie pour les besoins militaires ou de sécurité et dans des caméras scientifiques et de thermographie. La caméra thermique bi-bandes fonctionnera dans le spectre des longueurs d'ondes longues et moyennes pour permettre aux utilisateurs de choisir les bandes spec-

trales en fonction de la cible à identifier ou à étudier. FLIR Systems est basé à Portland en Oregon (USA). Les centres de production de Sofradir (dont le siège est à Châtenay-Malabry, près de Paris) et d'Ulis, sa filiale française qui fabrique des détecteurs IR non refroidis à bas coût et en grands volumes, se trouvent à Veurey-Voroize près de Grenoble. La filiale américaine de Sofradir, Sofradir EC, est basée à Fairfield (New Jersey, USA). Sofradir, Ulis et Sofradir EC emploient plus de 500 personnes.

BRÈVES

► 5,8 milliards d'euros : c'est le **montant du crédit d'impôt recherche** (CIR) en 2009 pour soutenir la R&D des entreprises. Il correspond principalement à des dépenses engagées en 2008, 2007 et 2006. La mesure du plan de relance de restitution anticipée du CIR représente environ 3,8 milliards d'euros (estimation projet de loi de finances pour 2010).

► Le syndicat des entreprises de technologies de production, **Symop**, et le syndicat des constructeurs de machines pour les industries du papier, du carton, des arts graphiques, de l'emballage et du conditionnement, **Scipag-Embalco**, forment désormais un syndicat unique. Constitué de plus de 220 entreprises (16 000 salariés et un chiffre d'affaires consolidé d'environ 2 milliards d'euros), le Symop ajoute ainsi trois nouveaux groupes (machines pour l'industrie des arts graphiques, pour l'industrie papetière, pour l'emballage et le conditionnement) aux différents groupes de

travail existant (machine-outil, équipements, composants et outils, automatismes, logiciels, métrologie, machines d'assemblage, soudage-brasage coupage, vision, robotique, machine à bois).

► Le pôle Traçabilité devient **pôle national de traçabilité**. Cette structure, née en 2001 pour sensibiliser les entreprises et les organisations sur les problématiques de la traçabilité sécurisée et de la lutte contre la contrefaçon (identification, authentification et localisation) adapte ainsi son nom à son positionnement et ses missions sur le plan national.

► **Tendance** : selon le Cecimo, l'association européenne des constructeurs et importateurs de machines, les carnets de commandes ont chuté de 60 à 70 % sur les douze derniers mois. Certes, le déclin se ralentit actuellement, sans que l'on puisse parler de reprise pour autant. 2010 sera donc une année de transition. En Europe, le taux d'occupation des machines plafonne à 70 % dans la plupart des secteurs utilisateurs, sans espoir de remontée rapide. C'est donc

de l'Asie qu'il faudra espérer des investissements : un tiers de la production mondiale 2009 a été « avalée » par la Chine.

► La technologie développée par l'entreprise sud-africaine **Carl Zeiss Optonics (Pty) Ltd** – issue en 2007 de la filiale Denel Optronics – intéresse le groupe BAE Systems pour l'équipement des nouvelles versions de ses systèmes de visée de casque Q-sight, un système de visée monoculaire « plug and play » qui se fixe sur les casques des équipages.

► **Hexagon Metrology** acquiert tous les biens économiques et le savoir-faire de la société **Mahr Multisensor GmbH**. La Business Unit Vision ainsi que les produits seront intégrés dans Hexagon Metrology, qui fait partie du groupe Hexagon AB et comprend des marques telles que Brown & Sharpe, CE Johanson, CimCore, CogniTens, DEA, Leica Geosystems (Metrology Division), Leitz, m&h Inprocess Messtechnik, PC-DMIS, QUINDOS, ROMER, Sheffield, Standard Gage et TESA.

► Exporter en Allemagne sans négliger les déchets

L'enregistrement, la collecte et la valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) sont obligatoires depuis l'adoption des directives européennes 2002/96/CE et 2002/95/CE. Le service Environnement de la chambre franco-allemande de commerce

et d'industrie (CFACI : www.francoallemand.com) propose aux entreprises exportatrices un service spécifique pour tenir compte de la transposition de ces lois en droit allemand, véritable interface entre l'entreprise et les organismes allemands concernés : conseil sur les garan-

ties à fournir, prise en charge des procédures obligatoires auprès de l'EAR, recherche de l'organisme de collecte et de traitement le plus adapté à l'entreprise, calcul des frais engendrés, contrôle des factures...

► Jeunes sociétés

► **Effilux**. Trois ingénieurs et un enseignant chercheur de l'Institut d'optique Graduate School ont créé cet été Effilux, une société innovante qui allie de fortes compétences en optique à sa maîtrise des LEDs pour concevoir et fabriquer des éclairages à LEDs innovants et performants.

Sa première gamme d'éclairages linéaires de puissance focalisés, EFFI-Line, repose sur une innovation optique brevetée permettant une focalisation sur une ligne avec un très bon rendement.

► **Evosens**. La société brestoise Evosens, créée en avril 2009, propose une aide aux entreprises et laboratoires dans l'étude, l'optimisation et la fabrication de systèmes optiques et optoélectroniques en petites séries. Après le domaine de l'environnement, la société étend ses activités au médical et à l'agroalimentaire, deux marchés utilisateurs de nouvelles technologies d'optique, notamment sur les systèmes de mesure et d'imagerie par fluorescence, la microscopie, la tomographie, tout comme la détection de polluants, la mesure de turbidité ou la décontamination.

► **Laseosol**. La SEML Route des Lasers et la société Eosol Energies Nouvelles ont créé fin octobre la SAS Laseosol pour finaliser la création d'une mini-ferme photovoltaïque au sein du parc d'activité Laseris 2 au Barp. Cette unité de production de 248 kW, sur un terrain de 7 300 m², devrait être la première étape d'un projet global qui se veut à la fois vitrine technologique et champ d'expériences, en particulier sur la concentration solaire. La SEML Route des Lasers poursuit par ailleurs son programme de construction sur la Cité de la photonique, avec le lancement des bâtiments Meropa et Khara, soit 4 000 m² de locatif.

BRÈVES

» Le distributeur britannique **Acal** vient de signer un accord avec son homologue français **BFI Optilas** pour l'acquisition de BFI Optilas pour 10 millions d'euros en cash et deux millions d'actions Acal.

La spécialisation de BFI Optilas, qui emploie 350 personnes (105 millions d'euros de chiffre d'affaires) en composants, modules et systèmes hyperfréquences et optoélectroniques, complètera les activités d'Acal, plutôt orienté vers l'électronique et présent sur toute l'Europe. L'opération attend encore l'approbation des pouvoirs publics.

» La société **Electro-Optics Technology** (EOT), fabricant d'isolateurs optiques et photodétecteurs a choisi **Opton Laser International** comme représentant exclusif en France à compter du 1^{er} janvier 2010.

» **Photon Lines** a signé un accord de partenariat commercial avec **Smart-**

Quantum pour la distribution en France, en Angleterre et en Espagne de la nouvelle gamme de produits photoniques de la société lannionnaise, notamment un détecteur de photons à très haute sensibilité (SQLightSensor) et des sources de table (SQLaser Source et SQLight-Source).

» **Laser2000** annonce deux nouveaux accords de distribution pour renforcer sa gamme d'instrumentation spectrométrique, radiométrique et photométrique :

- **Gilden Photonics**, basé à Glasgow, spécialisé en spectrométrie, qui propose des solutions de spectroscopie optique (spectrofluorimètres et spectrophotomètres clé en main) ainsi que monochromateurs et accessoires ;

- **SphereOptics**, spécialiste des sphères intégrantes basé dans le New Hampshire (USA), qui produit et commercialise des systèmes de mesures et d'étalonnages photométriques et radiométriques, en standard ou sur cahier des charges.

» Pour célébrer le cinquième anniversaire de son laboratoire de calibration pour puissance-mètres laser, **Laser Components** offre 10 % de réduction sur la calibration des détecteurs et unités d'affichage. Depuis 2004, en partenariat avec la société canadienne Gentec-EO, ce laboratoire situé en France offre un service de calibration des détecteurs à thermopiles et de leurs unités d'affichage, évitant aux clients européens le retour de leur matériel au Canada.

» Les caméras Prosilica-GigE d'**Allied Vision Technologies** (AVT) sont désormais disponibles auprès de **Stemmer Imaging**. Cela fait suite à l'acquisition de 100 % des actions de Prosilica, fabricant canadien de caméras basées sur la technologie GigE, par la société AVT mi-2008, qui propose depuis cette gamme de caméras FireWire et GigE. Les caméras Prosilica portent à présent la marque Allied Vision Technologies et se présentent dans un boîtier rouge, couleur de l'entreprise.



LINE SPECT I'Eclairage Linéaire des Situations Extrêmes

► Ultra Puissant

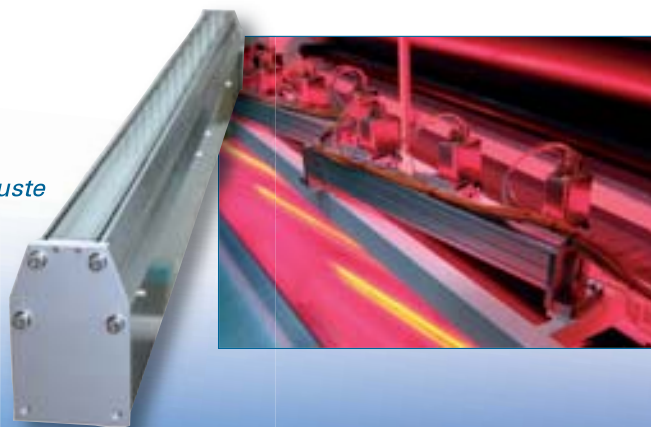
Jusqu'à 3000 Watt/m²

► Ultra Fiable

Refroidissement actif et Construction Robuste

► Ultra Modulaire

Longueur de 800 mm à 3000 mm et Pilotage actif via Ethernet



Leader Européen de la distribution optoélectronique

www.laser2000.fr

Parc d'affaires 3 rue de la Plaine – 78860 Saint-Nom-la-Bretèche – Tél.: +33 1 3080-0060 – Fax: +33 1 3080-0040 – E-Mail: info@laser2000.fr

➤ Thales Angénieux



Séverine SERRANO a rejoint la société Thales Angénieux, spécialisée dans l'optique, l'optoélectronique et l'optomécanique de haute précision appliquée aux industries de la télévision du cinéma, de la surveillance et de la défense. En tant que **Business Development Manager**, elle aura pour mission notamment de développer le marché des sous-ensembles optiques. Cette arrivée renforce l'équipe actuelle en y apportant plusieurs années d'expériences dans différentes industries.

➤ Pôle Images et réseaux

L'équipe du pôle de compétitivité Images et réseaux renforce sa communication et son développement.



Emmanuelle GARNAUD-GAMACHE, diplômée MBA de l'université de DEUSTO (San Sebastian, Espagne) et de l'ESC Toulouse, est nommée **responsable de la communication**. Après plus de 13 ans au Canada où elle a développé des expertises dans l'industrie des médias et de la communication, sa mission portera sur l'animation interne de la communauté d'adhérents et sur la stratégie de communication externe à déployer.



Michel CORRIOU, diplômé de l'ENSTA (Paris) et de l'ESC Rennes (Executive MBA), est nommé **responsable du développement**. Il a débuté sa carrière en société de services à Paris, avant de diriger des projets à Rennes, dans les domaines télécoms (Alcatel) et la télévision numérique (Teamlog, Thomson). Ses compétences techniques, de marketing produit et de gestion de plates-formes lui valent de se voir confier le développement de

l'offre de services, notamment autour d'ImaginLab.

➤ Unité photonique de la Commission européenne



Thomas SKORDAS est le nouveau **Chef d'unité** de l'unité photonique de la Commission européenne. Après un diplôme d'ingénieur électricien, en 1984, de l'université Aristote à Thessalonique (Grèce) et un doctorat en sciences informatiques de l'Institut national polytechnique de Grenoble (France) en 1988, il a travaillé pour Cap Gemini Sogeti en tant que chargé de recherche et chef de projets R&D financés par

l'Union européenne, avant de rejoindre en 1995 la Commission européenne en qualité d'administrateur de projets de R&D dans le domaine des technologies de la société de l'information (TIC), au sein de la direction générale Société de l'information et médias (DG INFOS). Depuis, il a travaillé au sein de plusieurs unités de la DG INFOS, dont l'unité des technologies émergentes, et occupait précédemment le poste de chef d'unité-adjoint au sein de l'unité Sécurité de la DG INFOS.

John MAGAN, qui assurait la direction de l'unité Photonique par interim (voir *Photoniques* n°39, page 17) retrouve son poste de **Chef d'unité-adjoint**.

➤ Irepa Laser



Yannick LAFUE, diplômé de l'International Space University (ISU) de Strasbourg a rejoint le centre de ressources technologiques Irepa Laser en tant que **responsable des programmes européens de R&D**, après une expérience du montage de projets technologiques à l'agence régionale de l'innovation Alsace.



Sociétés, laboratoires

«**Faites-nous part de vos nominations et changements de fonctions en nous envoyant vos informations et photos à : redaction@photoniques.com**»

LU, VU, ENTENDU ➤ Un peu de science dans chaque journée !

L'agenda de l'apprenti scientifique est bien mieux qu'un agenda : il propose, pour chaque jour de l'année, une activité facile et amusante, tant pour les plus jeunes que pour les éternels curieux. Illustré avec humour par Theresa Bronn, cet agenda signé par Nicole Ostrowsky, professeur émérite à l'université de Nice-Sophia Antipolis, et préfacé par Georges Charpak, incite simplement à réfléchir en

partant d'une observation, dans différentes disciplines (de la physique aux mathématiques, en passant par les sciences du vivant et la chimie, voire la philosophie !). En un clin d'oeil, une citation fait écho à l'activité proposée. Un exemple ? 22 décembre : «*Voit-on la couleur des objets avec une bougie pour seul éclairage ?*» (occasion d'expliquer cônes et bâtonnets de l'oeil) ; «*Il est difficile d'at-*

traper un chat noir dans une pièce sombre, surtout lorsqu'il n'y est pas.» dit le proverbe (chinois) du jour. Une vraie bonne idée de cadeau !

«**L'agenda de l'apprenti scientifique**» de Nicole Ostrowsky Éditions La Martinière/Science et Vie, 384 pages, 18 euros.





Europhotonics : nouveaux master et doctorat photoniques européens à la rentrée 2010

L'université Paul-Cézanne a obtenu un financement de la Communauté européenne, Erasmus Mundus, pour l'ouverture d'un master et d'un doctorat en Ingénierie photonique, nanophotonique et biophotonique dès septembre 2010 : Europhotonics. La création de ces diplômes est le fruit d'un partenariat avec l'université de Karlsruhe (Allemagne), les

universités de Catalogne, de Barcelone et l'Institut des sciences photoniques (Espagne) et l'université de Florence (Italie), ainsi que les unités de recherche photonique associées. Les cours en France seront dispensés à Marseille par des enseignants-chercheurs de l'Institut Fresnel. Le programme Erasmus Mundus finance des bourses (de montants différents) pour des étudiants non européens et européens ; Europhotonics consiste en dix bourses

Master (deux ans) pour étudiants non européens, dix bourses Master (deux ans) pour étudiants européens et dix bourses de thèse (trois ans) pour des thèses en co-tutelle entre au moins deux laboratoires du consortium (six pour étudiants non européens, quatre pour étudiants européens).

Programmes, modalités de candidatures et sujets de thèses se trouvent sur le site : www.europhotonics.org

► Bourses d'excellence Eiffel

Le programme d'excellence Eiffel, géré par l'association Egide pour le compte du ministère des Affaires étrangères et européennes, finance le séjour en France de doctorants étrangers dans le cadre d'une thèse en co-tutelle ou en codirection pour former les futurs décideurs étrangers, du privé et du public, dans les établisse-

ments d'enseignement supérieur français, dans trois domaines d'études prioritaires (sciences, économie-gestion, droit et sciences politiques). Les boursiers peuvent également bénéficier de l'allocation supplémentaire de logement. Les bourses Eiffel (1 400 euros/mois et prise en charge directe de plusieurs prestations : voyage aller-

retour, couverture sociale, activités culturelles) sont attribuées pour une durée de dix mois maximum, sur proposition des établissements d'enseignement supérieur français qui présélectionnent les étudiants étrangers qu'ils souhaitent accueillir en formation et remplissent les dossiers de candidatures. www.egide.asso.fr

► ENSTA ParisTech : les futurs employeurs ont voix au chapitre des enseignements

L'ENSTA ParisTech se dote d'un conseil d'orientation pour adapter ses enseignements, en partenariat avec les entreprises représentatives des secteurs d'emploi pour ses diplômés. Elles pourront y faire part du type de compétences vers lesquelles elles souhaitent voir l'école s'orienter et des évolutions pédagogiques souhaitables. Autour de la table : Air Liquide, Alstom Power, Altran, AREVA, Bureau Veritas, Dassault Systèmes, DGA, EDF, Setec, PSA Peugeot Citroën, RATP,

Renault, Thales, Total, Veolia Environnement, des représentants du syndicat professionnel Syntec Ingénierie et de l'association des anciens élèves (ENSTA ParisTech Alumni).

Après une première réunion le 9 octobre 2009, sur le thème « Formation et ingénierie », les débats porteront sur la politique internationale, la place de la formation doctorale et les développements à donner aux différentes formations dispensées.

FOCUS
« Formations en optique »

Dans le numéro 46, à paraître en juin, Photoniques publiera un dossier consacré à la formation en optique photonique.

Ce focus recensera les organismes de formation (initiale et continue) et leur permettra de s'y présenter sur un publi-rédactionnel 1/2 page.

La revue (diffusée à **10 000 exemplaires** avec 37 % de lecteurs responsables d'entreprises, chefs de service ou de projet, et décideurs en matière de formation) sera une excellente opportunité d'être présents dans les cellules d'orientation et journées d'orientation. Sa mise en ligne sur Internet amplifiera sa visibilité : www.photoniques.com enregistre plus de **5 000 visites par mois !**

 **Contact :**
Annie KELLER
(responsable de la publicité)
Tél. : 33 (0)1 69 28 33 69
Mobile : 33 (0)6 74 89 11 47
a.keller@photoniques.com



Institut Télécom : un nouveau statut et un président

Jean-Bernard Lévy a été nommé président du conseil d'administration du nouvel Institut Télécom ; les noms des quatre écoles du groupe ont été modifiés en Télécom ParisTech, Télécom Bretagne,

Télécom SudParis et Télécom Ecole de management. Jean-Bernard Lévy, président du directoire de Vivendi depuis 2005, est diplômé de l'Ecole Polytechnique et de l'Ecole nationale supérieure des télécommunications (Télécom ParisTech).



Du 17 au 19 novembre 2009, le centre des congrès de Reims (photo) a accueilli plusieurs manifestations : la première édition du salon PRI-Photon Recherche Industrie, la troisième édition des Journées recherche industrie de l'optique adaptative, le 10^e colloque Cmoi et la 13^e édition de FLUVISU.



Salon Photon Recherche Industrie 2009

La première édition du salon PRI a mobilisé 56 exposants et 24 partenaires et a attiré plus de 450 visiteurs (avec les congressistes Cmoi, Fluvisu et JRIOA).

L'AFOP, qui a fédéré les principaux acteurs de la communauté optique photonique autour de ce nouvel événement de l'industrie photonique, ainsi que quelques

événements majeurs de la profession : la Vitrine de l'innovation, le Prix de l'instrumentation de la Société de physique-chimie et la présentation de PRI 2010.



Journées recherche industrie de l'optique adaptative

La troisième édition des JRIOA s'est tenue du 17 au 19 novembre 2009 au Centre des congrès de Reims, bénéficiant du soutien logistique du club Cmoi, du soutien de ses partenaires industriels, Cilas, Imagine Optic et Phasics, ainsi que celui des institutions de recherche que sont l'ONERA, le Laboratoire d'astrophysique de Grenoble, le Laboratoire d'astrophysique de Marseille et l'Observatoire de Paris. Cette édition 2009 des JRIOA a réuni 45 des principaux spécialistes français du domaine, pour

faire état de leur travaux et échanger sur les nouvelles applications. Trente et une conférences se sont tenues autour des thématiques suivantes : applications imagerie biomédicale, technologie analyse de front d'onde et traitement du signal, astronomie, miroirs déformables et correcteurs de phase, applications émergentes et applications laser.

La communauté de l'optique adaptative devrait s'organiser au sein d'un club joint AFOP-SFO pour poursuivre sa structura-

tion et faire entrer les prochaines manifestations dans le cadre de ce club. Il a d'ores et déjà été décidé d'organiser une 4^e édition des JRIOA en 2010.

Par ailleurs, quatre jours de formation destinée à un public scientifique (doctorants, post-doctorants, ingénieurs) souhaitant acquérir les bases théoriques et pratiques sur l'optique adaptative auront lieu au printemps 2010 à Bordeaux (comme en 2009 à Marseille). Pour en savoir plus : ➤ www.optique-adaptative.fr

➤ Les salons PRI et Opto feront parc commun en 2010

À l'issue de la remise des Photons aux lauréats de la Vitrine de l'innovation (voir 2^e page de couverture), Samuel Bucourt (photo) a longuement parlé de la genèse et des raisons de cette première édition. Un accord a été signé avec GL Events pour une tenue conjointe des salons Opto et PRI en 2010 au Parc floral de Paris, esplanade du Château de Vincennes,



du 26 au 29 octobre 2010. Plusieurs événements centrés sur l'optique photonique seront donc rassemblés : PRI, Opto, le congrès de l'European Optical Society (EOS),

les conférences des « 50 ans du laser », les Vitrines de l'innovation et la rencontre annuelle des pôles optiques organisée par le CNOP.



Le cinquantième anniversaire de l'invention du laser est marqué par des événements partout dans le monde. Le comité d'organisation français, présidé par Costel Subran (Opton Laser International/CNOP) et André Ducasse (ALPhA-Route des Lasers/CNOP), coordonnera les actions nationales et régionales. Il s'est doté d'un site Internet dédié :

» www.50ansdulaser.com

» Micronora

De la R&D à la production, ce salon des microtechniques et nanotechnologies concerne tous les marchés, avec une approche par métiers (outillage, usinage, découpage, assemblage, décolletage, automatisation, métrologie, etc.).

La 17^e édition, en septembre 2008, qui mettait en avant la métrologie, a rassemblé 582 exposants (dont 37 % d'étrangers) sur 9729 m² et a accueilli 14 881 visiteurs venus de 51 pays.

La 18^e édition aura lieu du 28 septembre au 1^{er} octobre 2010 à Besançon, en partenariat avec Photoniques.

» www.micronora.com

» Display 2010

La 12^e édition du salon de l'affichage et de la visualisation électroniques aura lieu du 30 mars au 1^{er} avril 2010 à Paris. Pour ce rendez-vous des acteurs des technologies d'affichage (LCD, OLED, PDP, FEDs, papier électronique, écrans flexibles/écrans tactiles, 3D display, composants FPDs, microdisplays...), les organisateurs attendent 200 sociétés exposantes et 6 500 visiteurs professionnels.



La prochaine édition du salon itinérant aura lieu du 19 et 20 mai 2010, à Nantes. Ce rendez-vous spécifiquement dédié aux matériels et techniques laser pour l'industrie (soudage, marquage, gravure, découpe, traitement de surface, prototypage...) propose à ses visiteurs toutes les solutions en équipements, composants, produits et services, liés à la production industrielle par laser. En parallèle, des ateliers techniques organisés par le club Laser et Procédés présentent des témoignages d'industriels sur des applications concrètes du laser dans l'industrie.

» www.espace-laser.biz

À noter

Photoniques et Espace Laser s'associent pour vous proposer un focus « Espace Laser » dans Photoniques n° 45 (mars 2010).

Contact :

Annie KELLER (responsable de la publicité)

Tél. : 33 (0)1 69 28 33 69

Mobile : 33 (0)6 74 89 11 47

a.keller@photoniques.com

LASYS LASYS 2010

Le salon professionnel international pour des solutions de système dans l'usinage de matériaux au laser, LASYS 2010, aura lieu du 8 au 10 juin 2010 au Parc des Expositions de Stuttgart. Deux cents exposants y sont attendus pendant trois jours pour présenter leurs innova-

tions en matière de technologie laser. Des applications laser et des solutions produits, des systèmes de fabrication laser pour l'usinage micro et macro de matériaux ainsi que la technique de précision et les composants correspondants seront les vedettes de ce salon. Un cours intensif

BRÈVES

» **Vidéos du séminaire « Et si vous brevetez ? pourquoi, comment et après... ».** Les transparents et les interventions (filmés) du séminaire du Triangle de la physique « Et si vous brevetez ? pourquoi, comment et après... » qui a eu lieu le 26 novembre 2009 à Orsay sont en ligne. Si vous avez manqué (ou voulez revoir) les témoignages et les interventions sur les cellules de valorisation, les mesures de l'INPI pour faciliter l'accès au brevet, les ressources utiles nécessaires à la création et l'après-crédation, c'est ici : <http://triangledelaphysique.fr> !

» **Midest et Maintenance Expo se décernent un satisfecit.** Dans un contexte économique particulièrement difficile, la 39^e édition du salon de sous-traitance industrielle Midest et la 5^e édition du salon national des solutions de maintenance industrielle et tertiaire Maintenance Expo (qui ont eu lieu fin novembre) ont enregistré une fréquentation en hausse par rapport à 2008 : + de 5,5 % avec 39 710 visiteurs professionnels pour Midest, + 1 % avec 2 998 visiteurs pour Maintenance Expo. Midest a enregistré 1 700 entreprises venues du monde entier (avec 37 pays représentés contre 29 en 2008). Maintenance Expo exposait sur 1 500 m² les produits et services de 35 entreprises. Les conférences officielles ont accueilli 858 participants.

» **Congrès national des Business Angels.** 380 personnes ont participé au 1^{er} congrès national des Business Angels, organisé par France Angels, le 14 octobre 2009, autour du thème « Coopérer pour mieux réussir ». France Angels rassemble les 80 réseaux de Business Angels et les professionnels du capital amorceage.

www.franceangels.org

« Connaissances de base laser et usinage de matériaux au laser » aura lieu le 8 juin. Pour cette deuxième édition du LASYS, la France sera à l'honneur avec un pavillon français sous la bannière France Laser et Procédés. Le salon professionnel O&S (surfaces et couches) aura lieu en parallèle.

➤ **Salons, colloques et conférence en France**

EMLC2010

26th European Mask and Lithography Conference
18 au 20 janvier 2010
• Grenoble
<http://conference.vde.com/emlc-2010>

Conférence Interférences +

« Vision industrielle, quelles technologies pour demain ? »
21 janvier 2010 • Strasbourg
www.rhenaphotonics.fr

C21 2010

Colloque interdisciplinaire en instrumentation
26 et 27 janvier 2010
• Le Mans
parrainé par la SFO
www.sfoptique.org

Séminaire annuel de l'OMNT

2 février 2010 • Paris
www.omnt.fr

OPTRO 2010

3 au 5 février • Paris
parrainé par la SFO
www.optro2010.com/index.html

Tremplin Entreprises 2010

12 et 13 février 2010 • Paris
www.tremplin-entreprises.senat.fr

Techinnov

18 février 2010 • Orly
4^e édition des Rencontres Innovation & Développement Paris-Sud.
Cette rencontre rassemble les industriels, PME-PMI, laboratoires, grands groupes et investisseurs autour de rendez-vous programmés et de conférences et ateliers thématiques.
<http://techinnov-orly.com>

Club Rhenaphotonics

« Les nouveaux capteurs à fibres optique »
25 février 2010 • Mulhouse
www.rhenaphotonics.fr

Invest in Photonics

18 et 19 mars 2010 • Bordeaux
www.invest-in-photonics.com

Industrie Paris 2010

22 au 26 mars 2010 • Paris
Ce salon des solutions en équipements, compléments composants, produits et services pour tous les

stades de la fabrication industrielle, de la conception à la production, concerne donc également des aspects tels que le soudage-découpage et le contrôle qualité (mesures sans contact, métrologie et vision industrielle). L'édition lyonnaise 2009 a rassemblé 1 500 exposants et 21 000 visiteurs
www.industrie-expo.com

Club Rhenaphotonics

« L'oeil humain : un capteur photosensible réparable ? »
25 mars 2010 • Strasbourg
www.rhenaphotonics.fr

Display 2010

12^e édition du Salon de l'affichage et de la visualisation électroniques.
30 mars au 1^{er} avril 2010 • Paris
Ce salon est le rendez-vous des acteurs des technologies d'affichage (LCD, OLED, PDP, FEDs, papier électronique, écrans flexibles-écrans tactiles, 3D display, composants FPDs, microdisplays...)
Les organisateurs y attendent 200 sociétés exposantes et 6 500 visiteurs professionnels. Des conférences et ateliers sont organisés en parallèle de l'exposition, notamment autour du thème « *Innovations et green displays* ».
www.salon-display.com

Vous pouvez déjà noter

Workshop Applications opto-électroniques des nanotubes de carbone
8 et 9 Avril 2010 • Châtillon

Le programme de cet atelier, ouvert à proposition de posters, est divisé en quatre sessions réparties sur deux demi-journées : Synthèse, assemblage, tri / Nanotubes et photons / Nanotubes et électrons / Perspectives (médical, composites, NEMS). Date limite d'inscription : 10 Mars 2010.
www.onera.fr/jso/cnt-2010

Festival du film de chercheur 2010

4 au 7 mai 2010 • Nancy
La 11^e édition du festival du film de chercheur, consacré à la diffusion des savoirs et au partage de la connaissance, est une compétition ouverte à toutes les productions illustrant une découverte et ses applications, un savoir-faire et sa transmission, les travaux d'un laboratoire, une campagne scienti-



Publiez vos annonces d'évènements et formations dans l'agenda en ligne !

Il vous suffit de vous enregistrer en tant qu'utilisateur pour y proposer votre annonce. Après validation, elle sera publiée dans l'une des rubriques :

- Conférences en France • Conférences à l'étranger • Événement organisé par la SFO • Événement parrainé par la SFO • Soutenance de thèse • Formation • Partenariat Photoniques

fique... ou encore d'images « brutes » relatant une expérience ou une observation.
www.filmdechercheur.eu

Espace Laser 2010

19 et 20 mai 2010 • Nantes
partenariat Photoniques
Lire page 21
www.espace-laser.biz

Lumiville

Salon professionnel de la mise en lumière.
1^{er} au 3 juin 2010 • Lyon
www.lumiville.com

Eurosatory 2010

14 au 16 juin 2010 • Paris
www.eurosatory.com

Minatec Crossroads'10

21 au 25 juin 2010 • Grenoble
www.minatec.com

LU 2010

Second International Symposium on Laser-Ultrasonics
5 au 8 juillet 2010 • Bordeaux
www.lmp.u-bordeaux1.fr/LU2010

Micronora

Salon des microtechniques et nanotechnologies
28 septembre au 1^{er} octobre 2010 • Besançon
Partenariat Photoniques
www.micronora.com

CEPI 2010

Carrefour des équipements pour les process industriels
5 au 7 octobre 2010 • Lyon
www.cepi-expo.com

Broadband World Forum Europe

25 au 27 octobre 2010 • Paris
www.iec.org/events/bbwf10

Colloque Cmoi

15 au 19 novembre 2010
• Toulouse
Organisé par la SFO
www.sfoptique.org

SERI

Salon européen de la recherche et de l'innovation
2 au 4 juin 2011 • Paris
www.seri.info

➤ **Salons, colloques et conférence à l'étranger**

Photonics21 Annual Meeting

14 et 15 janvier 2010 • Bruxelles (Belgique)
www.photonics21.org

Entrepreneurship in Photonics

25 janvier au 5 février 2010 • Bruxelles (Belgique)
Le réseau d'excellence Photonics4Life et la Vrije Universiteit Brussel organisent un séminaire de formation pour les entrepreneurs en photonique. Au programme de ces journées, trois modules de formations : Introduction to business economics (3 jours), Business aspects of photonics (5 jours) et Business plan (2 jours)
www.photonics4life.eu

Photonics West

26 au 28 janvier 2010 • San Francisco (USA)
<http://spie.org/x2584.xml>

Euro-Mediterranean Innovation Marketplace

26 au 28 janvier 2010 • Caire (Egypte)
www.euromed-innovation.net

Erratum

Contrairement à ce qui a été annoncé dans l'agenda du n°43, - Espace Laser 2010 se tiendra à Nantes, - le prochain SERI aura lieu en juin 2011.

Nortec

Salon de l'industrie (machines-outils et sous-traitance)
27 au 30 janvier 2010
• Hambourg (Allemagne)
www.rhena-fair.com

**EOS Topical Meeting
Diffraction Optics 2010**

14 au 18 février 2010
• Koli (Finlande)
www.myeos.org/events/koli

Laser Optics Berlin

International Trade Fair and Convention for Optical & Laser Technologies
22 au 24 mars 2010
• Berlin (Allemagne)
partenariat Photoniques
www.laser-optics-berlin.com

Vous pouvez déjà noter

Photonics Europe 2010

12 au 16 avril 2010
• Bruxelles (Belgique)
partenariat Photoniques
<http://spie.org/photonics-europe.xml>

8th EMVA Business Conference

16 et 17 avril 2010
• Istanbul (Turquie)
<http://emva.org>

AKL'10

5 au 7 mai 2010
• Aachen (Allemagne)
www.lasercongress.org/en/

LASYS 2010

8 au 18 juin 2010
• Stuttgart (Allemagne)
www.laserenligne.fr

NanoFair 2010

8th International Nanotechnology Symposium
6 et 7 juillet 2010
• Dresden (Allemagne)
www.nanofair.com

QIRT 2010

Quantitative Infrared Thermography
27 au 30 juillet 2010
• Quebec (Canada)
<http://qirt2010.gel.ulaval.ca>

EOS Topical Meeting

Visual and Physiological Optics 2010 (5th EMVPO)
22 au 24 août 2010
• Stockholm (Suède)
www.myeos.org/events/stockholm

ICONO / LAT 2010

International Conference on Coherent and Nonlinear Optics / International Conference on Lasers, Applications and Technologies
23 au 27 août 2010
• Kazan (Tatarstan, Russian Federation)
<http://congress.phys.msu.ru/iconolat10/>

ECOC 2010

19 au 23 septembre 2010
• Turin (Italie)
www.ecoc2010.org

AMB

Exposition internationale de l'usinage des métaux.
28 septembre au 2 octobre 2010 • Stuttgart (Allemagne)
www.messe-stuttgart.de/amb

Laser World of Photonics

23 au 26 mai 2011
• Munich (Allemagne)
www.world-of-photonics.net

Formations

Initiation au soudage laser (matériaux métalliques)

26 au 28 janvier 2010
• Strasbourg/Illkirch
www.irepa-laser.com

Le laser dans la mise en œuvre des matériaux métalliques

2 au 5 février 2010
• Strasbourg/Illkirch
www.irepa-laser.com

Le laser dans la mise en œuvre des plastiques

2 au 5 février 2010
• Strasbourg/Illkirch
www.irepa-laser.com

Gravure et usinage laser

2 au 4 février 2010
• Strasbourg/Illkirch
www.irepa-laser.com

Optique de base 1 : optique géométrique

9 et 10 mars 2010 • Bordeaux
www.pylla-routedeslasers.com

Le laser : fonctionnement et domaines d'utilisation

11 et 12 mars 2010
• Bordeaux
www.pylla-routedeslasers.com

Règles de conception appliquées au soudage laser

10 au 12 mars 2010

• Strasbourg/Illkirch
www.irepa-laser.com

Soudage des matériaux plastiques

16 au 18 mars 2010
• Strasbourg/Illkirch
www.irepa-laser.com

Soudo-brasage

23 au 25 mars 2010
• Strasbourg/Illkirch
www.irepa-laser.com

Sécurité Laser

23 au 25 mars 2010
• Bordeaux
www.pylla-routedeslasers.com

Optique physique

29 et 30 mars 2010
• Bordeaux
www.pylla-routedeslasers.com

Mise en œuvre de la découpe laser

30 mars au 1^{er} avril 2010
• Strasbourg/Illkirch
www.irepa-laser.com

Travail en environnement contrôlé

31 mars et 1^{er} avril 2010
• Bordeaux
www.pylla-routedeslasers.com

Sensibilisation à la Sécurité Laser

7 avril 2010 • Bordeaux
www.pylla-routedeslasers.com

Assemblage fin par laser impulsif

4 au 6 mai 2010
• Strasbourg/Illkirch
www.irepa-laser.com

*** Green or not,
nobody wants
to go Red**

Si vous êtes inquiets des couleurs de vos finances, de votre capacité à vous développer, rejoignez-nous pour la deuxième édition d'Invest in Photonics® à Bordeaux.



Focus POPsud : le Sud-Est, terre de lumière



POPsud regroupe les forces vives photoniques de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) et Languedoc-Roussillon ; son siège social est à Marseille.

L'optique photonique de la région sud de la France est soutenue par l'association POPsud depuis 2000. Sa création et les actions initiales qu'elle a portées lui ont permis de doter la région d'un pôle de compétitivité 100 % photonique : Optitec, dont elle assure aujourd'hui la gestion et le fonctionnement. Communauté d'intérêt paritaire entre académiques et industriels, et cluster d'envergure européenne, POPsud-Optitec a su diversifier et étendre ses animations et ses actions tout en conservant la vitalité que confère un « réseau ».

Son implication internationale, qui lui est naturellement donnée par les frontières avec l'Italie pour la région PACA et l'Espagne pour la région Languedoc-Roussillon, se renforce par des actions de collaboration avec l'Europe (Photonics21), les États-Unis (notamment Boston), le Québec, le Brésil, l'Allemagne, l'Angleterre, l'Irlande...

Des adhérents de plus en plus nombreux, des laboratoires internationalement reconnus et des entreprises dont les chiffres à l'export et la croissance font envie... Il y aura donc du monde – et du beau monde ! – pour souffler les bougies lors de l'anniversaire des 10 ans de POPsud en 2010.

Chiffres clés

■ L'optique photonique dans le Sud-Est

- 20 % des activités françaises de R&D en optique
- 25 entreprises photoniques créées depuis 8 ans, avec un taux de survie de 83 %
- 12 363 emplois qualifiés, dont 5 000 chercheurs et ingénieurs
- 900 millions d'euros de PIB régional
- 600 créations d'emplois directs en 3 ans
- 10 % de croissance moyenne pour les entreprises innovantes
- 38,2 % du CA des entreprises à l'export
- 15 % du CA des entreprises consacrés à la R&D

■ Région PACA

- 6 départements (Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Alpes-Maritimes, Bouches-du-Rhône, Var et Vaucluse)
- 4 891 000 habitants (2008)
- 31 400 km²
- 6 universités (Aix-Marseille, Avignon, Nice, Toulon)
- 15 écoles d'ingénieurs
- 160 000 étudiants
- 10 000 chercheurs

■ Région Languedoc-Roussillon

- 5 départements (Aude, Gard, Hérault, Lozère et Pyrénées-Orientales)
- 2 548 000 habitants (2007)
- 27 376 km²
- 5 universités (Montpellier, Nîmes et Perpignan)
- 5 écoles d'ingénieurs
- près de 90 000 étudiants
- 6 470 chercheurs



POPsud : le réseau

Le pôle optique et photonique sud, POPsud, est une association créée en 2000 à l'initiative de chercheurs et d'industriels pour renforcer les liens et les partenariats entre les entreprises, les laboratoires de recherche et les universités dans le Sud de la France dans les domaines de l'optique photonique et le traitement d'images. Il a pour objectif d'animer et de promouvoir cette filière dans le Sud-Est de la France, c'est-à-dire en PACA (Provence-Alpes-Côte d'Azur) et Languedoc-Roussillon, et se donne également pour mission de renforcer les synergies entre la recherche et l'industrie, via le soutien aux projets collaboratifs de R&D.

Depuis sa création, l'association a mis en place un réseau d'entreprises et de laboratoires qui s'est très largement élargi (de 45 à sa création, le réseau concerne aujourd'hui 175 adhérents dont une certaine d'entreprises) et étendu (15% de ses adhérents sont désormais à l'extérieur de la région PACA qui est sa zone d'implantation d'origine). Et, le réseau ne cesse de croître, alimenté par l'intérêt des nouveaux adhérents pour l'anima-

Le bureau de l'association POPsud

- Président** : Jacques BOULESTEIX (Laboratoire d'astrophysique de Marseille)
- Vice-président** : Christian SINGER (Thales Alenia Space)
- Trésorier** : François FLORY (Ecole Centrale Marseille)
- Secrétaire** : Gérard GREISS (PME Sud Est Optique de Précision)
- Asseseurs** : Paul COUDRAY (PME Kloé), Marc FERRARI (Laboratoire d'astrophysique de Marseille), Marc de MICHELI (Laboratoire de physique de la matière condensée)

tion dense assurée par POPsud, y compris dans son rôle de pôle régional d'innovation et de développement économique solidaire (PRIDES) qui inclut un aspect de développement économique local. POPsud fait partie du Comité national d'optique photonique (CNOP), qui regroupe l'ensemble des pôles optiques régionaux.



Labellisé comme pôle de compétitivité optique et photonique sous le nom d'Optitec en 2005, POPsud a ainsi acquis

les moyens d'agir et d'apporter à ses partenaires des services tels que le support au montage de projets de R&D et l'accompagnement dans la recherche de financement, dans les démarches des entreprises auprès des donneurs d'ordre et à l'international, ainsi que dans leurs démarches en termes de propriété intellectuelle ou de formation.

Le conseil d'administration de POPsud s'appuie sur son conseil stratégique, présidé par Didier Rabaud (Shaktiware). Les missions de ce conseil portent sur les stratégies de recherche et développement, les moyens et équipements nécessaires, les relations avec la communauté scientifique et les structures équivalentes (en France, dans l'Union européenne ou dans d'autres pays) et les actions à mener.

Le pôle de compétitivité est plus particulièrement positionné sur trois grands axes : l'optique pour la santé, l'optique pour l'environnement et l'optique des systèmes complexes. Il a labellisé 94 projets collaboratifs de R&D en trois ans pour un investissement total de 220 millions d'euros. Dans le cadre du huitième appel du Fonds unique interministériel, sur les 93 projets, représentant 48 pôles, quatre projets labellisés par le pôle >>>

Institut Fresnel
UMR CNRS 6133

Photonique
Électromagnétisme
Signal
Image

<http://www.fresnel.fr>

Institut Fresnel - Domaine Universitaire de Saint-Jérôme - 13397 Marseille cedex 20 France
Tél : 33(0)4 91 28 83 28 Fax : 33(0)4 91 28 80 67 fresnel@fresnel.fr

POPsud

Les thématiques prioritaires

Le pôle Optitec est positionné sur les systèmes complexes d'optique et d'imagerie, avec une orientation stratégique sur quatre marchés applicatifs et trois domaines technologiques.

Marchés cibles

- Spatial, défense, aéronautique : systèmes d'observation, systèmes de guidage, vidéo-surveillance, système pour armement, très grands télescopes.
- Procédés industriels : fabrication, téléinspection (vision, métrologie...), contrôle de processus via la transmission et la gestion des données.
- Santé et sciences du vivant : imagerie, biophotonique, instrumentation optique pour la biologie (diagnostic) et la santé (thérapie).

- Energie-environnement : contrôle des risques naturels et industriels, éclairage, imagerie marine et sous-marine, optique pour l'énergie, photovoltaïque.

Technologies

- Composants, matériaux et procédés optiques : miroir, couches minces, microphotonique, optoélectronique, capteurs, LEDs, OLEDs, cellules solaires.
- Systèmes complexes : systèmes optiques, laser, optique adaptative, spectroscopie.
- Technologies connexes ou émergentes : traitement du signal, modélisation, optique quantique et ses applications.

traitement d'images médicales, l'Onera pour la modélisation et la mise en œuvre de dispositifs optroniques, le CEA (centre de Cadarache) pour le laser et les différentes technologies en lien avec ITER, le Cemagref et l'Ifremer qui intègrent de l'optique à la gestion des eaux et de la pollution...

La formation supérieure en optique est très bien représentée en PACA-LR, avec dix universités et cinq écoles d'ingénieurs préparant des masters spécialisés (soit plus de 150 ingénieurs et thésards formés chaque année) et de nombreux établissements offrant des formations initiales et continues, telles que la formation en alternance d'opticiens-lunetiers de l'IUT de Marseille.



© Thales Alenia



© CNRS - LAM

Optitec sur six ont été retenus par le FUI, dont deux en colabellisation. Ces quatre projets qui représentent un montant total de 10 millions d'euros, ont obtenu 4,8 millions d'euros de subventions, avec plus de vingt partenaires associés, dont dix PME et six laboratoires.

Une recherche de pointe

Les thématiques d'excellence régionales sont diverses et portées par de nombreux laboratoires de renommée internationale (1800 chercheurs), dédiés partiellement ou totalement à la photonique. L'Institut Fresnel, dont les 130 chercheurs mènent des recherches allant des matériaux au traitement d'images en passant par l'endommagement laser, l'optique statistique, la biophotonique, le filtrage optique ou les technologies de fabrication de composants multicouches... L'Observatoire astronomique de Marseille Provence (OAMP), qui rassemble le Laboratoire d'astrophysique de Marseille (LAM) et l'Observatoire de Haute-Provence, regroupe plus de 80

chercheurs autour de l'instrumentation complexe, en particulier dans le domaine de l'optomécanique et de la fabrication optique. Le Centre de physique des particules de Marseille (CPPM) a développé une R&D liée aux sous-ensembles de détection complexes multitechnologies (dont l'optique) pour des détecteurs de physique fondamentale et des applications telles que l'imagerie biomédicale. Le laboratoire de physique de la matière condensée (LPMC), à Nice, concentre son activité sur l'optique guidée active, autant au niveau de la fabrication des composants que de leur utilisation dans des systèmes complexes.

Cependant, on pourrait citer bien d'autres structures de recherche dont une partie des travaux portent sur l'optique : l'Inria pour l'imagerie satellitaire et le

Une industrie dynamique

La vitalité économique du Sud-Est, est portée par de grands groupes développeurs-intégrateurs de systèmes complexes, mais aussi utilisateurs d'outils optiques et photoniques (comme Thales Alenia Space, DCNS, Eurocopter, ST Microelectronics, Horiba ABX), un tissu dense de PME très bien positionnées sur leur marché (comme Optis, Pellenc ST, Seso, Stil, Shaktiware, Supersonic Imaging..) et de nombreuses start-up nées de l'essaimage de grandes sociétés régionales ou de laboratoires de recherche.

Les entreprises optiques innovantes y montrent un particulier dynamisme : 25 sociétés photoniques ont été créées depuis 2001 (avec un taux de survie de 83 %) et la filière – qui affiche 10 % de croissance moyenne – a créé 600 emplois directs sur les trois dernières années.

Ainsi, de nombreuses sociétés participent à la renommée régionale en termes de compétitivité et d'innovation, dans des thématiques couvrant de nombreuses technologies et applications : composants et produits OLED (Astron-Fiamm-Safety), circuits et systèmes optiques pour les télécommunications ou le diagnostic médical (Kloé), les couches minces optiques et les miroirs déformables (Cilas), capteurs pour la métrologie sans contact (Stil SA), microcomposants optiques (Silios Technologies) ou la vidéo surveillance intelligente (Kaolab)...

Mais, il faudrait aussi citer Bertin Technologies, Seres, Orsay Physics, Synapsis, Vegatec, Seso, Winlight System, Light Technologies, Phlox, Ivea, Keopsys, Lamdyne... ■



OLED, un producteur en France : Astron-Fiamm-Safety

Installée récemment à Toulon, Astron-Fiamm-Safety apporte un nouveau souffle dans l'optoélectronique organique. Depuis deux ans, Astron Fiamm Safety développe des composants et produits OLED (*Organic Light-Emitting Diode*) hors du commun.

■ Astron-Fiamm-Safety SARL (AFS) a été créée par Bruno Dussert-Vidalet, avec pour objectif de développer un centre d'excellence et de production d'OLEDs en France, en ciblant tout particulièrement les marchés de l'éclairage et de la signalisation.

■ AFS est forte aujourd'hui de 15 personnes, principalement des ingénieurs-chercheurs spécialisés dans l'OLED, qui détiennent à l'heure actuelle plusieurs records de performances, notamment sur les OLEDs monochromatiques et sur les OLEDs blanches de très grande surface (surface active > 800cm²).

■ La technologie de production développée au sein de la société est basée sur l'évaporation thermique sous vide. Un immense cluster composé de cinq chambres permet aujourd'hui de produire en petites séries des

OLEDs sur des substrats de 470 x 370 mm. Afin d'héberger cette énorme machine, AFS s'est dotée d'une salle blanche en classe 100.

■ Les OLEDs sont des sources surfaciques, extra plates (maximum 2 mm d'épaisseur), permettant de sculpter la lumière à volonté. Ce passage des sources lumineuses ponctuelles ou linéaires à une source 2D est très bien accueilli par les designers de luminaires qui vont enfin pouvoir travailler sur la lumière et plus sur l'abat-jour.

■ L'ingénierie physique des matériaux et le choix des molécules permet aux équipes d'AFS de créer des sources de toutes les couleurs et toutes les nuances de blanc.

■ Ayant démontré sa compétence dans le domaine très fermé des OLEDs, l'équipe



OLED blanche grande surface de 800 cm².

d'AFS a su séduire plusieurs clients internationaux. Dans quelques mois, AFS va débiter la production ainsi que la commercialisation de ces nouvelles sources de lumière.

Astron Fiamm Safety SARL
35, rue Pasteur - ZI Toulon Est
BP 320 La Farlède - 83077 Toulon cedex 9
Tél: 04 94 64 63 84
coralie.ferber@astron-fiamm-safety.com
www.astron-fiamm-safety.com

CILAS, l'exigence technologique pour les couches minces optiques et les miroirs déformables



Le miroir déformable de l'instrument SPHERE pour la détection d'exoplanètes.

■ Traitements optiques

Les traitements optiques sur des substrats de grandes dimensions s'ajoutent aujourd'hui à l'offre de Cilas dans les traitements complexes de l'UV au proche infra rouge.

Cilas accueille dans son unité de Marseille la plus grande machine de traitement optique d'Europe, traitant des optiques de deux mètres de diamètre.

Ce projet, PACA2M (Pulvérisation Cathodique pour optiques de 2 Mètres), a été label-

Les couches minces optiques de Cilas répondent aux applications les plus exigeantes, pour la défense, le spatial, les observatoires astronomiques terrestres, le médical et les centrales électriques solaires. Ses miroirs adaptatifs équipent les plus grands télescopes mondiaux.

lisé par le Pôle de compétitivité Optitec, géré par POPSud, et financé par la DGE au travers du Fonds unique interministériel. Cilas a fédéré autour de PACA2M des partenaires comme l'Institut Fresnel, Thales Alenia Space et Alliance Concept.

La machine est déjà réservée pour le traitement des miroirs des paraboles de télescopes spatiaux du CNES, ceux du four solaire Odeillo et pour déposer les argentures sur les réflecteurs du laser mégajoule du CEA.

■ Miroirs adaptatifs

Les miroirs adaptatifs de Cilas sont sur la plupart des grands télescopes de la classe 8-10 mètres de diamètre, et dans diverses installations laser dans le monde. C'est le cas du miroir déformable comportant 1380 actionneurs destiné à l'instrument de

nouvelle génération SPHERE pour la détection d'exoplanètes.

Cilas a été choisie par l'ESO pour une étude de conception du miroir adaptatif du futur E-ELT dont le miroir primaire aura un diamètre de 42 mètres.

Ce miroir déformable aura des caractéristiques exceptionnelles : un diamètre de 2,6 mètres et environ 7000 actionneurs.

CILAS

Jean-Jacques Roland
Directeur de l'optique adaptative
roland@cilas.com
Richard Palomo
Responsable commercial
palomo@cilas.com
www.cilas.com



Centre de physique des particules de Marseille

Le Centre de physique des particules de Marseille (CPPM), unité mixte de recherche de l'université de la Méditerranée et du CNRS/IN2P3, étudie les particules élémentaires, les astroparticules et la cosmologie observationnelle. Il réalise des sous-ensembles de détection complexes associant diverses technologies, dont l'optique, aussi bien pour des détecteurs de physique fondamentale que pour des applications interdisciplinaires, notamment en imagerie biomédicale.



Démonstrateur du spectrographe SNAP.

■ Le télescope à neutrinos ANTARES est formé d'une matrice tridimensionnelle de 900 photomultiplicateurs installée en Méditerranée par 2 500 mètres de fond au large

de Toulon. L'acheminement des données se fait par un câble électro-optique sous-marin de 40 km de long.

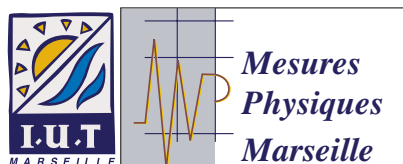
Ce télescope qui a pour but de détecter des neutrinos cosmiques par la faible lumière Tcherenkov émise par les muons dans lesquels ils se transforment, permet aussi d'effectuer des mesures environnementales en temps réel.

■ Dans le cadre de la préparation au projet de télescope spatial SNAP, le CPPM centre son activité sur le spectrographe, avec la mise au point d'un démonstrateur dont il a eu la responsabilité de la fabrication de l'optomécanique et qui a permis de valider la tech-

nologie « slicer » développée par le laboratoire d'astrophysique de Marseille (OAMP/LAM).

■ Par le développement de détecteurs pour des expériences au CERN, le CPPM a acquis la maîtrise de la technologie des détecteurs silicium à pixels hybrides. Cette technologie a été transférée sur la détection rapide et précise de rayons X (imagerie biomédicale, cristallographie). Des éléments de détection de $6,8 \times 6,5 \text{ cm}^2$ ont été réalisés et permettent d'acquérir des images toutes les 2 ms avec une dynamique pratiquement infinie. Une start-up est en cours de création pour industrialiser ces détecteurs.

marwww.in2p3.fr
contact@cppm.in2p3.fr



IUT de Marseille : des formations pluridisciplinaires !

Créé en 1969, le département Mesures physiques de l'IUT de Marseille offre des formations universitaires pluridisciplinaires et, depuis 1973, une filière spécifiquement réservée à la formation en alternance des opticiens-lunetiers.

■ Le département de Mesures physiques

La formation principale donne lieu, en deux ans de contrôle continu, à la délivrance d'un **DUT Mesures physiques** caractérisé par un large spectre de compétences centré sur les sciences physiques, la métrologie-qualité, la physico-chimie et les matériaux. Il permet aux diplômé(e)s d'exercer directement leurs compétences dans tous les secteurs scientifiques ou de poursuivre leurs études (en France ou à l'étranger).

Deux licences sont également proposées en FI, FC et contrat pro :

- la **licence professionnelle Maintenance et technologies biomédicales** forme des cadres techniques qui assurent la maintenance technique et métrologique des matériels biomédicaux, réalisent le contrôle qua-

lité des équipements biomédicaux et travaillent dans l'industrie biomédicale en instrumentation et mesure ;

- la **licence professionnelle Microélectronique et microsystèmes** complète la formation de technicien en électronique, informatique industrielle et optique par une maîtrise des outils, des techniques et des méthodologies de conception en microélectronique et optoélectronique.

■ La filière CEROOM pour les opticiens

La filière CEROOM, spécifiquement réservée à la formation en alternance des opticiens-lunetiers et proposée seulement dans deux universités en France comprend :

• une préparation à l'examen du **BTS Opticien-lunetier (BTSOL)**,



• la **licence professionnelle Optique professionnelle** qui assure la complémentarité des savoirs et des compétences entre opticiens, ophtalmologistes et orthoptistes et permet de former des diplômés compétents prenant en charge la mesure de l'acuité et de la réfraction et l'adaptation de lentilles,

• des **DU Optométrie et optique de contact** ainsi qu'un **DU Management et marketing pour l'opticien** qui complète le BTSOL,

• des **stages qualifiants** pour les opticiens.

• **Mesures Physiques**
www.iutmp.u-3mrs.fr
Valérie KAZARIAN
valerie.kazarian@univ-cezanne.fr

• **CEROOM** (www.ceroom.univ-cezanne.fr)
Eric LAZARIDES
eric.lazarides@univ-cezanne.fr



Kloé : fabricant de circuits et systèmes optiques intégrés

Kloé est un fabricant de circuits et de systèmes optiques destinés aux marchés des télécommunications, des capteurs, du diagnostique médical, de l'aérospatial et de l'optique ophtalmique.

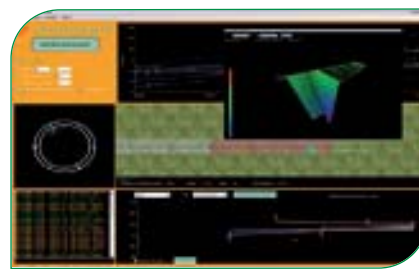
■ Les produits commerciaux sont tous élaborés à partir de la technologie Dilase développée et brevetée par Kloé. Ces produits se répartissent en trois gammes ; les équipements, tels que les bancs d'écriture par laser (figure 1), les insolateurs UV à LED, les circuits optiques tels que les capteurs de gaz, les capteurs de température et les cytomètres de flux en optique intégrée (figure 2), et les matériaux optiques spéciaux tels que les colles d'assemblages optiques, les revêtements de type vernis optiques ou les résines de photolithographie.

■ En complément de ces produits standard, Kloé propose à l'ensemble de sa clientèle un service de recherche et développement en optique et photonique sur spécifications. Nos clients tirent ainsi parti de la flexibilité et de la souplesse de la technologie Dilase.

■ L'ensemble de ces compétences permet aujourd'hui à Kloé de travailler entre autres avec Alcatel-Lucent, France Télécom, le CEA, Thales, Sagem, le CNES, Technip, l'Onéra, EADS Sodern, Essilor International, AT 3-5 Lab...



Équipement d'écriture par laser Dilase 750.



Système de monitoring en température et en détection de gaz K-BGS Monitoring Unit.

■ Kloé travaille également sur l'international, notamment avec la société américaine Cybel qui distribue ses équipements de lithographie directe par laser Dilase sur la côte est des États-Unis.

Kloé
1068, rue de la Vieille Poste
34000 Montpellier
www.kloe.fr
macoudray@kloe.fr

Directrice marketing
Tél: 04 67 82 19 12
Fax: 04 67 73 14 85



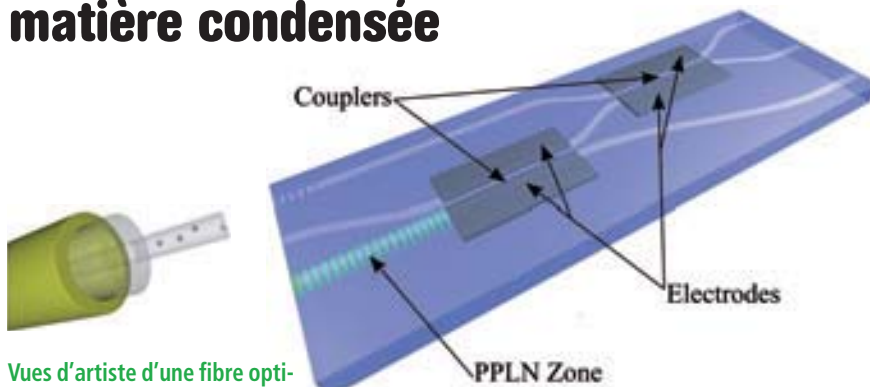
La photonique au Laboratoire de physique de la matière condensée

Le LPMC développe à Nice une activité autour de l'optique guidée active dont la force repose sur la capacité du laboratoire à couvrir aussi bien la fabrication des composants que leurs utilisations dans des systèmes complexes et innovants. Les projets se nourrissent de l'interaction entre des spécialistes des matériaux, des composants, des communications quantiques et de l'étude de la propagation dans les milieux complexes ou non linéaires.

■ Le LPMC possède une expertise reconnue dans l'étude des lasers aléatoires et des cavités et fibres chaotiques.

■ Pour la fabrication des composants, le LPMC est équipé d'un centre de fabrication de fibres optiques et d'une plate-forme permettant la réalisation de circuits optiques intégrés sur niobate de lithium.

■ L'originalité des fibres développées réside dans leurs propriétés de guidage et dans leurs propriétés spectroscopiques. L'amélioration



Vues d'artiste d'une fibre optique dopée avec des nanoparticules luminescentes et d'un relais quantique réalisé en optique intégrée sur niobate de lithium.

de ces dernières (introduction de nanoparticules dans le cœur) permettra d'inclure ces fibres dopées dans les lasers ou les amplificateurs optiques de demain.

■ Pour la réalisation de circuits intégrés sur niobate de lithium utilisant les propriétés non linéaires du cristal, le LPMC a développé l'association d'un procédé spécifique de fabrication des guides avec les techniques d'in-

génierie de l'accord de phase disponible sur ce matériau. Les objectifs sont la conception, la réalisation et l'étude de nouvelles sources cohérentes, de composants utilisant des cristaux photoniques et de circuits optiques intégrés servant de base à de véritables systèmes de communication quantique pour les échanges d'information sécurisés de demain.

LPMC UMR 6622
CNRS - Université de Nice Sophia Antipolis
<http://www.unice.fr/lpmc>
lpmcdir@unice.fr



Développements instrumentaux pour le futur télescope géant européen

Depuis bientôt dix ans, le Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (LAM) a développé une importante expertise scientifique et technique liée au projet de télescope géant européen (E-ELT). Les instruments E-ELT sur lesquels le LAM travaille ont pour objectifs scientifiques l'étude de la physique et de l'évolution des galaxies lointaines, et celle des exoplanètes, deux thématiques prioritaires de l'E-ELT. Les études techniques s'appuient sur l'expertise en instrumentation complexe des différents services du laboratoire, en particulier dans le domaine de l'optomécanique et de la fabrication optique.

■ Le projet E-ELT (figure 1), mené par l'Observatoire européen austral (ESO), est un projet de télescope optique et infrarouge de 42 mètres de diamètre qui devrait voir le jour d'ici la fin de la prochaine décennie (2018-2020). Le LAM est aujourd'hui impliqué sur trois des pré-études scientifiques et techniques des instruments de l'E-ELT, dont deux en tant que *principal investigator* (PI), ainsi que sur de nombreux programmes de développements technologiques directement liés à ce projet.

■ Sur l'initiative du LAM, Marseille a accueilli la conférence de présentation de l'E-ELT à la communauté ESO fin 2006 (250 personnes) ainsi que la conférence SPIE de 2008 sur les télescopes et l'instrumentation pour l'astronomie qui, tous les deux ans, réunit les 2000 spécialistes mondiaux du domaine.

Spectroscopie bidimensionnelle et optique adaptative

■ Un exemple d'instrument étudié pour l'E-ELT est l'instrument EAGLE (figure 2), qui permettra de réaliser la spectroscopie bidimensionnelle dans l'infrarouge proche d'une vingtaine de galaxies simultanément. La spectroscopie bidimensionnelle fait appel à des dissecteurs d'images (*image slicer*) qui permettent de découper une image en différentes portions, ensuite ré-imagées sur la fente d'un spectrographe.

■ EAGLE fait également appel à une technique innovante d'optique adaptative, appelée optique adaptative multi-objets, qui permet la correction en temps réel des aberrations induites par la turbulence atmosphérique pour chacun des objets observés, quelles que soient leurs positions dans le champ du télescope. Un système d'optique active est aussi en cours d'évaluation et de prototypage pour la focalisation dynamique des étoiles laser qui équiperont l'E-ELT.

■ L'étude d'EAGLE a été soutenue par des contrats avec l'ESO, l'ANR et des programmes européens des 6^e et 7^e PCRD, ainsi que par les tutelles du laboratoire, le CNRS-



Figure 1. Le télescope géant européen (E-ELT).



Figure 2. L'instrument EAGLE.

INSU et l'université de Provence. Le consortium européen en charge de cette étude rassemble, outre le LAM, les laboratoires LESIA et GEPI de l'Observatoire de Paris, l'ONERA, et, en Angleterre, l'université de Durham et le United-Kingdom Astronomy Technology Centre (UKATC) situé à Edimbourg.

Optique active

■ Le LAM possède également une expertise reconnue sur les techniques dites d'optique active, appliquées à la réalisation de pièces asphériques par polissage sous contraintes (figure 3). Ce savoir-faire a notamment été appliqué ces derniers mois à la fourniture de pièces optiques complexes pour des projets de l'ESO. Citons par exemple l'asphérisation (convexe hyperbolique) d'un prototype de lame mince (1,12 m de diamètre et 2 mm d'épaisseur) destinée au futur miroir secon-

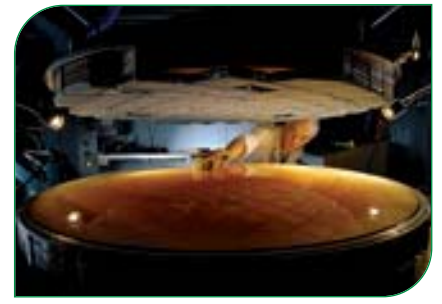


Figure 3. Polissage de la lame mince VLT.

daire adaptatif du Very Large Telescope (VLT), et la fourniture des trois optiques toriques, de très haute qualité de surface, destinées à l'instrument d'optique adaptative extrême VLT SPHERE, dédié à l'imagerie directe d'exoplanètes.

■ L'excellente qualité de surface des optiques réalisées par polissage sous contraintes est un atout essentiel pour les applications astrophysiques à haute dynamique telles que l'optique adaptative ou la coronagraphie. L'autre atout majeur des techniques d'optique active pour la réalisation de pièces asphériques est le gain apporté, en termes de délais et de coûts, par rapport aux techniques d'asphérisation classiques. Pour le futur E-ELT, et la réalisation de plus de 1 000 segments asphériques hors-axe de 1,5 mètre, ces aspects de délais et de coûts de fabrication sont bien sûr incontournables. C'est dans ce cadre que le LAM poursuit des développements visant à la mise au point d'une technique d'optique active qui soit facilement industrialisable et applicable au cas de l'E-ELT. Ces développements, qui ont déjà fait l'objet d'un brevet en collaboration avec l'industrie, vont se poursuivre courant 2010 par des premiers prototypes.

Jean-Gabriel Cuby
jean-gabriel.cuby@oamp.fr

Marc Ferrari
marc.ferrari@oamp.fr

Laboratoire d'Astrophysique de Marseille
 Université de Provence/CNRS
 38 rue Frédéric Joliot-Curie
 13388 Marseille cedex 13



ANNONCE LÉGALE

La société Optis ayant assigné la société O++ sur le fondement de la concurrence déloyale et de la contrefaçon pour avoir copié illicitement ses logiciels Speos et Solstis, la Cour d'Appel de Douai a, dans un arrêt en date du 9 septembre 2009 condamné la société O++ dans les termes suivants :

« La Cour, statuant publiquement, par arrêt contradictoire mis à disposition au greffe,

Infirme le jugement entrepris, statuant à nouveau,

Déboute la SAS Optis de ses prétentions fondées sur la concurrence déloyale et le parasitarisme,

Dit que la SARL O++ a partiellement contrefait les logiciels de la SAS OPTIS, en conséquence la condamne à payer à cette dernière la somme de 10.000 € à titre de dommages et intérêts, ordonne l'arrêt de la fabrication et de la commercialisation du logiciel APILUX, ainsi que la destruction de ses sources, à compter de la signification du présent arrêt, sous astreinte de 1000 € par infraction constatée,

Ordonne la publication du présent arrêt dans quatre revues spécialisées, au choix de la SAS OPTIS, le coût de chaque insertion étant limité à 1500 €.

Déboute la SARL O++ de sa demande de restitution du CD-Rom contenant la copie du logiciel APILUX, saisi par l'huissier le 17 mars 1999, ainsi que de sa demande de dommages et intérêts pour procédure abusive et vexatoire et de publication du présent arrêt,

Interdit à la société OPTIS d'utiliser ce logiciel APILUX, sous quelque forme que ce soit, sous astreinte de 1000 € par infraction constatée,

Déboute la SAS OPTIS de ses demandes à l'encontre de MM Laurent MAYOLLET et Franck NARDIN,

Condamne la SARL O++ à payer à la SAS OPTIS la somme de 6.000 € au titre de ses frais irrépétibles de première instance et d'appel,

Condamne la SARL O++ aux dépens de première instance et d'appel, incluant les frais de l'expertise, qui pourront être recouvrés, pour ceux d'appel, conformément aux dispositions de l'article 699 du Code de procédure civile »



STIL : l'innovation au service de la mesure sans contact

Créée en 1993 et installée à Aix-en-Provence, la société STIL SA a bâti sa réputation d'acteur majeur du domaine de la métrologie sans contact sur sa capacité d'innovation et sur les performances inégalées de ses produits.

■ Basées sur des principes optiques innovants (brevets STIL), nos gammes de capteurs et de systèmes de mesure sans contact répondent aux besoins de la recherche et de l'industrie. Ces instruments sont destinés à la mesure dimensionnelle ou d'épaisseur à l'échelle nanométrique et micrométrique, à la mesure spectrocolorimétrique rapide ou à la caractérisation goniophotométrique des propriétés de diffusion des matériaux (BRDF, BTDF). La réalisation de 80% de notre CA à l'export démontre la renommée mondiale de nos produits.

■ Notre maîtrise de compétences aussi variées que la physique, l'optique, la mécanique, l'électronique et l'informatique industrielle, nécessaire à la conception et à la réalisation de nos instruments, nous permet

d'apporter à nos clients un support technique de haute qualité dans de très nombreuses applications telles que la mesure sans contact, l'analyse de surfaces, la mesure de rugosité, le contrôle optique, la spectrométrie, la colorimétrie, la mesure de diffusion, le contrôle en ligne, les micro- et nanotechnologies.

■ STIL revendique plusieurs centaines de références clients parmi les sociétés les plus prestigieuses et équipe nombre de leaders mondiaux dans des domaines aussi variés que l'optique, la mécanique, la fabrication microélectronique, la fabrication de verre plat, l'aérospatial, l'automobile, le nucléaire, le photovoltaïque, le médical, la cosmétique....



Dernier né de la gamme des produits STIL, CCS PRIMA 4 capteur optique industriel.

■ Désireux d'améliorer sans cesse nos produits afin d'offrir à nos clients des solutions de mesure toujours plus performantes, nous consacrons chaque année 15% de notre chiffre d'affaires à l'autofinancement de travaux de recherche et développement.

STIL
595, rue Pierre-Berthier
Domaine de Saint Hilaire
13855 Aix-en-Provence cedex 3
www.stilsa.com

Jean-François PICHOT
jf.pichot@stilsa.com



David Brewster

Physicien, écrivain et inventeur écossais, David Brewster est reconnu comme le premier biographe scientifique de Newton. L'invention du kaléidoscope et la découverte de l'effet Brewster de polarisation de la lumière par réflexion lui valent une notoriété universelle.

David Brewster naît le 11 décembre 1781 à Jedburgh, une petite ville d'Écosse, de l'union de Margaret Key et James Brewster. Très tôt, son père, professeur réputé et directeur de la Grammar School, identifie le potentiel du jeune David qui montre, comme ses frères, mais avec plus de force encore, de grandes capacités et absorbe avec aisance l'enseignement qu'on lui dispense.

La mort de sa mère en 1790 - alors qu'il n'a que neuf ans - ne semble pas perturber son essor intellectuel : esprit précoce, curieux de tout et prédisposé pour les sciences, le garçon profite largement du cadre familial, riche en livres et propice à l'apprentissage du savoir. Également habile de ses mains, il construit un télescope à l'âge de dix ans. Très vite, son père l'oriente vers une carrière ecclésiastique, alors synonyme de prestige, et l'envoie en 1793 étudier la théologie à l'université d'Édimbourg.

Premiers pas

Étudiant brillant, David Brewster attire l'attention de ses professeurs de mathématiques et de philosophie, qui l'admettent dans l'intimité de leur cercle. Son goût pour les sciences dites naturelles s'épanouit au contact de James Veitch [1771-1838],

philosophe fameux, astronome et mathématicien autodidacte, qui s'est fait une spécialité de fabriquer des télescopes. Avec Henry Brougham [1778-1868], un camarade de promotion, Brewster étudie la diffraction de la lumière et publie ses premiers travaux dans les *Philosophical Transactions of London*. À 19 ans, il obtient un *master of arts* et tout à la fois sa licence de théologie qui l'autorise à prêcher. Toutefois, son premier passage en chaire devant un parterre de fidèles est un désastre : intimidé par les regards levés vers lui et par le timbre de sa voix qui lui revient en écho, il perd ses moyens et bafouille lamentablement... C'est plus qu'un trac de débutant ; le traumatisme est si fort que Brewster décide de ne plus y retourner.

Désormais, il se consacre à l'optique et au développement d'instruments scientifiques. Pendant 12 ans, il mène une série d'expériences sur les cristaux biaxes et la diffraction de la lumière qu'il synthétise en 1813 dans *A Treatise Upon New Philosophical Instruments*. Mais de l'autre côté du *Channel*, il y a Malus [1775-1812], il y a Fresnel [1788-1827]... quel challenge ! C'est une concurrence féconde et audacieuse qui court-circuite parfois l'originalité de ses découvertes. Il n'empêche, Brewster parvient à se distinguer et ses travaux sur les relations entre polarisation et réfraction éveillent immédiatement l'intérêt de la communauté scientifique. Par ailleurs, il contribue depuis 1799 à l'*Edinburgh Magazine*, et avec un tel talent qu'il en devient éditeur à 20 ans.

Journalisme scientifique

Ses travaux et la qualité de ses recherches lui valent en 1807 le titre honorifique de *doctor of laws* de l'université d'Aberdeen, la plus haute distinction universitaire

à cette époque. C'est une reconnaissance véritablement exceptionnelle, habituellement réservée à des personnalités nettement plus âgées, et qui consacre définitivement la précocité scientifique et intellectuelle de Brewster. En 1808, il est nommé *fellow* de la Royal Society of Edinburgh. En 1810, il épouse Juliet McPherson ; le couple, uni jusqu'à la mort de Juliet en 1850, aura cinq enfants.

En 1807, Brewster devient l'éditeur de l'*Edinburgh Encyclopaedia*, une entreprise gigantesque qui démarre à peine. C'est une charge qu'il assume pendant un quart de siècle, avec rigueur et un constant souci de l'excellence. La vaste section scientifique y est de qualité et Brewster signe plusieurs articles, parmi les plus remarquables. Plus tard, il contribuera également à l'*Encyclopædia Britannica* (7^e et 8^e éditions).

Cette activité d'édition et d'écriture s'avère souvent féconde. En rédigeant un papier sur les « instruments ardents », Brewster découvre la lentille à échelons de Buffon [1707-1788]. L'ingénieur, mais irréaliste, dispositif imaginé par Buffon lui inspire un concept de lentille, qu'il décrit dès 1812, formée d'anneaux prismatiques juxtaposés. Notons que c'est une idée similaire qui guide Fresnel dans la mise au point, quelques années plus tard, de son propre système dioptrique, la lentille de Fresnel, qui équipe aujourd'hui les phares partout dans le monde.

En 1819, Brewster et Jameson [1774-1854] transforment l'*Edinburgh Magazine* en *Edinburgh Philosophical Journal* qu'ils coéditent jusqu'en 1824, date à laquelle Brewster fonde l'*Edinburgh Journal of Science*...

Brewster, dont la plume est recherchée et qui contribue régulièrement à tous les journaux qu'il édite, laisse ainsi une œu-

vre monumentale, et peu commune, de plus de 2000 articles scientifiques. Son grand œuvre est sa biographie de Newton, le fameux *Memoirs of the Life, Writings and Discoveries of Sir Isaac Newton* paru en 1835 et qui est le résultat d'une enquête minutieuse parmi les archives du grand homme.

Le kaléidoscope

Brewster brevète le kaléidoscope en 1815. Peu d'inventions entrent si vite en résonance avec le public : une véritable *mania* s'empare de toutes les classes d'âge, dans tous les milieux, de part et d'autre de l'Atlantique, et chacun réclame sa machine à images. Toutefois, une erreur lors du dépôt de brevet prive Brewster de royalties sur les centaines de milliers de kaléidoscopes qui sont fabriqués et écoulés. Mais 1815 reste une année faste : il est élu membre de la Royal Society of London et reçoit la Copley Medal pour la découverte de l'effet de polarisation par réflexion qui porte aujourd'hui son nom. En 1816, sa découverte est saluée par l'Institut de France qui lui attribue un prix de 1500 francs.

Le nom de Brewster est également associé au stéréoscope. Pourtant, il ne l'a pas inventé – seulement perfectionné. En effet, le concept du stéréoscope est dû en 1838 à Wheatstone [1802-1875] qui en propose cependant une version peu pratique, utilisant un encombrant jeu de miroirs pour recombinaison des images stéréoscopiques. Dix ans plus tard, Brewster a l'idée ingénieuse de remplacer les miroirs par des lentilles :

l'instrument, considérablement simplifié et plus maniable, prend alors l'aspect que nous lui connaissons et se popularise.

Les honneurs

Ses travaux sur la polarisation de la lumière lui valent la Rumford Medal en 1818 et la Royal Medal en 1830. En 1825, il est élu correspondant de l'Institut de France pour la section de physique générale. Il en devient membre associé en 1849, une position rare et prestigieuse. Les académies royales de Prusse, Russie, Suède et Danemark lui attribuent leurs plus hautes distinctions et lui ouvrent ainsi des liens avec les autres grands esprits d'Europe.

Editeur scientifique renommé, Brewster est également un homme d'influence. La célèbre *British Association for the Advancement of Science*, qui vise à promouvoir l'ouverture à la science et la communication entre scientifiques, est fondée en 1831 à son initiative ; il en devient président en 1849. En 1832, il est fait chevalier de l'Ordre royal de Guelph par William IV. Il atteint enfin une aisance financière en 1838, lorsqu'il devient *master* de l'United College à l'université de St Andrews. En 1859, il est élu à l'unanimité *principal* de l'université d'Edinburgh, une charge qu'il assume jusqu'à sa mort.

La mort de sa femme Juliet en 1850 le laisse désemparé. Quelques années plus tard, âgé de 75 ans, il épouse en secondes noces Jane Purnel, qui s'avère une compagne dévouée et lui donne une fille. Les années qui suivent restent très actives. En

Principales dates

11 décembre 1781

Naissance à Jedburgh (Ecosse)

1807 Editeur de l'Edinburgh Encyclopaedia

1815 Membre de la Royal Society of London
Copley Medal pour l'Effet Brewster
Invention du kaléidoscope

1818 Rumford Medal pour ses travaux sur la polarisation

1832 Chevalier de l'Ordre royal de Guelph

1849 Membre associé de l'Institut de France

10 février 1868

Mort à Allerly (Ecosse)

1864, il est nommé président de la Royal Society of Edinburgh.

Ses contemporains gardent l'image d'un homme intègre, au tempérament ardent. Inventeur et expérimentateur inspiré, Brewster est peu intéressé par la formalisation des phénomènes : les lois qu'il établit sont avant tout empiriques, ce qui le distingue de Fresnel ou de Young [1773-1829]. Une attaque de pneumonie l'emporte le 10 février 1868 à Allerly. Il est inhumé à Melrose Abbey.

Riad HAIDAR

Onera

haidar@onera.fr

Référence

M.M. Gordon (née Brewster), *The Home Life of Sir David Brewster*, Ed. D.Douglas, 1881.

Les opticiens célèbres de Photoniques en 2009

L'optique anglo-saxonne au XIX^e siècle : invention de la photographie, théorie électromagnétique, expériences fondatrices

John William Strutt (Lord Rayleigh) n°39

Noble de sang et noble esprit, instructeur de talent, il est celui qui a expliqué la couleur bleue du ciel par la diffusion de la lumière sur les molécules de l'air. Ses apports scientifiques sont de premier ordre : loi de Rayleigh-Jeans sur la répartition de l'énergie rayonnée par le corps noir aux grandes longueurs d'onde ; théorie des whispering galleries ; théorie des travelling waves (futurs solitons optiques)...

James Clerk Maxwell n°40

Esprit timide mais brillant, il est celui qui a unifié les formalismes de l'électricité, du magnétisme et de l'induction en une poignée d'équations, et qui a interprété la lumière comme étant un phé-

nomène électromagnétique. Ses travaux sur la perception des couleurs lui ont permis de réaliser la première photographie en vraie couleur.

George Biddell Airy n°41

Ingénieur rigoureux et autoritaire, travailleur boulimique, il a marqué de son empreinte l'Observatoire de Greenwich qu'il a dirigé pendant un demi-siècle. Ses contributions recouvrent plusieurs domaines, allant de l'optique pour l'astronomie aux mathématiques appliquées.

Albert Abraham Michelson n°42

Expérimentateur de talent et d'une remarquable persévérance, il a sonné le glas du concept d'éther grâce à son interféromètre révolution-

naire et avec l'aide de Morley. Ses contributions sont particulièrement marquantes : il a exprimé la valeur du mètre-étalon en longueurs d'onde de la raie rouge du cadmium ; il a adapté son interféromètre à la technique de synthèse d'ouverture pour déterminer le diamètre apparent des étoiles.

William Henry Fox Talbot n°43

Esprit fécond, personnage entier, il est celui qui a inventé le procédé du négatif-positif, aujourd'hui à la base de la photographie argentique. Le phénomène d'auto-imagerie qui porte son nom, l'effet Talbot, connaît des applications dans de nombreux domaines de la science et des techniques.

La vision 3D pour optimiser la découpe de viande

La transformation des produits alimentaires reste une activité où la main d'œuvre nécessaire est très importante. Pour satisfaire une consommation toujours croissante de produits transformés et pour faire face aux difficultés liées au recrutement, les entreprises du secteur agroalimentaire cherchent aujourd'hui des solutions pour accroître la mécanisation-robotisation de leurs chaînes de transformation. Le couplage des disciplines liées à la robotique industrielle peut répondre à cette problématique : la visionique et la recherche opérationnelle permettent une planification effective de la tâche et un robot industriel offre la dextérité nécessaire à la réalisation de cette tâche.

>> Mickaël SAUVÉE
Hervé TURCHI
Alci
contact@alci.fr

La faible automatisation actuelle de la transformation des produits alimentaires s'explique par l'hétérogénéité de la matière première induisant des tâches de transformation complexes aussi bien sur le plan de la planification que de la réalisation.

Approchée par un grand groupe de l'industrie de la viande, Alci, une jeune entreprise de Montpellier spécialisée dans le développement d'applications robotiques pour l'agroalimentaire et qui propose des solutions innovantes pour traiter les produits altérables, déformables et hétérogènes, a été chargée d'apporter une solution au piéçage de muscle bovin à poids constant.

Il s'agit de découper des tranches de taille et de poids prédéfinis à partir de muscle bovin entier de type bavette d'loyau. Cette tâche, qui peut s'avérer difficile pour un opérateur manuel sur une jour-

née de travail complète, est parfaitement bien adaptée à l'automatisation. Mais, à la différence des industries mécaniques qui travaillent sur des pièces standardisées, l'industrie agroalimentaire travaille sur des produits qui varient en poids, en taille et en forme. Ainsi, dans le cas des muscles bovins, la stratégie de découpe doit être modifiée pour chaque nouvelle pièce afin de remplir les contraintes imposées sur la taille et le poids des tranches à obtenir. Trois modules doivent donc être associés pour obtenir le résultat demandé : un capteur de vision pour appréhender la pièce à traiter, un traitement algorithmique pour définir la séquence de découpe et un robot équipé d'un outil adapté pour réaliser la tâche.

Un modèle numérique est d'abord généré à partir des données issues d'une mesure par triangulation. Cette technique permet de déterminer précisément la position d'un point en utilisant la géométrie du triangle formé par les positions de deux points d'observation et du point à mesurer (figure 1). Le muscle défile sous un profilomètre laser dont la caméra CCD (point de vue n°1) acquiert l'image formée par la projection d'une ligne laser (point de

vue n°2) sur le muscle (ensemble des positions à mesurer). Le système de vision, déclenché à intervalles réguliers par les impulsions codeurs, génère des données 2D à pas fixe. Des techniques de seuillage permettent de détecter précisément dans l'image la projection de la ligne laser. Puis, en connaissant la géométrie de l'ensemble laser-caméra, un profil de points 3D, représentant une ligne du muscle, est calculé. Le déplacement relatif du capteur par rapport à l'objet génère un ensemble de profils qui représente le muscle sous forme de nuage de points 3D. Un algorithme d'extraction permet enfin d'isoler les données pertinentes représentant le muscle du reste de la scène.

Le modèle 3D, fourni par le module de vision, et le poids du muscle sont ensuite transmis à un algorithme d'optimisation (brevet n°FR2894433). Celui-ci détermine les plans de découpe optimaux pour obtenir des morceaux de poids identiques. En plus de cet objectif de poids, cet algorithme appréhende aussi des contraintes dimensionnelles. Il s'agit d'obtenir des tranches qui se rapprochent le plus possible de ce que ferait un boucher.

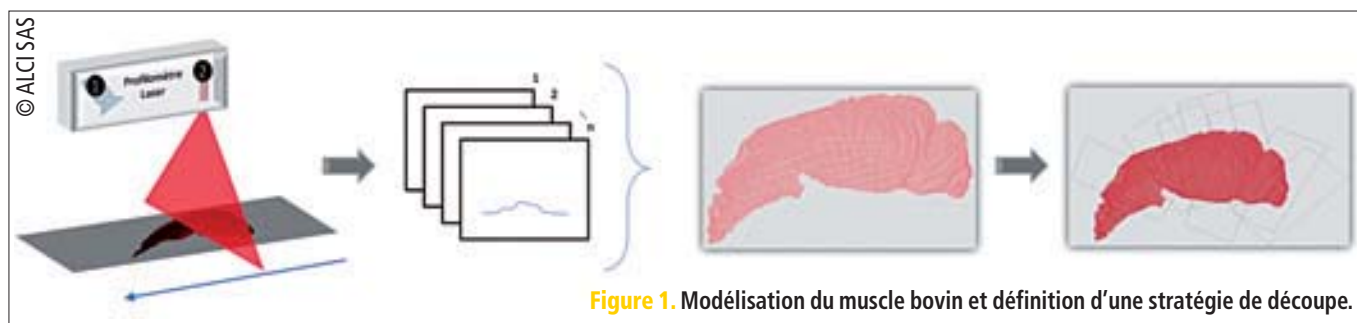


Figure 1. Modélisation du muscle bovin et définition d'une stratégie de découpe.

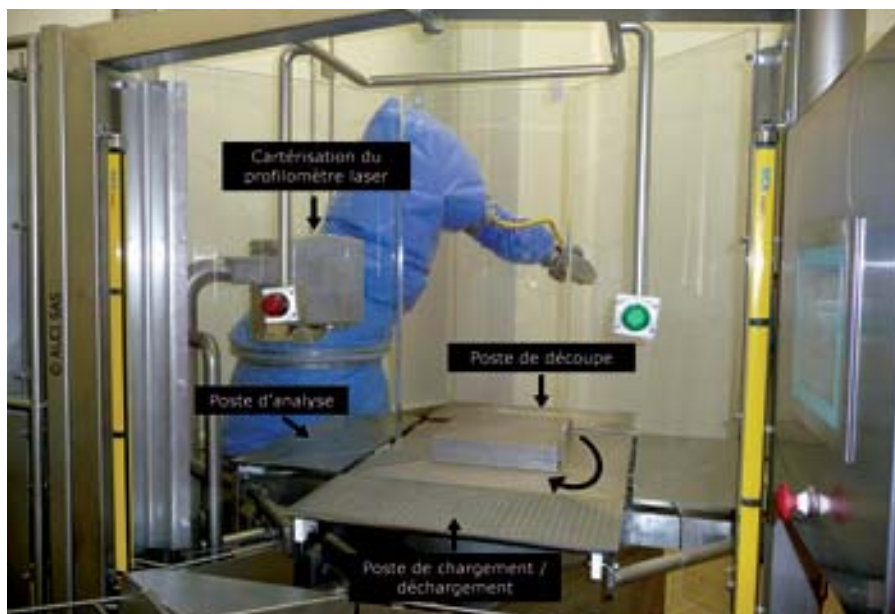


Figure 2. Prototype industriel du « robot boucher ».

Enfin, la séquence de plans de découpe optimaux issus de l'algorithme d'optimisation est transformée en trajectoire interprétable par le robot et envoyée via un réseau Ethernet à son contrôleur. Le bras manipulateur « joue » la trajectoire reçue et amène ainsi l'outil adapté à suivre les plans de découpe calculés. Cet outil, défini par la société Alci (brevet n°WO2009080905), permet une découpe de la viande en utilisant le cisaillement de deux lames. Une caractéristique importante est la capacité de cet outil de pouvoir achever la découpe au point de contact avec la table. Cette fonctionnalité, inspirée par l'observation de la tâche réalisée manuellement par un boucher, permet de finir la découpe proprement tout en évitant un contact entre les lames et le plateau de découpe.

Après avoir démontré la faisabilité technique du projet au client pilote (client intéressé par le produit et qui a collaboré à son développement) via un prototype fonctionnel, un partenariat industriel est établi et une requête auprès du 6^e appel à projets du FUI (fonds unique interministériel) a été acceptée en juillet 2008 pour financer en partie la réalisation d'un prototype industriel. À ce stade, un nouveau projet commence quasiment. Les points durs ne concernaient plus l'innovation technologique qui permet de réaliser la tâche mais le support : la machine indus-

trielle doit assurer que les capacités démontrées lors de la phase d'étude seront respectées et satisfaire d'autres critères du cahier des charges, comme la nécessité de permettre le nettoyage de la machine donc de protéger les équipements, en particulier l'organe de vision. Dans ce cadre, une caractérisation définie spécifiquement pour le profilomètre est mise en place : carter en acier inoxydable 316L, joints en caoutchouc alimentaire et optiques en matériau plastique (les normes applicables à la fabrication de machine pour l'agroalimentaire n'autorise pas l'utilisation du verre). Après quelques mois de réalisation, la machine doit maintenant passer la certification CE avant d'entamer sa longue carrière de boucher (figure 2).

L'appréhension de la matière à traiter est un point majeur pour cette application. Seule la planification de tâche basée sur une modélisation de la pièce à traiter a permis de répondre au cahier des charges du client. Dans l'industrie agroalimentaire d'aujourd'hui, d'autres marchés sont confrontés à des problèmes identiques : transformer des produits frais, répondre à une forte demande du marché et faire face à un recrutement de plus en plus difficile. Un des exemples que la société Alci explore actuellement est celui des salades et légumes frais prêts à l'emploi (appelé marché de la 4^e gamme). ■



QUANTEL: savoir-faire et support à votre porte !
Energie et qualité de faisceau sur mesure pour toutes vos applications.

- De 40mJ à 2,5J par impulsion à 1064nm
- 532, 355, 266 et 213nm disponibles
- Changement d'harmoniques motorisé
- Option Monomode Longitudinal
- Boîtier de commande à distance
- Banc thermalisé pour une stabilité accrue et une mise en route rapide
- Cadences jusqu'à 50Hz



www.quantel-laser.com

Les senseurs inertiels basés sur l'interférométrie atomique

Les interféromètres optiques (inventés au cours du XIX^e siècle par les physiciens pour étudier des phénomènes comme l'existence ou non de l'éther) sont à présent des composants technologiques essentiels de notre monde scientifique (en astronomie par exemple) et industriel (télémètres laser, gyromètres à fibres, gyromètres lasers...). Aujourd'hui, de la même manière, les atomes refroidis par laser et leur utilisation dans des interféromètres atomiques sont à l'aube d'un futur industriel.

➤ **Philippe BOUYER**
Laboratoire Charles-Fabry -
Institut d'optique
philippe.bouyer@institutoptique.fr

Pendant plus de dix ans, l'optique et l'interférométrie atomique ont été l'objet d'intenses recherches dans les laboratoires de physique fondamentale du monde entier et les expériences pionnières ont démontré la sensibilité inégalée des senseurs inertiels atomiques [1]. Aujourd'hui, plusieurs dizaines de laboratoires développent des instruments de précision à base d'optiques pour les ondes atomiques, avec comme objectif de construire les senseurs inertiels de demain pour la navigation, la géodésie et la détection souterraine.

Quand les atomes interfèrent

De nombreuses expériences, réalisées au cours des trente dernières années, ont démontré les propriétés ondulatoires de la matière (voir complément Internet : «Ondes, interférences et mécanique quantique») en observant la diffraction de jets de neutrons, d'électrons et d'atomes. On a par exemple reproduit l'expérience des fentes de Young - qui a permis en 1801 de comprendre le comportement et la nature ondulatoire de la lumière - en utilisant cette fois-ci une source d'atomes froids (de grande longueur d'onde de de Broglie) qui traverse deux fentes microscopiques. En observant les atomes en sortie des deux fentes, il était possible

d'observer l'arrivée des atomes individuellement : chaque atome provoquait un impact ponctuel sur l'écran d'enregistrement, comme attendu pour une particule matérielle.

Néanmoins, si la distance entre les deux fentes est très petite devant la longueur d'onde de de Broglie, la distribution des impacts ne correspond pas celle attendue si les atomes suivent des trajectoires balistiques : la distribution d'impacts, qui semble aléatoire lors des premières mesures, se révèle progressivement similaire à celle de l'expérience historique de Young, mettant ainsi en évidence le comportement ondulatoire de la matière.

Par la suite, des réseaux de fentes microscopiques ont permis de réaliser des interféromètres atomiques et même de faire les premières mesures inertiels. Mais, c'est une autre technique d'optique atomique qui s'est révélée particulièrement efficace pour réaliser des senseurs ultrasensibles : la manipulation d'atomes par laser.

Comment diviser en deux une onde atomique avec un laser...

En utilisant une impulsion lumineuse appropriée, réalisée à l'aide d'une onde laser stationnaire (un faisceau laser de longueur d'onde λ rétro-réfléchi), on fait passer un atome de masse M d'un état quantique initial (où l'atome a une vitesse v) à une superposition de deux états quantiques différents : le premier correspond à l'état initial de vitesse v , l'autre à l'état où l'atome ayant absorbé un photon - et donc l'impulsion h/λ de ce photon - a une vitesse $(v + h/(M\lambda))$, h étant la constante

de Planck qui relie notamment l'énergie d'un photon à sa fréquence ou la vitesse d'une particule à sa longueur d'onde.

On crée ainsi une lame séparatrice atomique réglable qui dédouble une onde atomique initiale en deux ondes atomiques, l'une se propageant dans la direction initiale et l'autre étant légèrement défléchie par la lumière (figure 1).

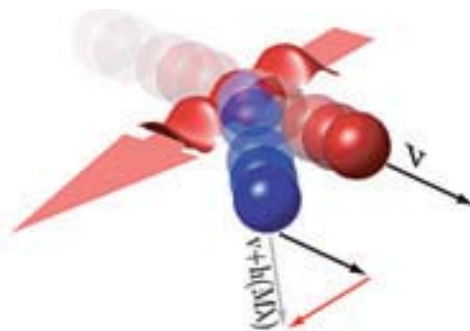


Figure 1. Illustration d'une lame séparatrice atomique : l'atome passe d'un état quantique initial (vitesse v) à une superposition de deux états quantiques différents : l'état initial et un état où l'atome a absorbé un photon (vitesse $v + h/(M\lambda)$).

... et réaliser des interféromètres ultrasensibles

Une interaction ultérieure avec la lumière peut simplement défléchir intégralement les ondes sans les dédoubler ou recombiner les deux ondes : on peut alors réaliser un interféromètre atomique où deux parties de l'onde atomique initiale parcourent des chemins différents. Comme avec la lumière, les franges d'interférence observées à la sortie de l'interféromètre atomique révèlent des différences dans les parcours des deux ondes : un chemin à parcourir plus long pour l'une que pour

l'autre, une interaction avec un obstacle pour l'une et non pour l'autre, etc.

Dans un interféromètre lumineux, les ondes voyagent à la vitesse de la lumière, c'est-à-dire très vite ! Avec des atomes, c'est différent : les ondes atomiques, beaucoup plus lentes, passent beaucoup plus de temps dans l'interféromètre. Par conséquent, la sensibilité des dispositifs à interférences atomiques vis-à-vis des éventuelles interactions auxquelles les atomes sont soumis peut être jusqu'à 100 milliards de fois supérieure à la sensibilité des dispositifs optiques.

On met à profit cette sensibilité exceptionnelle pour mesurer avec une grande précision, par exemple, l'effet d'un champ électrique sur l'atome, la masse d'un atome ou encore la rotation ou l'accélération subie par l'interféromètre qui devient alors un capteur inertielle ultrasensible.

La sensibilité inertielle des ondes de matière

On peut comprendre simplement cette sensibilité inertielle en reprenant l'image simple de l'interféromètre à impulsions lumineuses (figure 2).

Prenons le cas d'une onde atomique déviée par l'impulsion lumineuse. La déviation de l'onde atomique s'accompagne d'un déphasage qui correspond à la position « classique » de l'atome le long du faisceau laser au moment de l'impulsion lumineuse. À chaque impulsion lumineuse, l'onde atomique « mémorise » la position de l'atome et le déphasage final dépend donc directement de la variation de cette position.

Avec deux impulsions, on mesurerait la variation de position entre deux instants (réalisant ainsi une vélocimétrie à atomes) et avec trois impulsions, on mesure directement l'accélération subit par les

Figure 2. Exemple de configuration d'interféromètre atomique à trois impulsions lumineuses appliquées à intervalle régulier T. La première impulsion sépare en deux une onde atomique, la deuxième défléchit les deux ondes résultantes et la troisième les recombine. On a représenté les trajectoires classiques qui permettent de visualiser la position des atomes au moment des impulsions.

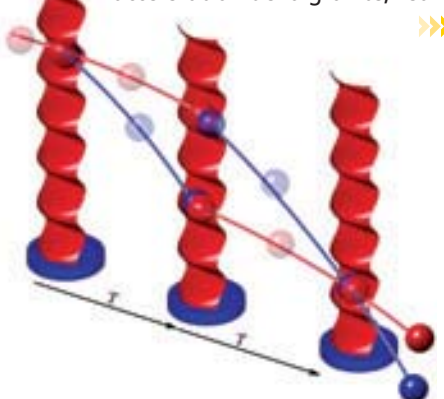
atomes, le déphasage final étant directement proportionnel au rapport aT^2/λ , entre le déplacement de l'atome et la longueur d'onde du laser. En une seconde de mesure, l'interféromètre se décale d'une frange pour une accélération de $1 \mu\text{m/s}^2$ et si on peut détecter un changement de phase correspondant à $1/1000^\circ$ de frange (1 mrad) ; on atteint une résolution de 1 nm/s^2 , soit 10 milliardièmes de l'accélération de la gravité terrestre ! Ces interféromètres sont aussi sensibles à la rotation avec des résolutions tout aussi spectaculaires.


Utilisation des senseurs inertiels

Au cours des vingt dernières années, les promesses spectaculaires de l'interférométrie atomique pour la détection inertielle ont été vérifiées sur de nombreux montages expérimentaux. La précision des mesures a fait entrer l'interférométrie dans les recherches fondamentales, mais elle ouvre aussi la porte d'autres applications.

La recherche fondamentale au sol et dans l'espace


On a ainsi pu mesurer exactement l'accélération de la gravité avec une précision de 10 nm/s^2 , la rotation de la terre avec une précision meilleure que 1 nrad/s et détecter d'infimes modifications de la gravité induite par une modification des répartitions de masse grâce à des gradiomètres atomiques (qui mesurent la variation spatiale de l'accélération). Ces appareils sont tellement précis qu'on les utilise aujourd'hui comme instruments pour étudier des phénomènes fondamentaux comme la mesure des constantes fondamentales (la nouvelle définition du kilogramme nécessite une mesure précise de l'accélération de la gravité, réali-





SCIENTEC

L'outil idéal pour vos mesures de LED




OL-770 SPECTRORADIOMETRE

Grandeurs mesurées :

- Flux total énergétique (Watts)
- Flux total lumineux (lumens)
- Flux spectrique (Watts/nm)
- Intensité lumineuse (cd)
- Intensité énergétique (Watts/sr)
- Longueur d'onde dominante (nm)
- Pureté spectrale
- Pic de longueur d'onde
- Température de couleur (Kelvin)
- Index de rendu des couleurs (CRI)
- Coordonnées chromatiques (xy, uv, Lab...)

Précis / Rapide
Performant / Fiable

Version ANALYSEUR DE LED



Disponible également en version NVIS / NVG et MESURES D'ÉCRANS

SciencTec, c'est aussi...

Spectroradiomètres

Sources de référence

Photomètres

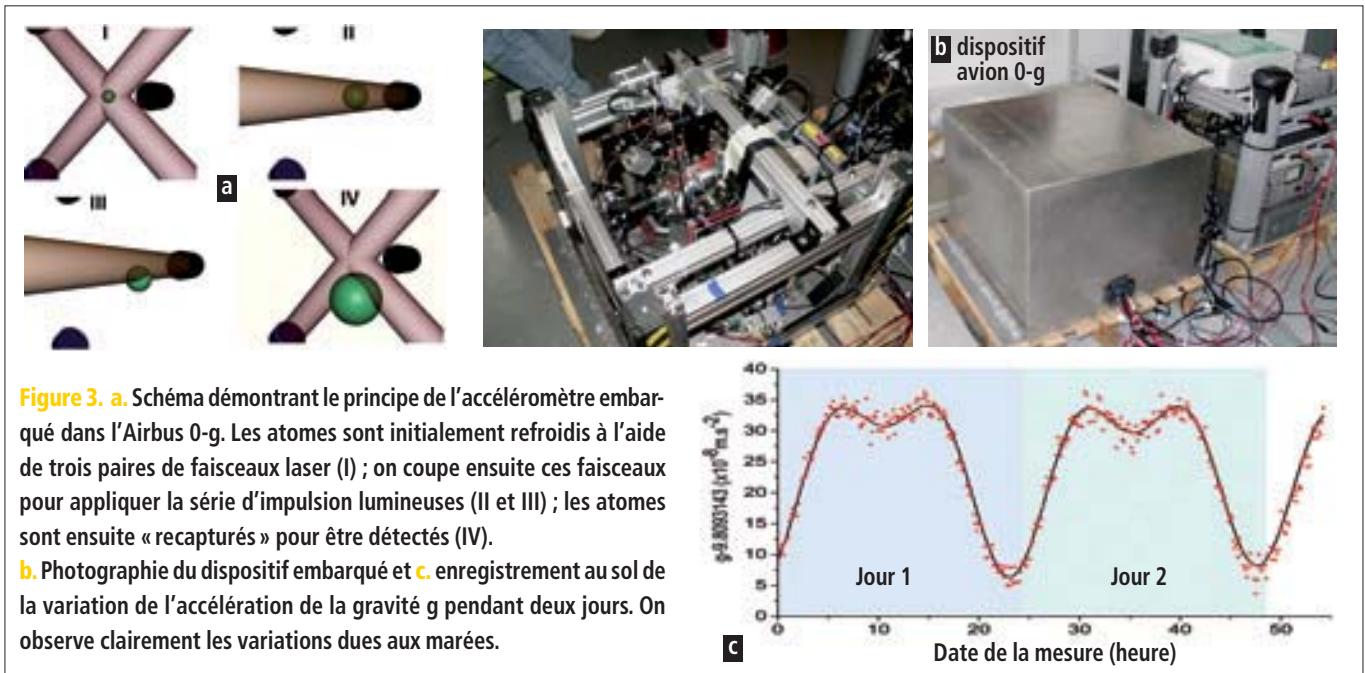
Vidéo-colorimètres

Luxmètres

Chromamètres

Analyseurs d'écrans

Z.A. de Courtabœuf
17 avenue des Andes - Bâtiment le Cèdre
91940 LES ULIS - FRANCE
Tel : +33 011.64.53.27.00
info@sciencTec.fr / www.sciencTec.fr



sée, entre autres, par un accéléromètre atomique) et tester des théories fondamentales : en utilisant deux atomes différents, on peut vérifier l'universalité de la chute libre qui est à la base du principe d'équivalence formulé par Einstein pour la fondation de la relativité générale. On envisage même de les utiliser au-delà des laboratoires, dans l'espace par exemple, où ils pourraient se révéler formidablement précis car la gravité n'impose plus de limite à leur sensibilité. Mais cette utilisation en microgravité comporte de nombreux obstacles techniques car l'interféromètre atomique est au carrefour des technologies de pointe dans les domaines de l'optique, de la manipulation des atomes par laser, de la métrologie des temps et des fréquences. Cependant, en développant des dispositifs innovants de lasers et de manipulation d'atomes, un premier interféromètre compact fonctionne déjà en l'absence de pesanteur, lorsqu'il est embarqué dans l'Airbus 0-g réalisant des vols paraboliques [2]. Le prototype utilisé dans l'avion est toujours un produit de laboratoire, loin des contraintes qui existent pour un système autonome et fiable, mais il est la première de plusieurs étapes de développement qui conduira finalement à un instrument compact et industriel (figure 3).

Les applications commerciales sur terre et en dessous !

Au-delà des applications spatiales, ce développement oriente l'interférométrie atomique vers des applications commerciales. L'amélioration des systèmes de navigation devrait être la plus immédiate. Le GPS ne peut pas atteindre tous les coins et recoins de la terre - les fonds marins, par exemple - et les avions ont besoin d'avoir un mode de navigation qui ne compte pas que sur les signaux de satellites. Aujourd'hui, la plupart des avions gros-porteurs ont des systèmes de navigation qui mesurent précisément le changement de direction de l'appareil, mais les gyroscopes qui les composent dérivent et perdent jusqu'à un kilomètre d'exactitude toutes les heures. Les interféromètres atomiques pourraient réduire cette perte jusqu'à cinq mètres par heure. Déjà des tests sont en cours aux États-Unis, à l'université de Stanford [3]. Mais l'application des senseurs inertiels ultraprécis ne s'arrête pas à la navigation. Sur la surface de la Terre, l'accélération de la pesanteur varie en fonction de la composition de la roche (ou autres substances) en dessous. Chaque fois que la densité des sous-sols change, on doit donc pouvoir mesurer un gradient de gravité. C'est un travail idéal pour un interféromètre atomique. Par exemple, une centaine de mil-

liers de tonnes de pétrole enterré à un kilomètre de profondeur réduira l'effet de la gravité de quelques centaines de millièmes de pour cent par rapport à la roche environnante, infime variation qu'un interféromètre atomique pourrait détecter. Déjà, la gradiométrie et gravimétrie traditionnelles ont été utilisées, par exemple en Australie par la compagnie *Northwest energy* pour détecter du pétrole ou par la société BHP Billiton au Canada pour partir à la chasse aux diamants. L'interférométrie atomique pourrait rendre ces recherches encore plus efficaces, mais il faut pour cela développer des senseurs inertiels compacts. C'est, par exemple, l'objectif du projet MINIATOM associant des laboratoires et des entreprises. ■

Références

1. P. Bouyer et A. Landragin, Refroidissement des atomes - Horloges et senseurs inertiels, Techniques de l'ingénieur, Référence R1792 (2005)
2. www.ice-space.fr
3. Light-pulse atom interferometry, J. Hogan, D. Johnson and M. A. Kasevich, <http://arxiv.org/abs/0806.326>

Photoniques.com

Complément Internet

- Ondes, interférences et mécanique quantique

HORIBA

Scientific

Changer le monde

Explorer le futur

Analyse Elémentaire

ICP
SDL
Analyseurs
C/S & O/N/H
Soufre dans
l'huile

Micro-Analyse Moléculaire

Fluorescence
Temps de vie
(TCSPC/Phase)
Raman
EDXRF

Spectroscopie Optique

Réseaux
Monochromateurs
Spectromètres
Détecteurs
Solutions

Analyse Granulométrique

Diffraction laser
Diffusion dynamique
Analyse d'images

Techniques Emergentes

Ellipsométrie
Sciences
criminalistiques
SPRi
Luminescence

www.horiba.com/scientific
info-sci.fr@horiba.com

Featuring:

HORIBA
Scientific

HORIBA Jobin Yvon SAS
16-18, rue du Canal - 91165 Longjumeau cédex - France
Tél : +33 (0)1 64 54 13 00 - Fax : +33 (0)1 69 09 07 21



Dossier photovoltaïque

- » Etat de l'art et évolution du domaine de la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire p. 41
- » Le silicium pour le photovoltaïque, de la silice au module p. 47
- » Cellules solaires et photonique organique p. 50



Au sein des énergies renouvelables, le kilowatt/heure photovoltaïque est actuellement le plus cher. Pourtant, les installations photovoltaïques se multiplient. Certes, le photovoltaïque, c'est beau, ça fait propre : l'électricité photovoltaïque ne produit pas de CO₂ (et l'énergie consommée par la production des modules est « remboursée » en moyenne entre un et quatre ans de fonctionnement). Cependant, le photovoltaïque ne s'installera pas durablement sans être compétitif !

Les hausses annoncées du prix de l'électricité (fossile et nucléaire) et une baisse du prix de l'énergie photovoltaïque pourraient bien faire du solaire une source d'électricité conséquente à terme et l'installer massivement au-delà des marchés de niches ou des installations sur sites isolés ou mobiles (photos). Ainsi, l'énergie solaire pourrait être compétitive avec le prix du marché de l'électricité à l'horizon 2020 – voire 2015 – et, pour les sites les plus ensoleillés, comme actuellement au sud de l'Italie, elle serait déjà compétitive. Un facteur clé de baisse des coûts est d'augmenter le rendement des modules solaires photovoltaïques. Facile ? Pas vraiment... et pas du tout si on exige qu'ils ne soient pas plus onéreux pour autant, mais c'est bien ce défi que relèvent les scientifiques du domaine.

Il existe différentes technologies de modules solaires photovoltaïques plus ou moins récentes, plus ou moins répandues, plus ou moins chères à mettre en œuvre. Ce dossier vous propose une mise en perspective de ce qui existe et de découvrir ce qui se prépare dans les labos pour mettre au point les technologies de demain.

 Photoniques.com

Complément Internet

- Radiation solaire et potentiel d'électricité photovoltaïque en Europe.

Etat de l'art et évolution du domaine de la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire

La conversion photovoltaïque de l'énergie solaire est en pleine ébullition : rendements de conversion et coûts de production sont les maîtres-mots. Le photovoltaïque peut-il être compétitif face aux énergies fossiles traditionnelles ? Les différentes filières technologiques connaissent un effet d'accélération : dans le domaine des couches minces, la progression de la filière CdTe est spectaculaire ; celle du silicium est en mutation complète avec de nouvelles structures appelées « micromorphes », couplées à une ingénierie optique exceptionnelle ; la technologie à base de diséléniure de cuivre et d'indium (CIS) arrive à maturité ; les cellules nanostructurées et organiques consolident leur émergence et de nouveaux concepts plus futuristes basés sur la conversion de photons, les porteurs chauds et les bandes intermédiaires sont étudiés. Les technologies matures existent, s'améliorent... Les espoirs d'utilisation rapide et efficace de cette source d'énergie sont parfaitement fondés : démonstration !

» Daniel LINCOT

Institut de recherche et développement sur l'énergie photovoltaïque (IRDEP)
EDF-CNRS-Chimie Paristech
daniel-lincot@chimie-paristech.fr

La course au rendement

Les filières photovoltaïques, liées aux principaux types de cellules photovoltaïques commercialisées aujourd'hui (figure 1), ne cessent de voir progresser leurs rendements records au fil du temps (figure 2). Les filières commercialisées, qui rassem-

blent les filières basées sur le silicium cristallin ou polycristallin (87,5 % du marché en 2008), les filières en couches minces à base de silicium amorphe (5,1 %), de CdTe (6,4 %) et de CuInSe₂ (1 %) ont des rendements de conversion maximum respectifs de 24,5 %, 20 %, 12 %, 16,5 % et 20 % [1]. La filière utilisant des multijonctions à base de semi-conducteurs III-V (GaAs, GaInAs) atteint aujourd'hui des rendements exceptionnels de 41 %, en utilisant trois jonctions sous concentration (x 286). Elle est également commercialisée pour des applications spatiales ou de niches, compte tenu des coûts très élevés de fabri-

cation. Cependant, son utilisation terrestre à grande échelle est maintenant envisagée en couplage avec la concentration du rayonnement solaire dans ce que l'on appelle le solaire photovoltaïque sous concentration (CPV), ce qui permettrait de diminuer les coûts.

Apparaissent ensuite ce que l'on appelle les filières émergentes à base de nanostructures, plus récentes, en particulier hybrides inorganiques/organiques appelées cellules à colorants, inventées en 1991, ou de nanostructures organiques dites interpénétrées, basées par exemple

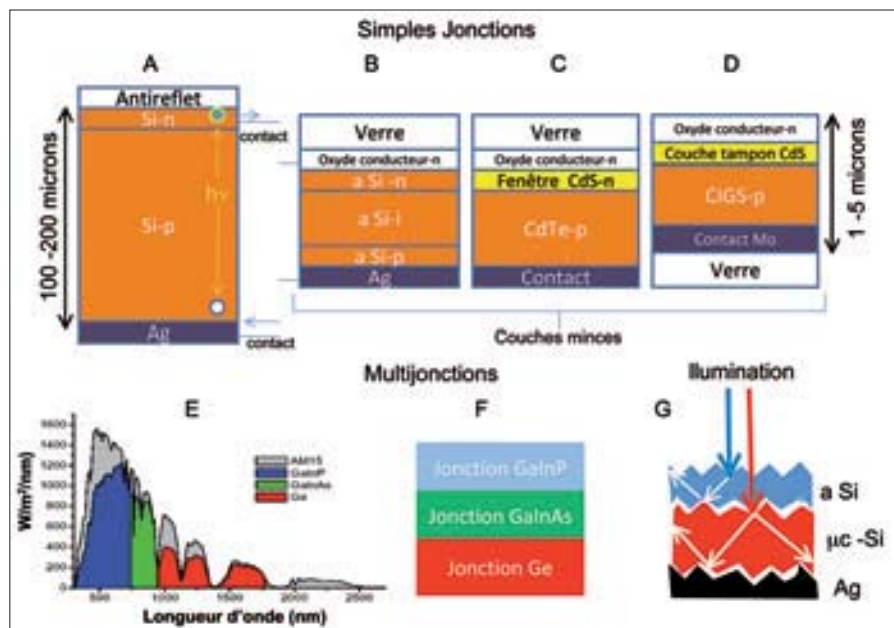


Figure 1. Structure des cellules photovoltaïques actuelles (éclairage solaire venant du haut).

A - D : Cellules simple jonction p-n.

A) cellule au silicium massif monocristallin ou polycristallin, faites à partir de plaquettes. L'absorption d'un photon se traduit par la création d'une paire électron-trou qui peut être collectée dans le circuit extérieur pour donner le photocourant.

B), C) et D) : cellules en couches minces basées, respectivement, sur le silicium amorphe, le tellure de cadmium (CdTe) et le diséléniure de cuivre et d'indium (CIGS).

E) Spectre solaire et zone de conversion des photons par trois jonctions superposées (F).

G) Double jonction en couches minces à base de silicium amorphe et microcristallin. la texturation des surfaces et interface permet le piégeage de la lumière dans les couches actives.

Rendements de conversion photovoltaïque records

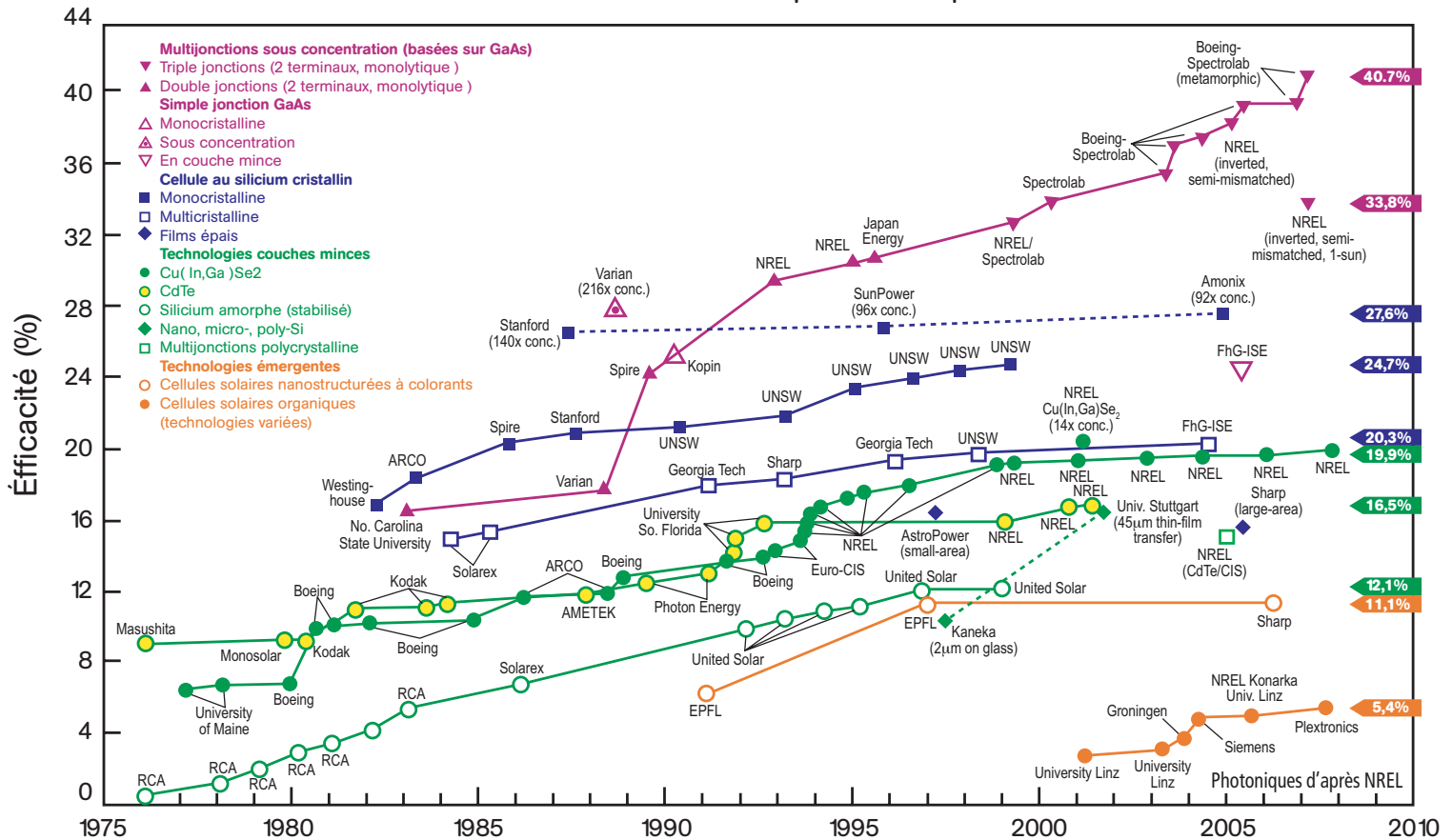


Figure 2. Évolution des rendements records de conversion pour l'ensemble des filières photovoltaïques (source NREL). Il s'agit des rendements mesurés sur des cellules de petites dimensions. Dans le cas des filières commercialisées, les rendements sur modules de grandes dimensions sont d'environ 5 à 7 % plus faibles.

sur le couplage fullérène/polymère, dont l'essor date seulement de quelques années. Dans ce cas, le déploiement commercial n'est pas encore significatif, car il reste encore des questions à régler, en particulier sur le plan de la stabilité des performances avec le temps. Cependant, le processus est engagé, en particulier dans le domaine des cellules à colorants où des applications de niches commencent à apparaître.

La production photovoltaïque

La production de modules photovoltaïques connaît une croissance moyenne de plus de 40 % par an depuis dix ans (figure 3), ce qui en fait une des industries les plus dynamiques au monde [1]. En 2007, le seuil symbolique des 4 gigawatts (GW) a été dépassé, ce qui correspond environ à l'équivalent en production d'une tranche de 1 GW classique ou nucléaire, compte tenu de la différence

des taux de fonctionnement équivalents à pleine puissance (17 % contre 80 %). Entre 2007 et 2008, un taux de croissance record de 85 % a même été réalisé, associé à l'emballage ponctuel du marché espagnol. Les taux de croissance devraient rester élevés malgré la crise économique,

compte tenu de l'importance stratégique croissante que revêt ce secteur dans la mise en place d'une politique énergétique durable à l'échelle de la planète. De fait, de négligeable aujourd'hui, la production d'électricité photovoltaïque devrait devenir significative très rapide-

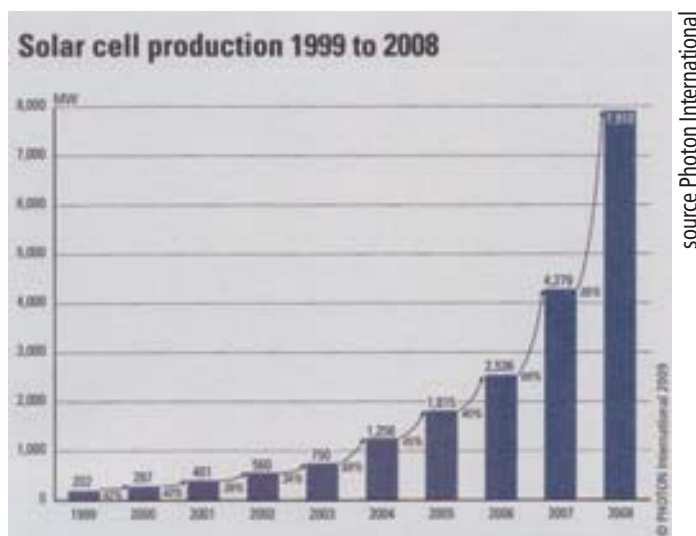


Figure 3. Évolution de la production mondiale de cellules photovoltaïques entre 1999 et 2008.

ment et l'association européenne de l'industrie photovoltaïque (EPIA) indique la possibilité d'atteindre 12 % de l'électricité européenne en 2020 dans le cas de la mise en place de politiques volontaristes [2]. Les cellules au silicium cristallin basées sur l'utilisation de plaquettes (*wafer*) ont vu leur part croître jusqu'à 90 % (93,8 % en ajoutant la filière ruban) entre 2003 et 2005, au détriment des filières couches minces, essentiellement basées sur le silicium amorphe. À partir de 2004, la montée en puissance de la filière couche mince CdTe a permis d'inverser la tendance et de voir la proportion des couches minces remonter à 12,5 % (5,1 % pour les couches minces Si, 6,4 % pour CdTe et 1 % pour le CIS), et ce dans un contexte général d'augmentation globale de la production. Ce mouvement devrait se poursuivre au cours des prochaines années avec des prévisions de 30 % des capacités couches minces en 2012, soit 17 % en production. La filière silicium amorphe et microcristallin devrait remonter en puissance, ainsi que la filière CIS qui amorce juste son décollage.

Sur le plan des régions de production, la dynamique est également en constante évolution. Après avoir longtemps dominé le domaine, l'Europe et le Japon sont maintenant fortement concurrencés par la Chine et Taiwan et, à un moindre degré, par les Etats-Unis. L'Europe devrait cependant rester leader dans le domaine.

Compétitivité

Le photovoltaïque est basé sur des technologies éprouvées et matures depuis des décennies, comme le montre son association étroite à la conquête spatiale dès ses débuts : le satellite Vanguard, lancé en 1958, était alimenté par des cellules au silicium. Et aujourd'hui, de la station spatiale internationale aux robots déposés sur Mars, en passant par le télescope Hubble et les myriades de satellites de télécommunication, le photovoltaïque est à la base de l'alimentation en énergie pour les applications spatiales et s'accommode aisément de coûts de production très élevés. Pour les applications terrestres par contre, les coûts de production élevés ont long-

temps limité le photovoltaïque à des applications de niches en sites isolés où il était compétitif. La réduction constante des coûts de production suite à l'effet conjoint de l'amélioration des technologies et de l'augmentation des volumes (-20 % pour chaque doublement de production) a permis peu à peu au photovoltaïque de se rapprocher du seuil de compétitivité vis-à-vis des énergies traditionnelles fossiles.

On considère que le seuil de cette compétitivité se situe autour de coûts de fabrication à 1 euro/watt. Aujourd'hui, les valeurs se situent autour de 2 euros/watt pour le silicium ; les couches minces, tirant avantage de procédés de fabrication moins onéreux, se situeraient déjà autour, voire en dessous, de cette valeur seuil (une valeur de 0,7 est d'ailleurs indiquée par First Solar dans le cas de la filière CdTe). La mise en place de politiques de soutien à la filière depuis le début des années 2006, en particulier par le biais de tarifs d'achats préférentiels (par exemple 0,6 euros par kWh en France pour des installations intégrées au bâtiment) a permis de 



Les produits piézo. Encore plus de choix chez MICRO-CONTROLE Spectra-Physics



L'intégration de New Focus™ au sien du groupe Newport nous offre le formidable avantage de pouvoir proposer aux clients encore plus de choix en matière de solutions de positionnement piézo-électrique de très grande qualité et de très haute précision pour automatiser et contrôler à distance les montages optiques et photoniques dans les applications de recherche en laboratoire.

Un vaste choix de composants piézo-électriques comprenant supports d'optiques, actuateurs, platines de translation, plateaux tournants et contrôleurs électroniques vous est proposé. Nos produits piézo peuvent également être adaptés pour répondre à des besoins OEM pour des applications en milieu industriel. Pour tous vos besoins concernant notre gamme de produits piézo, contactez-nous directement !

En France, les produits New Focus sont désormais commercialisés exclusivement par MICRO-CONTROLE Spectra-Physics S.A.S, une filiale du groupe Newport. Contactez-nous au **01.60.91.68.68** pour de plus amples renseignements.

MICRO-CONTROLE Spectra-Physics S.A.S
1, rue Jules Guesde – Bâtiment B Tél. : 01.60.91.68.68
Zl. du Bois de l'Épine – BP189 Fax : 01.60.91.68.69
91006 Évry CEDEX e-mail : france@newport.com

© 2009 Newport Corporation.



une marque de Newport Corporation

donner un coup d'accélérateur sans précédent à la filière. Les projections actuelles indiquent que la parité avec le réseau électrique devrait être atteinte dans la majeure partie de l'Europe entre 2015 et 2020, permettant une sortie progressive des tarifs subventionnés.

La compétitivité du photovoltaïque ne se juge pas seulement en termes de coûts de production (les plus bas possibles par m² de panneau) ou de rendement de conversion (les plus hauts possibles), mais dans la convergence de ces deux paramètres pour définir le coût de l'électricité photovoltaïque, en euros par kWh, en tenant compte de la durée de vie des panneaux (généralement 20 à 30 ans).

Ainsi, l'action sur les rendements doit se coupler à une action sur les coûts de production. C'est ainsi que l'IRDEP s'est développé initialement autour d'un projet de préparation de cellules solaires en couches minces au CIS en utilisant l'électrolyse au lieu des techniques classiques d'élaboration par co-évaporation sous vide. La sériographie, la pulvérisation cathodique sont d'autres exemples de méthodes possibles.

Les différentes filières

Silicium

La filière silicium cristallin et multicristallin (*figure 1A*) présente les rendements les plus élevés (*figure 2*). Les recherches en cours visent à la fois à augmenter le rendement (par de nouvelles configurations de cellules, dont le remplacement des jonctions diffusées par des hétérojonctions avec des couches minces de silicium amorphe, l'utilisation de contact uniquement en face arrière, l'amélioration du piégeage optique...) et à diminuer les coûts de fabrication (en utilisant des couches minces de silicium, du silicium de moindre pureté beaucoup moins cher à produire, en limitant les pertes par sciage grâce à la découpe laser, en éliminant cette étape par l'utilisation de procédés de coulage par rubans). Une autre approche prometteuse est l'utilisation de couches minces de silicium.

La filière silicium amorphe (*figure 1B*) étudiée en particulier au LPICM de l'école polytechnique, qui commence également

à intégrer aujourd'hui également du silicium microcristallin ou mixte amorphe/nanocristallin appelé polymorphe. Elle repose sur un empilement de trois couches de silicium amorphe qui constitue une homojonction de type p-i-n : l'une dopée p avec du bore, la seconde non dopée, dite intrinsèque, et la troisième dopée n avec du phosphore. Cette jonction est complétée par des couches de contact de part et d'autre.

En face avant, un oxyde transparent et conducteur (appelé TCO) est déposé directement sur le support de verre (du simple verre à vitre). Cette couche – nécessairement transparente dans le visible pour que les photons puissent atteindre la zone p-i-n où ils vont pouvoir créer du photocourant – est généralement constituée d'oxyde d'étain rendu conducteur par dopage au fluor et déposée par CVD ou de ZnO dopé bore, qui résiste mieux au caractère réducteur des plasmas. En effet, les couches suivantes de silicium amorphe sont déposées par CVD assistée par plasma, à basse température (200°C) à partir de silane (SiH₄), ce qui est un avantage pour le dépôt sur des plastiques.

En face arrière, une couche d'argent déposée par évaporation sous vide permet la prise de contact électrique en jouant également un rôle de miroir qui permet de réfléchir le rayonnement et d'augmenter ainsi le photocourant, et donc le rendement, de la cellule.

Cette filière est également caractérisée par l'utilisation d'empilements plus complexes, où plusieurs jonctions p-i-n sont déposées les unes sur les autres (on parle de structures tandem pour deux, ou de triples jonctions). Dans ce cas, chaque jonction permet de capter un domaine particulier du spectre solaire et donc d'étendre le domaine spectral utilisé (*figure 1, E à G*). Pour cela, on associe à la jonction en silicium amorphe pur une ou des jonctions utilisant des alliages silicium germanium, qui permettent d'étendre le spectre d'absorption plus ou moins vers l'infrarouge en fonction du taux de germanium.

La complexité plus grande de ces structures, pouvant comporter jusqu'à 12 couches, est compensée par des rendements plus élevés – les rendements records de la

filière sont autour de 12 % (*figure 2*) –, tandis que les modules ont des rendements de 6-7 %. Les cellules à triple jonction sont largement commercialisées aujourd'hui, par exemple par la société Unisolar qui les utilise pour les grandes toitures industrielles.

Un des enjeux clés de cette filière, qui dispose de l'avantage d'une abondance du silicium et de température de dépôt peu élevée, est d'augmenter ce rendement qui reste faible en regard des autres filières couches minces non-silicium. Une voie en plein développement est de substituer au silicium amorphe pur (qui présente des phénomènes de pertes initiales de rendement) du silicium microcristallin, qui présente les propriétés optiques du silicium cristallin, avec un gap de 1,1 eV.

Malheureusement, ses coefficients d'absorption faibles ne sont pas compatibles *a priori* avec l'utilisation de couches minces de quelques microns. Cependant, cet obstacle est en voie d'être surmonté grâce au développement de phénomènes de piégeage optique extrêmement efficaces : l'utilisation de couches diffusantes d'oxydes et la texturation des surfaces permettent de multiplier le parcours optique d'un facteur 10 à 15.

Une voie très prometteuse de recherche est le couplage en configuration tandem d'une jonction amorphe, décrite plus haut, avec une jonction microcristalline, décrite dans le paragraphe précédent, connue sous le nom de cellule « micro-morphe » (*figure 1G*).

Tellurure de cadmium (CdTe)

Les cellules au tellurure de cadmium représentent la deuxième filière couches minces. Elle utilise également comme couche initiale une couche d'oxyde d'étain transparent et conducteur déposée sur verre. Puis, sont déposées une couche de sulfure de cadmium de type n et une couche de CdTe (*figure 1C*).

Le dépôt se fait généralement par sublimation sous vide, à partir de sources portées à 600-700°C, le substrat de verre étant à 500°C environ. L'avantage du CdS et du CdTe (matériaux II-VI) est qu'ils présentent une sublimation congruente permettant de reformer directement un matériau de

composition stoechiométrique sur le substrat. Il en résulte la formation d'une hétérojonction n-p entre CdS et CdTe.

La particularité de cette méthode de dépôt – appelée « sublimation à courte distance » (ou CSS pour *close space sublimation*) – est que la source et le substrat sont placés à courte distance, typiquement de quelques millimètres. Elle permet des vitesses de dépôt très élevées, pouvant aller à plusieurs microns par minute. Cette possibilité de traiter de grandes surfaces très rapidement par défilement est un avantage très important sur le plan industriel.

Enfin, le contact arrière peut être réalisé sur le CdTe par dépôt d'une couche de carbone dopé cuivre ou d'antimoniure de tellure.

L'optimisation de l'ensemble de ces étapes a permis un rendement record de 16,5 %, ce qui dépasse largement celui obtenu avec le silicium amorphe.

En production, les rendements obtenus atteignent maintenant 10,9 %.

La combinaison des rendements élevés, de la robustesse de la structure et d'une

technologie à haut débit est à l'origine de l'explosion de cette technologie à laquelle on assiste aujourd'hui. Cela constitue un véritable tournant dans le domaine, tout d'abord vers les couches minces et ensuite vers des matériaux non-silicium. Au niveau théorique, le CdTe possède le gap idéal pour obtenir des rendements élevés, de l'ordre de 30 % ; il existe donc une marge importante de progrès dans les performances.

Cuivre-indium-sélénium (CIS)

La dynamique créée par la filière CdTe est encore renforcée par la technologie couches minces à base de diséléniure de cuivre et d'indium, appelée CIS, dont la montée en puissance sur le plan industriel commence juste à se faire sentir.

La *figure 1D* montre la structure de base des cellules CIS et la réalité de la structure grâce à une coupe transverse réalisée sur une cellule complète qui permet de bien visualiser les différentes caractéristiques des couches (*figure 4*). Ici, l'empilement de couches commence par la couche arrière métallique, en l'occurrence du

molybdène déposé sur verre par pulvérisation cathodique. Elle est constituée d'une structure polycristalline colonnaire avec une forte orientation préférentielle perpendiculairement au substrat.


Ensuite, est déposée la couche de CIS, ou, plus exactement, une couche où l'indium a été partiellement remplacé par du gallium : $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ (CIGS). Cette substitution permet de faire varier la largeur de bande interdite entre 1 eV (pour $x = 0$) à 1,7 eV (pour $x = 1$). La composition la plus efficace est $\text{CuIn}_{0,7}\text{Ga}_{0,3}\text{Se}_2$, pour $x = 0,3$, avec une bande interdite de 1,15 eV (1,7 eV pour le silicium amorphe aSi et 1,5 eV pour CdTe), ce qui en fait le matériau absorbeur le plus proche du silicium (1,1 eV) en termes de *gap* dans les trois filières.


Le dépôt est généralement effectué par co-évaporation sous ultravide, à des températures de substrats d'environ 550°C, à partir de sources élémentaires. Ensuite est déposée une couche interfaciale (dite couche tampon) d'une cinquantaine de nanomètres d'épaisseur, qui permet d'adapter l'interface entre le CIS et ➤➤

NEW VIEW 7000


zygo®

NOUVEAU PROFILOMÈTRE 3D SANS CONTACT
 PERFORMANCES SIMPLICITÉ, FIABILITÉ





- Microscope interférométrique en lumière blanche
- Topographie, Mesure de forme, Rugosité
- Résolution en Z : 0,1 nm
- Large choix d'objectifs (jusqu'à x100)



LOT-Oriel - 91300 Massy - 01 69 19 49 49 - www.lot-oriel.fr

la couche d'oxyde transparente conductrice de ZnO de type n (dopage) que l'on dépose ensuite par pulvérisation cathodique pour prendre le contact avant et former la jonction p-n.

Les cellules obtenues avec le CIS présentent des rendements records exceptionnels, 20 % supérieur au CdTe, ce qui les met au même niveau que les records obtenus avec le silicium polycristallin. De fait, les modules présentent aujourd'hui des rendements de 11 à 14 % qui se rapprochent également de ceux au silicium polycristallin. De nombreuses recherches portent sur la diminution des coûts. C'est le cas en particulier à l'IRDEP avec l'électrodépôt. La *figure 4* montre la structure d'une cellule CIS où la couche de CIS a été préparée par électrolyse et recuite [3]. Un rendement de 11,5 % a été atteint.

Nouveaux concepts pour la conversion photovoltaïque à très haut rendement

Au-delà des filières précédentes, de nombreuses études concernent de nouveaux concepts qui pourraient permettre d'aller vers les très hauts rendements (>40 %). L'approche bien établie aujourd'hui est celle utilisant le principe des multijonctions (*figure 1 F à G*), que l'on retrouve dans la filière à base de GaAs et de matériaux III-V (*figures 2 et 1 F*), mais également dans la filière couches minces à base de silicium amorphe (*figure 1 G*), et qui devrait également s'étendre à l'avenir aux autres filières couches minces. Cependant, il existe d'autres approches à explorer. La première est basée sur l'idée d'adapter le spectre optique à la longueur d'onde optimale pour la conversion dans une jonction unique, à une valeur de l'énergie légèrement supérieure à la bande interdite. Pour cela, on cherche à convertir les photons

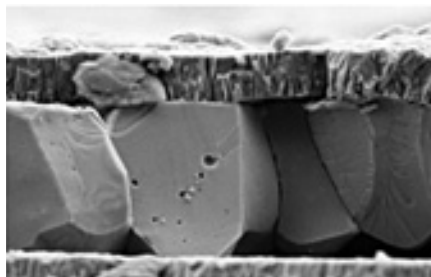


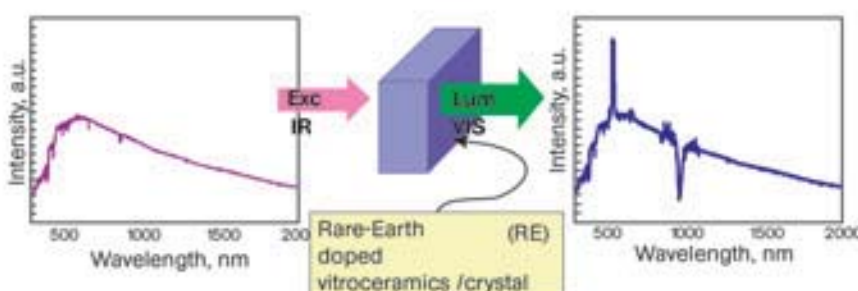
Figure 4. Cliché de microscopie électronique à balayage d'une cellule CIS (Mo-CIS-ZnO) réalisée à l'IRDEP. La couche de CIS a été préparée par électrolyse suivi d'un recuit rapide. [3]

infrarouge en photons visibles, par des processus d'*up-conversion* (*figure 5*) [4] et à convertir les photons UV en photons visibles par *down-conversion*. Une des difficultés est que ces processus nécessitent de travailler avec les concentrations optiques les plus élevées possible, d'où l'idée d'employer la photonique.

D'autres concepts misent sur la possibilité de collecter les paires électrons tous de haute énergie avant qu'elles n'en perdent une grande partie par thermalisation : il s'agit du concept appelé à porteurs chauds, utilisant des contacts sélectifs à base de nanoparticules.

Enfin, il y a également l'idée d'introduire des niveaux supplémentaires dans la bande interdite afin d'augmenter l'absorption des photons. Il s'agit dans ce cas du concept dit à bande intermédiaires. Récemment, l'idée introduite par Jean-François Guillemoles d'utiliser les propriétés de spin pour contrôler ces mécanismes

Figure 5. Illustration de phénomène d'*up-conversion* pouvant être mis à profit dans une cellule solaire : le signal à 1 µm est converti en signal à 0,6 µm, en plein dans la fenêtre d'absorption des cellules solaires. Ces travaux sont réalisés dans le cadre de projets nationaux ANR et internationaux coordonnés à l'IRDEP par Jean-François Guillemoles [4].



est apparue, procédé que l'on pourrait appeler « photovoltaïque de spin » [5]. Les études sur ces nouveaux concepts en sont encore à leurs balbutiements, mais ouvrent des voies nouvelles pour le photovoltaïque, issues de la recherche fondamentale.

Conclusion

L'analyse du domaine de la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire [1, 2, 6] montre que les espoirs concernant l'utilisation rapide et efficace de cette source d'énergie sont parfaitement fondés.

Plusieurs filières aujourd'hui rivalisent dans la voie de la réduction des coûts et de l'augmentation des rendements. Cette progression est loin d'être finie et devrait sans doute être accélérée encore du fait du développement industriel et de l'augmentation du poids économique associé. Une des tendances fortes qui se dessine est d'aller vers des couches minces et des multistructures, faisant de plus en plus appel aux techniques les plus avancées d'ingénierie optique, qu'il s'agisse du confinement optique dans des couches de plus en plus fines de silicium, de la photonique pour exalter des effets de résonance, ou à plus long terme de la conversion de photons à l'aide de matériaux optiques dopés, par exemple, aux terres rares. Dans le couple photon-électron à la base de la conversion photovoltaïque, on assiste peut-être à un rééquilibrage des fonctions électroniques vers les fonctions optiques. ■

Références

1. Photon International, Mars 2009.
2. <http://www.epia.org>
3. Solution processing route to high efficiency CuIn(S,Se)₂ solar cells. J.P. Connolly, O. Ramdani, O. Roussel, D. Guimard, V. Bermudez, N. Naghavi, P.P. Grand, L. Parissi, J. Kurdi, J. Kessler, O. Kerrec, D. Lincot, J. Nano Research 4 (2009):1105.
4. Thin film concepts for photon addition materials. S. Ivanova, F. Pellé, R. Esteban, M. Laroche, J.J. Greffet, S. Colin, J.L. Pelouard, J.F. Guillemoles, Proceedings 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference (2008) :734.
5. Ferromagnetic compounds for high efficiency photovoltaic conversion : the case of AIP : Cr. P. Olsson, C. Domain, J.F. Guillemoles, Physical Review Letters, 102 (2009): 27204.
6. Article complémentaire de l'auteur : <http://decouverte.in2p3.fr/index.php?id=1420> (2007).

Le silicium pour le photovoltaïque, de la silice au module

Depuis quelques années, le secteur du photovoltaïque est rentré dans une phase industrielle. L'intérêt énergétique et la croissance continue du domaine supérieure à 30 % en font un des secteurs les plus dynamiques. Mis sur les rails par le Japon et l'Allemagne, plusieurs pays suivent désormais la voie dans la production et l'installation des panneaux photovoltaïques (Etats-Unis, Chine, Espagne, Italie). Bien que plusieurs technologies soient industriellement disponibles, l'utilisation du silicium cristallin sous forme de plaquettes reste actuellement la technologie dominante. Afin d'atteindre l'objectif compétitif de coût de fabrication du module de 1 euro/Wc (watt crête), le domaine du silicium cristallin devra encore compter sur des innovations technologiques et industrielles soutenues pour les années à venir.

» Yannick VESCHETTI
CEA Grenoble
DRT/LITEN/DTS/LCS
INES
yannick.veschetti@cea.fr

La technologie à base de silicium cristallin la plus ancienne (la première cellule a été réalisée en 1954 par Bell Laboratories) reste la technologie industrielle dominante, avec une contribution proche de 90 %. Et il faut bien dire que l'utilisation du silicium pour une application photovoltaïque (PV) a plusieurs avantages significatifs : c'est un matériau abondant (27 % de la croûte terrestre), relativement peu coûteux à produire, stable et non toxique ; ses propriétés électriques sont adaptées (valeur de bande interdite, mobilité, durée de vie...) et l'industrie microélectronique en a permis une connaissance approfondie.

Les modules PV étant composés de cellules réalisées sur des plaquettes de silicium interconnectées entre elles, la chaîne de fabrication du module est décomposée en trois sections : le matériau (de la matière première à la plaquette), la fabrication des cellules et la mise en module avec une répartition en termes de coût de 35 %, 25 % et 40 % respectivement, ce qui montre clairement l'importance de considérer l'intégralité des éléments de la chaîne dans l'objectif de réduire les coûts. Bien que le silicium soit un des éléments les plus abondants de la croûte terrestre,

sous forme de silice, son utilisation pour le photovoltaïque nécessite une purification adaptée. La hausse continue de la production a entraîné à partir de 2007 une importante pénurie de silicium et par conséquent une spéculation, avec une augmentation du prix du silicium (purifié) de 40 euros/kg jusqu'à 300 euros/kg.

À l'échelle industrielle, les modules à base de silicium cristallin présentent désormais des rendements de conversion entre 13 et 16 % en fonction de la technologie utilisée (donc, selon l'architecture de cellules, les procédés de fabrication et la qualité du silicium). Leur dette énergétique, qui correspond à la durée de fonctionnement du module qui permettra de rembourser l'énergie nécessaire pour le produire, est en moyenne de 2,5 ans.

De la silice au silicium Des procédés de purification...

La première étape consiste à réduire la silice en silicium métallurgique, un matériau utilisé principalement pour le bâtiment, qui contient à ce stade une concentration en impuretés métalliques et dopantes nettement trop élevée pour envisager une application photovoltaïque.

Ensuite, on utilise généralement le procédé Siemens (Siemens process), un procédé de purification sous forme gazeuse adapté pour respecter une teneur en impuretés inférieure à 0,1 ppm (partie par million), une concentration normalement

suffisante pour atteindre des rendements de conversion de cellules élevés. Néanmoins, cette technique de purification permettant d'obtenir le solar grade silicon (figure 1), c'est-à-dire un silicium adapté à une utilisation dans le photovoltaïque, pourrait présenter quelques limites dans un contexte de très forte production : son bilan énergétique est lourd (entre 75 et 120 kWh par kilo), son coût de production est relativement élevé et variable en fonction de la demande (le coût stabilisé minimal est de 30 euros/kg) et il faudrait également faire face à des problèmes de gestion des composés chlorés issus de la purification.



Figure 1. Barreau de silicium de qualité solaire.

... qui évoluent

Les plus grands fabricants de silicium (Wacker, LDK, MEMC, Hemlock, Tokuyama) travaillent donc actuellement sur le développement de nouveaux procédés afin de s'affranchir de ces limitations, avec des résultats prometteurs puisque le procédé appelé « fluidised bed », par exemple, permet déjà de réduire drastiquement le coût (les gens concernés parlent de potentiel de coût inférieur à 40 euros/kg) et le bilan énergétique à 30 kWh/kg.

Pour faire face à l'instabilité du prix du silicium et baisser davantage le coût de sa

© Laurent Tise



purification, il existe désormais des alternatives qui permettent de produire du silicium de qualité suffisante pour le photovoltaïque sans passer par les modes de purification traditionnels (voie gazeuse). Ainsi, plusieurs instituts (INES, ISC, ANU) et industries (ELKEM, QCells, CaliSolar, Dow-Corning...) travaillent désormais sur la purification de silicium métallurgique par voie solide/liquide pour déboucher sur un matériau appelé *Upgraded Metallurgical Grade silicon* (UMG), qui présente des concentrations en impuretés métalliques (Cu, Fe, Ni, Ti...) et dopantes (B, P, Al, Sn, Ge...) de l'ordre du ppm.

Son utilisation pour le photovoltaïque requiert des recherches intenses au niveau de l'ingénierie des défauts afin de déterminer les spécifications limites et de développer un procédé de fabrication de cellules adapté. La limitation majeure de ce matériau se situe au niveau des performances des cellules qui reste inférieures avec des procédés classiques. De plus, la forte concentration en impuretés sera un verrou majeur pour aller vers les très hauts rendements de conversion, au-delà de 20%. Il a cependant des avantages importants tels que la facilité d'installation d'usines pour de très fortes productions, un bilan énergétique faible (10 à 30 kWh/kg) et un coût de production inférieur à 20 euros/kg.

Quelle que soit la technique de purification utilisée, des progrès seront réalisés dans les prochaines années pour permettre d'obtenir une charge de silicium de pureté suffisante et à coût réduit.

Cristallisation : du silicium au lingot

Deux types de cristal de silicium sont utilisés dans l'industrie photovoltaïque, à parts quasi égales dans la production totale de modules photovoltaïques : le silicium multicristallin et le silicium monocristallin.

Le silicium multicristallin (figure 2) est obtenu par solidification directionnelle qui conduit à la production de lingots rectangulaires de 400 kg. L'intérêt de cette technique se situe au niveau de sa haute cadence de production et dans sa capacité à produire des lingots de dimensions de



Figure 2. Barreau de silicium multicristallin.

plus en plus importantes. La présence de joints de grains et de dislocations dans ce matériau conduit généralement à des valeurs de rendement de conversion inférieures à ceux obtenus sur silicium monocristallin.

Le silicium monocristallin mène à des rendements cellules plus élevés, mais son obtention par les techniques de cristallisation Czochralski (Cz) ou *Float Zone* (FZ) est, par contre, plus coûteuse. Les lingots obtenus (figure 3) sont de forme cylindrique, expliquant la forme pseudo carrée des cellules issues de ce matériau (figure 4).



Figure 3. Lingot de silicium monocristallin.

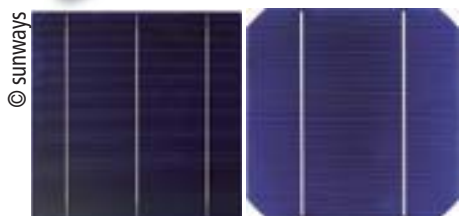


Figure 4. a. Cellule classique sur silicium multicristallin. b. Cellule haut rendement sur silicium monocristallin.

Sciage : du lingot à la plaquette

Le sciage représente une étape importante dans la chaîne de fabrication du module. En effet, l'objectif est de récupérer un nombre maximal de plaquettes sur chaque brique, en limitant les pertes par sciage (*kerf loss*) qui restent jusqu'à présent non recyclables. Dans le même esprit d'économie de matériau, le recyclage des pertes par sciage est de plus en plus considéré par la communauté.

La technique de sciage couramment utilisée est basée sur l'utilisation de la scie à fil dont l'amélioration progressive a permis de réduire les épaisseurs de substrats (de 350 µm en 2000 à 200 µm actuellement)

et les pertes par sciage (160-180 µm actuellement).

Des possibilités de découpe à des épaisseurs de plaquettes de 100 µm ont été récemment démontrées (il convient cependant de souligner que le procédé de fabrication de cellules et la manipulation de ces plaques restent actuellement inadaptés à de telles épaisseurs).

Fabrication : de la plaquette à la cellule

Le procédé industriel de référence pour la fabrication de cellules photovoltaïques requiert l'utilisation de silicium de type p. Ce procédé, robuste et simple (cinq étapes de fabrication), permet d'atteindre des rendements de cellules entre 14 et 16% sur silicium multicristallin et 15 et 17% sur silicium monocristallin. Il est également compatible avec de cadences élevées de production (typiquement de l'ordre de 1 800 cellules par heure pour une ligne de production). Néanmoins, l'amélioration du rendement de la cellule nécessite une réduction des pertes optiques (ombrage des métallisations, baisse de la réflectivité), des pertes résistives (contacts, résistance série, et absence de court-circuit) et des pertes électriques (pureté du matériau, réduction des défauts de surface).

Bien que le silicium de type p soit utilisé à hauteur de 93% de la production mondiale, deux sociétés (Sanyo et SunPower) produisent des cellules à très haut rendements (entre 19 et 23%) issues de deux technologies alternatives sur silicium monocristallin de type n. Leur difficulté consiste cependant à mettre en production ces procédés tout en gardant un coût bas.

L'architecture de la cellule est également en évolution et il est fortement probable que les nouvelles générations de cellules posséderont les connectiques (anode et cathode) sur la face opposée au rayonnement. Cela permettra de favoriser la connexion entre les cellules lors de la mise en module, de réduire la surface de module inactive et d'augmenter les performances des cellules.

Les instituts de recherche disposent d'ores et déjà de procédés de fabrication innovants permettant d'augmenter les rende-

ments, mais la difficulté réside dans la capacité à industrialiser ces procédés en tenant compte des aspects de coût, de cadence, de consommables (matières premières, produits chimiques, gaz, environnement) et de manipulation des plaques minces.

Le rôle des équipementiers est notamment d'une importance majeure pour l'évolution de la technologie. Pour les prochaines années, les orientations consisteront à développer des lignes de production haute cadence (3 000 plaques/heure) adaptées aux plaques minces (de 180 µm vers 120 µm) avec une amélioration continue des rendements cellules sur différentes qualités de silicium.

Mise en module : de la cellule au module

La technologie de mise en module (figure 5) repose sur l'encapsulation de cellules interconnectées dans un polymère d'EVA (éthylène vinyle acétate) pour les protéger mécaniquement et de l'humidité. Elle permet d'obtenir des modules dont les puissances moyennes sont de 80 Wc et 170 Wc. Les modules sont généralement garantis 25 ans avec une perte de puissance maximale de 20 %.

L'étape de mise en module garde une contribution importante dans le coût global du module. Concernant la cadence de production, la limitation se situe actuellement surtout au niveau de l'étape de lamination.

Les critères que doivent respecter un module sont les suivants : performance, stabilité, résistance aux conditions climatiques et humidité, adapté esthétiquement à son environnement, léger et facile à produire, avec une absence de phénomène de point chaud.

Le rendement module est généralement inférieur de 1 à 2 % absolu par rapport aux cellules car la surface active est réduite (espacement entre cellules, armature métallique). L'aspect soudure des cellules est également critique car l'amincissement des plaquettes nécessitera une réduction du stress engendré. L'interaction entre l'architecture de la cellule et le procédé de mise en module sera de première nécessité pour contribuer à l'amé-



Figure 5. Modules composés de cellules sur silicium multicristallin (a) et monocristallin (b).

lioration globale de la technologie sur silicium cristallin.

Actuellement, la technologie de mise en module fait l'objet d'intenses recherches (tests de nouveaux matériaux, techniques de soudure innovante, absence d'encapsulation, confinement optique, design pour application spécifique...).

Conclusion

Des progrès importants doivent encore être réalisés pour que la technologie photovoltaïque à base de silicium cristallin aboutisse à des coûts de production compétitifs avec les autres sources d'énergie. Pour cela, il faudra, aux différents maillons de la chaîne de production du module, réduire les coûts et améliorer le rendement, la cadence de production et les performances.

En particulier, des développements sont attendus à plusieurs niveaux : production de silicium de pureté suffisante, amélioration des techniques de cristallisation, sciage de plaques minces, mise en place de nouveaux procédés de fabrication de cellules et de modules.

Dans la même optique, l'intégration verticale des industries (c'est-à-dire la maîtrise de plusieurs maillons de la chaîne par une même entreprise) et l'augmentation des unités de production (de 100 MW vers 1 GW) permettront de contribuer à cette réduction des coûts. Malgré l'émergence des technologies à base de films minces sur substrat étranger (CIS, CdTe, silicium amorphe), le silicium cristallin dispose de suffisamment d'atouts et de potentiel d'amélioration pour rester un acteur majeur de la prochaine décennie. ■

Continuum[®]

www.continuumlasers.com

Une gamme en lasers...

µs

Laser AGILITE
Laser CUSTOM...

Ns

Lasers YAG
Lasers YLF
Lasers Nd : YVO4
Lasers PIV
Lasers OPO
Laser à colorants

Ps

Leopard
Integra – C-Ps
OPA Palitra – Ps

Fs

Integra-C-Fs
Integra-C-USP
ODIN II
OPA Palitra-Fs
OPA Palitra-USP

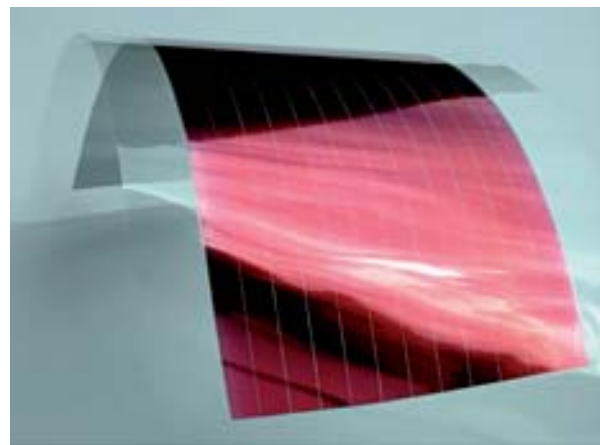
QUANTRONIX

www.quantronixlasers.com

EXCEL TECHNOLOGY France
22 Avenue de la Baltique
91 140 Villebon sur Yvette
Tel : 01 69 74 13 80
Email : ETF@excel-france.com

Cellules solaires et photonique organique

La filière des cellules solaires organiques est une alternative très intéressante pour convertir l'énergie solaire en raison des propriétés mécaniques des matériaux organiques et de leurs faibles coûts de fabrication. Des améliorations en termes d'efficacité de conversion photovoltaïque ont été récemment obtenues sur les cellules solaires organiques. Cependant, dans l'optique d'atteindre des plus hauts rendements de conversion, de l'ordre de 10 %, les performances optiques et électriques de ces cellules doivent être simultanément améliorées. La photonique organique est l'une des voies très prometteuses pour répondre à cette problématique.



» Judikaël LE ROUZO,
David DUCHE,
Ludovic ESCOUBAS,
François FLORY,
Jean-Jacques SIMON,
Philippe TORCHIO,
Sylvain VEDRAINE,
Wilfried VERVISCH
IM2NP (UMR CNRS 6242)
équipe OPTO-PV
judikael.le-rouzo@univ-cezanne.fr

Matériaux organiques et cellules solaires

Un potentiel...

Les matériaux organiques présentent des possibilités importantes pour la production de cellules solaires pour différentes raisons : leur procédé de fabrication aisé permet une production à grande échelle et à faible coût, ils sont faciles à intégrer (support souple), l'aspect organique offre une variété de structures (polymères, petites molécules) et de fonctionnalités (ajustement séparé de la bande interdite...). Et les rendements de conversion des cellules solaires organiques n'ont cessé d'augmenter depuis quelques années, pour dépasser désormais les 6 % [1], même pour des cellules à une seule couche active.

Ces résultats sont principalement le fruit de deux avancées significatives : la première concerne la découverte de nou-

veaux polymères donneurs présentant des diagrammes de bandes d'énergie favorables à une augmentation de la tension de circuit ouvert des cellules ; la seconde est liée à la maîtrise expérimentale de la morphologie des mélanges interpénétrés qui influence plutôt la conduction des charges et donc le facteur de forme des caractéristiques I(V) des dispositifs.

La figure 1 présente l'empilement classique d'une cellule solaire organique en couches minces. (voir le complément Internet «Principe de la cellule solaire organique» pour le détail de la structure et de l'absorption de la couche active).

La couche active représentée par le couple constitué d'un polymère donneur, le P3HT (poly-3-hexylthiophène), et d'un dérivé du fullerène, le PCBM (rôle d'ac-

cepteur), a ainsi fait l'objet de nombreux travaux visant à optimiser les propriétés électriques de ce type de mélange.

...à mettre en forme

Si les matériaux organiques ont l'avantage de présenter de forts coefficients d'absorption (plus de 10^5 cm^{-1}), les faibles valeurs de mobilité des charges (de 10^{-6} à $1 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) limitent les épaisseurs des films à 100-200 nm, c'est-à-dire à des valeurs bien inférieures aux 400 ou 500 nanomètres nécessaires à l'absorption d'une majeure partie du spectre solaire. Il est donc indispensable d'accroître l'interaction entre la lumière incidente et la couche photoactive.

Par ailleurs, les longueurs de diffusion des excitons n'excèdent pas 10 ou 20 nm dans la majorité des matériaux organiques ; c'est donc la distance maximale que l'on peut tolérer entre deux interfaces matériau donneur-matériau accepteur.

En résumé, l'ensemble de ces contraintes dimensionnelles impose que la structure optimale de la couche absorbante d'une cellule solaire organique soit une structure de type interpénétrée comme représentée sur la figure 2a.

L'importance croissante de la photonique organique dans les progrès technologiques actuels (OLEDs, OFETs, lasers organiques...) n'est plus à démontrer (voir Photoniques n°42, p.57 à 59). Dans ce contexte, les développements récents des cellules solaires organiques sont forte-

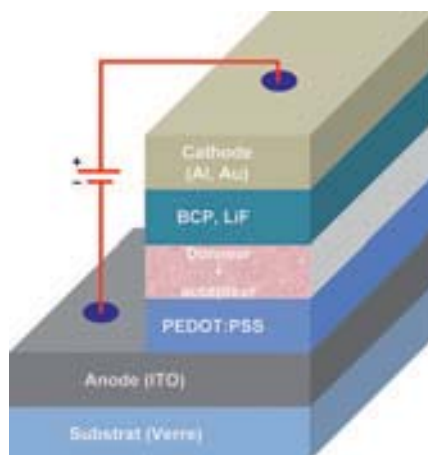
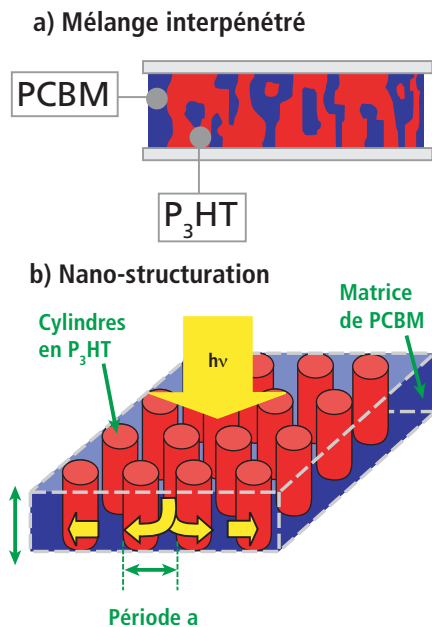


Figure 1. Structure d'une cellule solaire organique composée d'un empilement de couches minces.

Figure 2. La couche active organique de P3HT/PCBM d'une cellule solaire organique peut se présenter soit sous la forme d'un mélange interpénétré des deux matériaux (a), soit structurée sous la forme d'un cristal photonique (b)



ment liés aux avancées réalisées dans le domaine du « couplage photon-matériau organique ».

Optimiser l'absorption...

Malgré les améliorations réalisées sur les matériaux décrites au paragraphe précédent, un des points limitant l'efficacité de conversion des cellules solaires organiques concerne leur faible gamme spectrale d'absorption.

...par le couplage avec la lumière

Dans le but d'augmenter cette absorption, une des idées est l'optimisation du couplage entre la lumière incidente et les matériaux photovoltaïques constituant la cellule, précisément dans une gamme de longueur d'onde où l'absorption du matériau est faible (c'est-à-dire vers 600 nm pour le couple P3HT/PCBM).

Pour cela, différentes voies sont envisageables : la première consiste à minimiser la réflexion à l'interface air-cellule à l'aide de traitements antireflets (couches minces ou surfaces structurées). La seconde repose sur l'ingénierie du champ électromagnétique pour contrôler la répartition, dans l'épaisseur de la cellule, du champ électromagnétique créé par la lumière et ainsi maximiser l'énergie dans la couche

active, région où a lieu la génération des excitons [2].

...par la nanostructuration

Pour aller encore plus loin, nous pouvons faire appel à des concepts optiques plus novateurs, fondés sur les cristaux photoniques, qui sont des structures dont l'indice de réfraction varie périodiquement dans une ou plusieurs dimensions de l'espace et permettent ainsi de contrôler et de modifier les propriétés de propagation d'un flux lumineux.

L'idée maîtresse de ce travail consiste donc à considérer une cellule dite « idéale » dans laquelle la couche active est constituée d'un réseau ordonné de nano-fils de P3HT insérés dans une matrice de PCBM (figure 2b). Ce réseau est assimilable à une structure photonique qui présente le double avantage de pouvoir augmenter le couplage de la lumière dans le matériau et de présenter des chemins de percolation (les fils de P3HT) pour la collecte des charges.

En exploitant la représentation des diagrammes de bandes photoniques et >>>

Caractérisation optique d'éléments et systèmes Photovoltaïques

Une large gamme de produits pour l'évaluation des cellules et modules solaires par méthodes d'électroluminescence (EL), photoluminescence (PL) et thermique.

Produits :

- Caméra digitale ORCA R²
- Caméra digitale EM-CCD
- Caméra InGaAs
- Streakscope
- THEMOS mini

Applications :

- Méthode EL : défaut de fabrication, fissure, obstacle en surface
- Méthode PL : défaut du matériel, défaut dans le cristal, fissure, contamination...
- Méthode thermique : fuites de courant, échauffement...

HAMAMATSU
PHOTON IS OUR BUSINESS
www.hamamatsu.fr

infos@hamamatsu.fr - Tél. +33 1 69 53 71 00

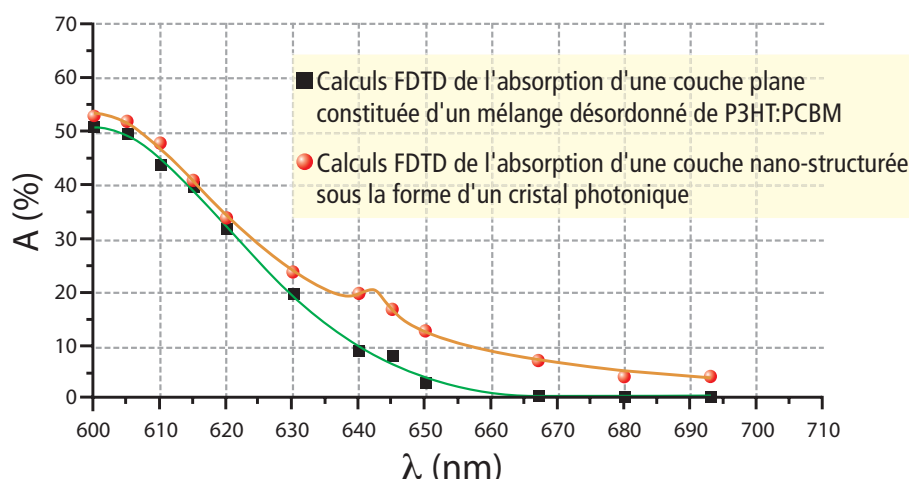


Figure 3. Comparaison entre l'absorption du cristal photonique considéré et l'absorption d'une structure composée d'un mélange désordonné de PCBM et de P3HT.

les propriétés des modes de Bloch lents, la *figure 3* indique qu'il est possible d'augmenter significativement l'absorption d'une couche de P3HT/PCBM, le gain (aire sous la courbe) pouvant atteindre 35 % dans la gamme 600-700 nm [3].

De récents travaux ont mis en évidence la réalisation expérimentale de telles structures photoniques et démontré une amélioration des performances électriques d'une cellule solaire organique structurée [4].

Afin de valider ces modélisations et confirmer le gain en absorption sur des cellules solaires organiques, un prototype a été développé conjointement au sein de l'équipe OPTO-PV de l'IM2NP et de la société IRILAB. Cet instrument appelé *nano-velouteur*, est dédié à la nanostructuration de couches organiques sous la forme de réseaux périodiques similaires à ceux du schéma de la *figure 2b*.

Le principe du procédé est basé sur l'utilisation d'une matrice de nano-canaux en alumine (Al_2O_3) permettant de former les nano-fibres à l'aide d'un gaz sous pression. Celui-ci, enfermé dans les nano-canaux, permet de modeler un polymère placé de façon à recouvrir la matrice et porté à une température permettant de le ramollir. En effet, au-dessus d'une certaine température, le polymère est dans un état caoutchouteux, propice à sa déformation, et peut être modelé facilement. Il a été démontré que ce processus est efficace pour la nanostructuration de couches de PMMA de 100 nm de période (*figure 4*).

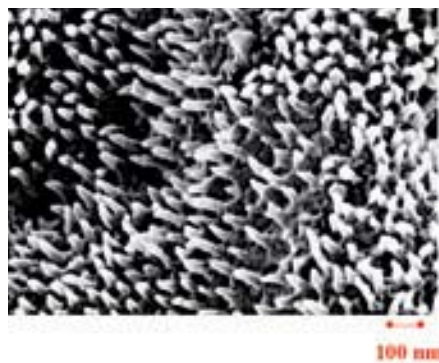


Figure 4. Image au microscope électronique à balayage (MEB) d'un nano-velours en PMMA ($\times 31\,200$).

Ces travaux sur les cristaux photoniques ont été réalisés en partie dans le cadre du projet ANR SPARCS (Structures photoniques pour l'amélioration du rendement de conversion des cellules solaires) [5]. Dans ce contexte, on peut également citer les travaux d'une équipe de l'INL (Lyon Institute of Nanotechnology) qui porte sur la conception et la réalisation de cristaux photoniques dans des cellules photovoltaïques composées de couches minces en silicium [6].

...par effet plasmon

Une autre alternative pour augmenter l'absorption des photons dans la couche active des cellules photovoltaïques organiques consiste à utiliser l'exaltation du champ électromagnétique se produisant à l'interface entre un métal et une couche organique. Le principe de cette exaltation repose sur la résonance des électrons du

métal à l'interface métal/diélectrique, qui peut être excitée par le faisceau lumineux incident. Ce phénomène est connu dans le domaine de la photonique sous le nom de plasmonique. La théorie de Maxwell montre que des ondes électromagnétiques peuvent se propager à l'interface métal/diélectrique et entraîner une excitation collective des électrons à partir des ondes électromagnétiques existant à la surface du métal. L'inclusion de nanoparticules métalliques dans les couches des cellules photovoltaïques permet de coupler des plasmons localisés et donc d'augmenter sensiblement le champ électromagnétique local [7].

Des mesures expérimentales indiquent une augmentation de 50 % de l'absorption lumineuse dans une couche active de 50 nm d'épaisseur composée d'un mélange MEH-PPV:PCBM, incluant des nanobilles d'argent de diamètre 40 nm déposées par *spin-coating*, comparée à la même structure sans nanoparticules. Les modélisations de type FDTD (*Finite Difference Time Domain*) permettent de déterminer la distribution spatiale du champ électromagnétique à l'intérieur de la structure en fonction de la longueur d'onde. Les calculs montrent que les effets plasmoniques sont capables d'augmenter significativement la densité de puissance du champ électromagnétique à l'intérieur du matériau organique au voisinage des particules métalliques (*figure 5*). De plus, ces calculs montrent que l'amélioration de l'absorption est certainement corrélée avec la durée de vie des photons à l'intérieur de la cellule. Ces résultats contribuent à la compréhension des phénomènes d'interactions plasmoniques entre les polymères conjugués et les nanostructures métalliques au sein des cellules solaires organiques, et démontrent que l'utilisation de l'effet plasmon est une voie importante pour améliorer significativement le rendement de cellules photovoltaïques organiques [8].

Conclusion

Dans l'optique de s'intégrer durablement dans le paysage du solaire photovoltaïque, la filière organique doit répondre à la

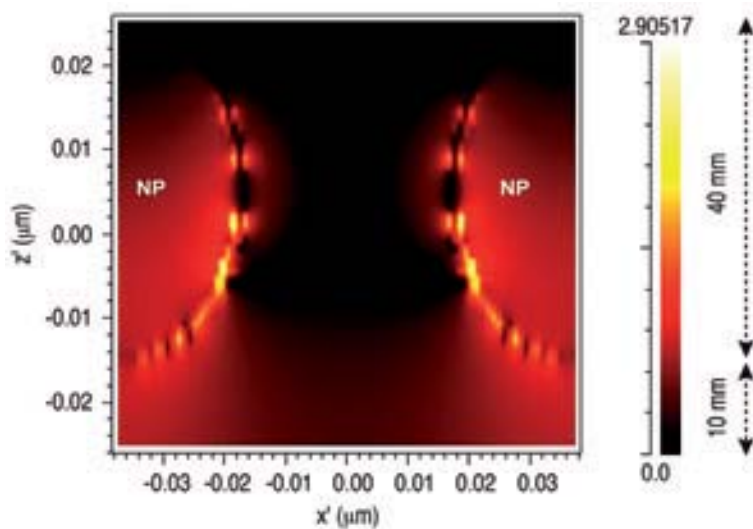


Figure 5. Distribution spatiale calculée de la densité de puissance du champ électromagnétique au voisinage de deux nanosphères d'argent (d'un diamètre de 40 nm) intégrées dans une matrice de MEH-PPV:PCBM (à $\lambda = 450$ nm).

question primordiale : comment améliorer le rendement de ces cellules ? L'amélioration de la morphologie des matériaux à l'échelle nanométrique, conjuguée au développement de matériaux à faible bande interdite, est une première réponse et devrait conduire à des rendements de conversion approchant les 10 %. Les progrès de la photonique organique laissent également augurer d'une amélioration notable des performances de ces cellules. L'exploitation de structures à cristaux photoniques ou d'effets plasmon met en évidence l'intérêt de ces concepts au service du solaire photovoltaïque. Ces résultats importants, associés aux développements actuels des procédés de fabrication de cellules, renforcent l'impact de ces dispositifs dans l'intégration d'une multitude de produits tels que l'emballage, le textile, les écrans flexibles ou encore les recharges de batteries de téléphones cel-

lulaires. Les cellules solaires organiques peuvent donc se faire une belle place sous le soleil. ■

Références

1. S.H. Park et al., Nature Photonics 3 (2009).
2. F. Monestier et al., Sol. Energy Mater. Sol. Cells 91, (2007).
3. D. Duché et al., APL 92, 93310 (2008).
4. D-H. Ko et al., Nano Lett. 9, 7, (2009).
5. <http://sparcs.ec-lyon.fr>
6. Y. Park et al., Optics Express 17, 16, (2009).
7. S. Boutami et al., 4th International Conference on Surface Plasmon Photonics (SPP4), Amsterdam, Pays-Bas (Sept. 2009).
8. D. Duché et al., Sol. Energy Mater. Sol. Cells 93, 8 (2009).

Photoniques.com
Complément Internet
 • Principe de la cellule solaire organique

» Réseau Nanorgasol

L'équipe OPTO-PV de l'IM2NP est impliquée dans un groupe de recherche fédérant différents partenaires français dans le domaine du solaire organique, le réseau Nanorgasol, soutenu par la mission Ressources et compétences technologiques (MRCT) du CNRS.

Ce réseau concerne la recherche et la technologie liées à l'élaboration, la caractérisation et le conditionnement des cellules

» <http://nanorgasol.univ-pau.fr>

photovoltaïques dites de troisième génération. Les compétences dans le domaine du photovoltaïque organique et hybride se retrouvent dans un grand nombre d'équipes appartenant à des laboratoires de tailles et d'axes de recherche variables. Ce réseau a pour objectif de rassembler et de coordonner les recherches qui se développent dans différents laboratoires français et autour de l'Institut national pour l'énergie solaire (CEA - CNRS).

Analyse de front d'onde
Optique adaptative

mirao 52-e, couplé avec nos logiciels CASAO ou GENAO, offre la meilleure capacité de correction avec les fonctionnalités avancées pour la microscopie biologique.

La gamme d'analyseurs de front d'onde HASO vous fournit précision, versatilité et facilité d'utilisation.

Venez nous voir à BIOS (stand 8734) et à Photonics West (stand 1607) pour une démonstration ou visitez: imagine-optic.com

Imagine Optic

©2009 Imagine Optic. Tous droits réservés. Etsuco Partners

Acheter un éclairage pour la vision industrielle

Pour la vision industrielle, la phase d'acquisition est l'étape déterminante. De sa qualité va dépendre tout l'enchaînement du traitement puisque l'image acquise est « la matière première » qui est ensuite soumise aux outils de traitement d'images sélectionnés. Mais selon que l'on cherche à mettre en évidence les contours d'un objet ou, au contraire, les détails de l'objet, chaque éclairage aura toute sa pertinence pour répondre à l'objectif poursuivi.

➤ **Xavier SAVIN**
Groupe Vision-Sympo
x.savin@visionic.fr

Les lois de l'optique imposent d'associer de la lumière au capteur de la caméra. Le couple caméra-éclairage est fondamental en vision. Mais l'usage qui est fait de la lumière en vision industrielle n'est pas celui qui est recherché dans la photo en général. Il existe en effet de nombreuses techniques d'éclairage, permettant de répondre à des objectifs particuliers. Le retroéclairage et l'éclairage direct, produisent des effets opposés.

Les technologies d'éclairages

Il existe de nombreuses technologies d'illumination, plus ou moins récentes. Celles-ci évoluent et se multiplient donnant naissance à de nouvelles possibilités de contrôles (ainsi la technologie LED prend de plus en plus d'importance, pour ses qualités de stabilité et de durée de vie). Mais les anciennes technologies ne disparaissent pas nécessairement et cohabitent donc avec les plus récentes.

Les tubes fluorescents : technologie ancienne et peu coûteuse, longtemps utili-

sée pour la vision industrielle pour sa simplicité et son faible coût, mais avec deux inconvénients majeurs :

- la lumière générée suit une courbe instable, avec un délai assez long d'atteinte de la luminosité et une dégradation graduelle mais irrégulière en fin de vie du tube ;
- la durée d'atteinte de la luminosité optimale ne permet pas de piloter les éclairages, ce qui est un handicap en vision industrielle pour de nombreuses applications, utilisant par exemple plusieurs contrôles pour des « scènes » nécessitant différents éclairages.

L'halogène et la haute fréquence : Ces technologies présentent l'avantage de fournir un éclairage puissant et homogène, tout en offrant une très forte densité lumineuse. L'inconvénient majeur est la quantité de chaleur que les lampes dégagent. D'autre part, cette technologie ne permet pas d'allumer et d'éteindre les éclairages pour coller aux besoins de pilotage des éclairages. La haute fréquence est aujourd'hui très utilisée pour éviter les problèmes de scintillement en utilisation de vidéo rapide.

Les LEDs : c'est la technologie la plus répandue actuellement. Son prix qui a sensiblement chuté et sa faible consommation électrique en font la technologie favorite, d'autant que les fabricants pro-

posent des quantités impressionnantes de modèles :

barrettes (toutes longueurs), annulaire (tous diamètres), dômes, télécentriques, arc de cercle (toutes dimensions : rayon et arc), angulation (degré par degré), taille des diodes, couleur de diodes, *backlight*. Ces éclairages présentent de nombreux autres avantages déterminants pour la vision industrielle : leur durée de vie, supérieure à 50 000 heures, et leur capacité à être pilotés, voire « *strobber* ». Ce pilotage permet de réaliser plusieurs contrôles nécessitant des scènes éclairées différentes (sans que les éclairages se perturbent les uns les autres. La technologie LED permet en flashant le produit à contrôler d'émettre une puissance de lumière jusqu'à dix fois la puissance nominale si la LED devait rester allumée en permanence. Cet « on/off contrôle » est d'autant plus intéressant que son temps de réponse est très court. Les LEDs se déclinent sur quasiment tout le spectre de longueur d'onde, ce qui permet de sélectionner l'onde optimale pour l'application.

Le laser : utilisé pour trianguler et acquérir une image « 3D » d'une surface. La couleur, l'intensité, la focalisation, le pilotage, sont autant de paramètres qu'il faut adapter en fonction de la nature de l'application (type de matière sur laquelle est

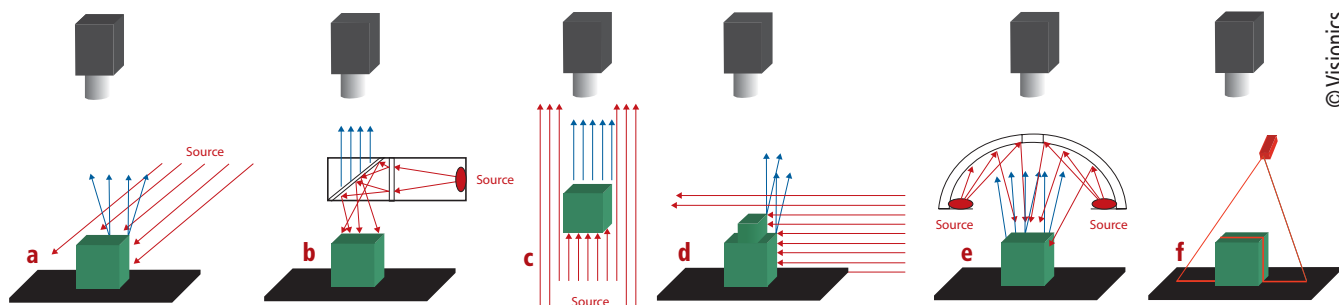


Figure 1. Types d'éclairage. **a.** Éclairage ponctuel. **b.** Éclairage axial (coaxial). **c.** Éclairage Back Light. **d.** Éclairage rasant. **e.** Sphère d'intégration. **f.** Éclairage structuré (laser).

projetée la ligne laser, vitesse de déplacement, champ d'acquisition, résolution requise).

Les techniques

La mise en évidence de défauts de pièce se révèle par un astucieux positionnement du trio caméra-éclairage-pièce. Il existe de nombreuses techniques d'éclairage en fonction du type d'éclairage, de la longueur d'onde requise et des autres caractéristiques de la source lumineuse.

Types d'éclairage (figure 1) : direct, rasant, semi-direct, rétroéclairage, diffus, coaxial.

Longueur d'onde de l'éclairage (figure 2) : le visible, l'ultraviolet, l'infrarouge, le proche infrarouge.

Formes et autres caractéristiques (figure 3) : barrette, annulaire, dôme, taille de DEL, inclinaison, diffusant, forme des lentilles.

Révéler les contours d'une pièce assez plane ou bien positionnée conduira à préférer un éclairage de type *backlight*.

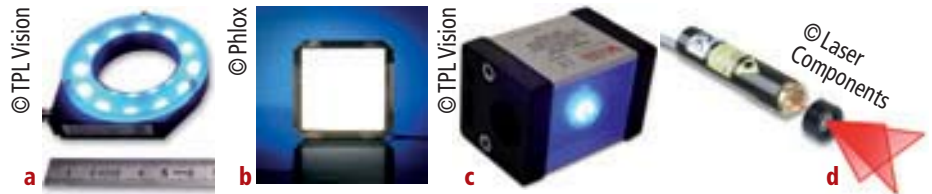


Figure 2. Exemples de sources. **a.** éclairage annulaire à LED haute puissance . **b.** rétroéclairage. **c.** Source UV. **d.** Laser (flexpoint).

Couleur de l'éclairage	Couleur de pièce						
	Blanc	Noir	Rouge	Bleu	Vert	Jaune	Argent
Rouge	Bon	Mauvais	Acceptable	Bon	Bon	Acceptable	Bon
Bleu	Acceptable	Mauvais	Bon	Acceptable	Mauvais	Bon	Acceptable
Vert	Mauvais	Mauvais	Bon	Mauvais	Acceptable	Mauvais	Mauvais
Blanc	Acceptable	Bon	Mauvais	Mauvais	Mauvais	Mauvais	Mauvais

Figure 3. Qualité du résultat obtenu en fonction des couleurs d'éclairage et de pièce.

À l'inverse, un éclairage coaxial permettra de reconnaître les détails du plan exposé à la caméra. Un éclairage rasant permettra, lui, de mettre en évidence certains défauts d'aspect. Mais si l'objectif est de mesurer la profondeur d'un défaut d'aspect (une rayure par exemple), il sera indispensable d'utiliser un éclairage laser combiné à une caméra 3D.

Quel éclairage choisir ?

En préambule, précisons que 90 % des applications sont réalisées avec des éclairages standard.

Dans les cas où un éclairage spécifique est requis, il convient de s'adresser à des spécialistes de l'éclairage sur mesure. Mais pour les 90 % d'applications qui pourront être réalisées avec des éclairages >>>

KEOPSYS

THE LIGHT TOUCH

LASERS A FIBRE
AMPLIFICATEURS A FIBRE
BANDES 1µm ET 1,5µm

Conçoit vos solutions fibrées depuis 1997

- Régime Continu ou Pulsé
- Forte Cohérence < 5 kHz
- Polarisation Linéaire ou Aléatoire
- Faisceau Monomode TEM00
- Forte Puissance Crête > 8 kW
- Haute Energie > 100 µJ
- Puissance Continue > 10 W
- Différents Formats Mécaniques



websales@keopsys.com

www.keopsys.com

LIDAR TELEMETRIE DEFENSE INDUSTRIE R&D TELECOM TEST & MESURE MEDICAL

«standard», la difficulté consiste à choisir le bon parmi plusieurs milliers de modèles !

Paramètres de choix

Il faut dissocier plusieurs familles de paramètres susceptibles d'influencer le choix de l'éclairage à acquérir en tenant compte :

1. des pièces à contrôler :

- le matériau de la pièce et sa dispersion : les matériaux absorbent la lumière de façon très variable. Il convient donc de choisir l'éclairage qui correspondra à l'objectif de mise en évidence recherché ;
- les aspects géométriques de la pièce à contrôler : l'éclairage doit être un révélateur de défauts et surtout pas un perturbateur. Il convient de s'assurer que l'éclairage sélectionné ne provoque pas d'effets indésirables comme des zones d'ombres ou des reflets ;
- la nature des défauts recherchés et leur localisation : rechercher des porosités sur une surface plane ou mesurer un diamètre à l'intérieur d'un trou feront appel à des techniques d'éclairages totalement opposées.

2. des conditions du contrôle :

- l'accessibilité des zones de contrôles,
- les conditions lumineuses de l'acquisition,

• les conditions de présentations des pièces devant la caméra :

- temps de cycle : plus le temps d'acquisition sera faible et plus il faudra un éclairage puissant,
- dispersion mécanique de la position du produit à contrôler : l'important est d'avoir un éclairage homogène et répétable dans la zone à inspecter,
- environnement ambiant (poussiéreux, froid, chaud, gras),
- présence éventuelle de vibrations.

3. des contrôles à effectuer :

- la nature des défauts (forme, couleur, dimensions, aspect, localisation),
- la caractérisation des défauts : la recherche d'un défaut d'aspect ne nécessite pas le même éclairage que le contrôle dimensionnel,
- le choix de la technologie de la caméra utilisée (matricielle, linéaire, 3D) : une image matricielle nécessite d'éclairer un champ au moins identique à la matrice, alors qu'une caméra linéaire ou une caméra 3D auront besoin d'un éclairage focalisé sur un bande étroite.

Conclusion

Cette revue des possibilités d'éclairage démontre la complexité et la difficulté pour maîtriser tous les paramètres.

S'il est tout à fait possible de présélectionner une technologie, rien ne remplacera jamais la pratique. Autrement dit, seuls des essais avec les pièces réelles à contrôler peuvent permettre de vérifier les résultats espérés. Encore faut-il disposer des formats adaptés à ces essais. L'expérience reste sans doute encore le meilleur outil pour s'orienter vers telle ou telle solution.

Les professionnels de la vision industrielle réalisent systématiquement des essais avant de s'engager sur une solution. C'est ce que l'utilisateur final a du mal à faire, faute de disposer de la panoplie de modèles nécessaires.

Pour choisir le bon éclairage parmi la forêt de modèles existants, le mieux est vraisemblablement de s'adresser à un professionnel de la vision industrielle. Car même le fabricant d'éclairage ne sera pas en mesure de sélectionner le bon modèle. C'est en effet le cahier des charges de l'application de l'utilisateur final qui peut permettre, s'il est très complet, de faire cette sélection.

Une visite sur site peut également s'avérer très utile si des conditions d'environnement sont susceptibles de nuire à une bonne stabilité d'éclairage. ■

Société	Marque	Site Internet	Contacts
Baumer SAS	Baumer	www.baumer.com	Baumer France - Tél. : 33 (0)4 50 39 24 66 sales.fr@baumergroup.com
Cognex	Cognex	www.cognex.com	Olivier FERAILLE - Olivier.Feraille@cognex.com
DEMS France	Optilia	www.dems-fr.com	Distribution Electronique Maintenance Systèmes Tél. : 33 (0)6 08 88 13 88 - info@dems-fr.com
Edixia	Edixia	www.edixia.fr	Michel OLLIVIER - Tél. : 33 (0)2 99 62 86 11 M.Ollivier@edixia.fr
HTDS	Perkin Elmer	www.htds.fr	Nicolas MORIN - Tél. : 33 (0)1 64 86 28 25 nicolas.morin@htds.fr
i2S Vision	i2s, Moritex, Opto Engineering, Volpi	www.i2s-vision.fr	Philippe VIEILLEVILLE - Tél. : 33 (0)5 57 26 69 01 p.vieilleville@i2s.fr
Laser 2000	DCM Systemes, StockerYale, Coherent, Laser 2000	www.laser2000.fr	Laurent GREULICH - Tél. : +33 1 30 80 16 94 greulich@laser2000.fr
Laser Components	Laser Components	www.lasercomponents.com	Christian MERRY - Tél. : 33 (0)1 39 59 53 50 c.merry@lasercomponents.fr
Matrix Vision	Matrix Vision	www.matrix-vision.com	Olivier BOMMARD - Tél. : 33 (0)1 30 70 30 33 olivier.bommard@matrix-vision.com
Olympus France	Olympus	www.olympus.fr	Candice FAUTER - Tél. : 33 (0)1 45 60 23 05 candice.fauter@olympus.fr
Phlox	Phlox	www.phlox-gc.com	Phlox - Tél. : 33 (0)4 42 90 76 20 - info@phlox-gc.com
Photon Lines	Bogen, Buchner, Cavitar, Dedolight, HMI, HSPS, HSVision, Schott	www.photonlines.fr	Laurent COLOMER - Tél. : 33 (0)1 30 08 99 00 la-colomer@photonlines.com
Schott	Schott, Moritex	www.schott.com	Maren SOWA-GUEUBLE - Tél. : 33 (0)1 40 87 39 46 maren.sowa@schott.com
Stemmer Imaging	CCS, StockerYale	www.stemmer-imaging.fr	Mithridate MAHMOUDI - m.mahmoudi@stemmer-imaging.fr
TPL Vision	TPL Vision	www.tpl-vision.net	Guillaume MAZEAUD - gmazeaud@tpl-vision.net
Visiolaser	Vision&Control	www.visiolaser.com	Bernard ROUX - Tél. : 33 (0)1 46 66 65 94 info@visiolaser.com
Visionic	CCS, Cognex, Go Edmund, Laser 2000, Stockeryale, TPL	www.visionic.fr	Xavier SAVIN - Tél. : 33 (0)2 35 81 80 00 xsavin@visionic.fr

Liste des annonceurs

IV^e de couverture :
Idil Fibres Optiques

Anticipa Lannion Trégor.....	7
Excel Technology	49
Hamamatsu	51
Horiba Jobin Yvon	39
Imagine Optic	53
Invest in Photonics	23
Keopsys.....	55
Laser 2000.....	17
Laser Components.....	9, 11
Lot-Oriel	45
Micro-Contrôle	
Spectra Physics.....	13, 43
Quantel	35
Scientec	37
Spectrogon.....	59

Focus POPsud

Institut Fresnel	25
OPTIS	31
Astrom FIAMM Safety	27
Cilas	27
CPPM	28
IUT Marseille	28
Kloé	29
LPMC.....	29
LAM	30
Stil SA.....	31

Source VUV miniature S2D2



Hamamatsu présente sa source miniature pour l'UV lointain sous vide, la L10706 ou S2D2, qui émet sur la gamme 115-400 nm avec un pic autour de 160 nm. Elle dispose d'une fenêtre spéciale en fluorure de magnésium à haute transparence et d'une bride ICF-70 lui permettant d'être couplée à une enceinte sous vide. La lampe deutérium est insérée à l'inté-

rieur d'un tube SUS souple pour faciliter le positionnement aisé à l'intérieur de l'équipement. Cette source, de stabilité inférieure à 0,05 % et dérive inférieure à 0,3 %/h, est particulièrement destinée aux applications de spectrométrie VUV ou à son utilisation comme source d'excitation pour d'autres applications.

Annonce p.51

Caméra thermique « anti-incendie »



Alphotonics propose la nouvelle caméra de Flir Systems, Photon anti-incendie, qui permet de détecter un objet dont la température est plus élevée que la température seuil choisie au préalable.

Capteur optique

Ocean Optics présente le système Neofox à mesure de phase. Ce capteur optique, conçu spécifiquement pour les applications nécessitant une bonne stabilité et une immunité aux dérives, mesure la durée de vie du signal de fluorescence, la différence de phase et l'intensité. Il est particulièrement dédié aux mesures d'oxygène et de pH, notamment dans le diagnostic médical, les applications liées à l'environnement, l'agro-alimentaire et le contrôle de gaz.



Sondes de mesure de puissance laser USB



Optoprim propose désormais des sondes de mesure de puissance laser PowerMax USB de Coherent, directement connectées sur PC via un port USB2.0 ou RS 232. Ces thermopiles « tout en un » représentent un gain de place et de budget. Le logiciel d'utilisation « plug and play » est fourni avec chaque sonde, de même qu'une interface Labview permettant de développer des applications à volonté. De l'UV à l'IR, de quelques μW à 150 W, un choix de détecteurs quantiques et de thermopiles permet de répondre à la plupart des applications de mesure de puissance laser.

Station de soudure



AMS Technologies présente la nouvelle station de soudure PSX-3000 de Vytran Corporation, une station portable de soudures hautes performances pour une grande variété de diamètres de fibres. Ce système compact peut être configuré en soudeuse simple ou en station avec combinaison complète (cleveuse, bain à ultrason, soudeuse et regaineuse). Elle utilise des filaments qui permettent des soudures avec de très faibles pertes, sans dépôts de matières contaminants pour des fibres standard, double clad ou LMA.

Analyseur de faisceau Micro-Contrôle Spectra Physics

présente le nouvel analyseur de faisceau laser de 350 à 1310 nm, LBP-HR de Newport.

Il présente une plage dynamique 12 bits et possède un CCD haute résolution de 1,4 mégapixel, pour la mesure détaillée du profil du faisceau et l'analyse des sources laser, et comporte des atténuateurs NG4, NG9 et NG10. Il communique avec le logiciel sur PC par une connexion USB qui lui sert également d'alimentation.

Annonce p.13 et 43

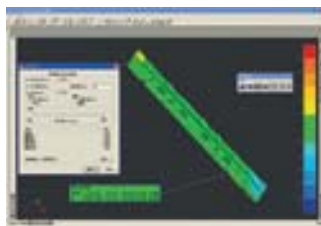


Logiciel d'analyse de surface et d'images

Digital Surf annonce la dernière version de son logiciel d'analyse de surface et d'images, Mountains[®] 5.1 (disponible gratuitement à tout utilisateur de la version 5.0). Elle propose de nouvelles fonctionnalités pour la microscopie, l'analyse dimensionnelle des profils et le contrôle statistique en bord de ligne. Cette nouvelle version, conçue pour accélérer les calculs, propose l'analyse d'images issues de microscopes confocaux en multicanal, avec trois couche (topographie Z, couleur RVB et intensité confocale I), qui peuvent être manipulées simultanément. Les couches couleur et intensité sont superposables à la topographie en vue 3D interactive.



Logiciel de mesure et de digitalisation 3D



CogniTens présente la version plurilingue de son logiciel de mesure et de digitalisation 3D. Cette version 4.1 sera disponible en plusieurs langues, au niveau de l'interface utilisateur pour les opérations systèmes, les résultats sur l'écran et les annotations, messages, objets éditables, rapport,... pour les logiciels Optigo Measurement, OptiCell Teach & Automatic Measurement, CoreView Plan, CoreView Pro et CoreView Lite.

LED IR haute puissance



HTDS propose la nouvelle LED IR haute puissance d'UPEC à 850 nm, qui combine un format haute puissance avec une optique de qualité. Les angles possibles sont de 60 et 120° (200 mW/60°). Ce produit est destiné notamment à une intégration dans les caméras d'interphones, les alarmes, les appareils photos numériques, les caméras vidéo et autres systèmes de vision ou surveillance.

Microscope numérique 16 bits

Keyence présente la deuxième génération de ses microscopes numériques VHX-600 intégrant le traitement High Dynamic Range (HDR), la fonction Double'r qui reconnaît les deux lentilles et le grossissement, et un codage 16 bits/pixel qui



permet de distinguer les pixels avec 2⁴⁸ nuances (contre 256 en codage 8 bits). La plage des luminosités élargie permet de reproduire fidèlement une cible malgré un halo et d'obtenir des images détaillées de zones à faibles nuances de couleurs, qui peuvent être stockées de façon interne et exportée vers des formats de fichiers images classiques. Le VHX-600 Génération II (enrichi du freeware HDR Playback Software) utilise une caméra 3CCD haute performance couplée à un moteur de déplacement de la CCD permettant de distinguer des détails de 0,01 µm.

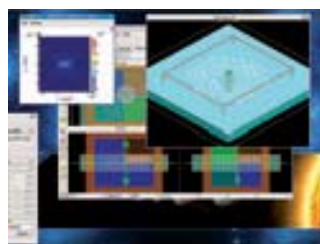
Machines à mesurer tridimensionnelles



Hexagon Metrology annonce la mise sur le marché d'une version améliorée des machines à mesurer tridimensionnelles (MMT) Global de marque DEA. Grâce au programme d'optimisation ScanPlus, leur scanning continu est plus précis,

plus fiable et plus rapide. La nouvelle tête de mesure fixe à montage central LSP-X1c et la tête de mesure LSP-X1 complètent la gamme de palpeurs.

Logiciel de conception nanophotonique



LovaLite, distributeur en France de l'éditeur de logiciel de conception nanophotonique Lumerical Solutions annonce la version 6.5 de FDTD Solutions. Ses fonctionnalités avancées permettent de développer rapidement des modèles large bande de matériaux et des descriptions paramétrées de composants nanophotoniques complexes pour faciliter leur étude systématique et leur optimisation. Il permet notamment de construire des modèles paramétrés, hiérarchisés de composants nanophotoniques complexes, tels que les capteurs numériques d'images, les LED/OLEDs ou les cellules solaires à couches minces.

Caméra industrielle USB 2.0

Matrix Vision présente sa nouvelle génération de caméras industrielles USB 2.0, mvBlue-FOX-2XX. Elle dispose désormais d'un nouveau convertis-



seur analogique-numérique pour une meilleure extraction des données images du capteur et sa quantification sur 10 bits (soit 1 024 niveaux de gris), d'une mémoire locale de 8 Mo (qui permet le stockage temporaire des données images et leur envoi différé en cas d'erreurs ou de latence de transfert). Des capteurs CCD, CMOS en N/B et couleur sont disponibles jusqu'au format 5 mégapixels. Cette caméra est proposée au format « carte », dans différentes combinaisons, pour le marché OEM.

Vidéoscopes industriels



Olympus annonce deux nouveaux vidéoscopes industriels, IPLEX LX et IPLEX LT, petits et légers (2,7kg, batterie comprise). Leur portabilité, qui facilite les inspections visuelles par endoscopie de pièces ou de structures dont l'accès est limité, est permise par l'intégration de l'écran LCD à l'unité principale dont la largeur est de 64 mm (2,5 pouces) sans la poignée. Le moniteur LCD, doté d'un grand écran de 6,5 pouces traité contre les reflets, permet des inspections précises, même en plein soleil. Ils sont conformes aux normes IP55, MIL-STD-810F (510.4/506.4 et 516.5). L'IPLEX LX est également doté du dispositif de traitement d'image WIDER™ (Wide Dynamic Extended Range) et sera très prochainement doté d'un outil de mesure stéréoscopique.

Caméras infrarouges pour l'analyse de faisceaux laser



Laser 2000 présente la nouvelle génération de caméras infrarouges dédiée à l'analyse de faisceaux laser de DataRay : la WinCamD-FIR intègre des microbolomètres de 384 x 288 pixels sensibles sur les bandes spectrales 8-14 µm ou 2-16 µm selon le modèle. Fonctionnant à température ambiante et autoalimentée par son interface USB2.0, cette caméra de petite dimension, portable et simple d'utilisation, se destine particulièrement à des applications comme le profilage de laser CO₂.

Announce p.17

Imagerie cellulaire plein champ



PhaseView annonce la sortie de son BioPhase, qui permet l'observation *in situ* de cellules sans agents de contraste en utilisant les objectifs plein champ. Il permet d'acquérir simultanément des données de l'intensité et de phase à ultra haute résolution, offrant l'imagerie cellulaire qualitative et des mesures quantitatives de cellules dans leur milieu de croissance (flacons d'incubation ou boîtes de Petri). Ce nouveau système compact est compatible avec tout microscope optique équipé d'un port vidéo standard et des objectifs

plein champ. Les images en fluorescence, en microscopie confocale ou en TIRF peuvent être acquises en utilisant le même objectif, en fournissant simultanément l'imagerie de phase.

Module diode



Opton Laser International présente le nouveau module diode iBeam Smart de Toptica. Cette solution compacte (100 x 40 x 40 mm³), à puissances élevées (60 mW à 488 nm, 150 mW à 660 nm...) et stables (<0,5 %/48h), propose une qualité de faisceau ($M^2 < 1,2$, *wavefront error* <0,05 l) et un faible bruit d'intensité qui la destine particulièrement aux applications de cytométrie en flux, microscopie confocale, de microli-thographie.

Nouveau capteur 10 mégapixels pour caméras USB et GigE

Stemmer Imaging présente les nouvelles caméras USB et GigE de Aptina, dotées d'un capteur CMOS 10,6 mégapixels, permettant une haute résolution. Ce capteur ½ pouce peut capter les plus petits détails avec un haut niveau de précision, dans un vaste champ de vision (résolution HDTV x 4), jusqu'à 8 im/s et avec un rendu de cou-



leurs 12 bits. Les caméras équipées de ce nouveau capteur sont disponibles dans toutes les séries uEye, avec des fonctions de redimensionnement (réduction de la taille de l'image en temps réel), de ROI (zone d'intérêt), de *binning* et de sous-échantillonnage pour une acquisition rapide d'images préliminaires et d'images en cours. La résolution HDTV 1080p et des taux d'acquisition supérieurs à 100 im/s sont également possibles.

Spectrocolorimètre sans contact

Le spectrocolorimètre sans contact Ruby de **STIL** comprend une tête optique et un contrôleur reliés par fibres optiques pour une mesure sans contact en temps réel (2000 spectres/s) en mode spectroscopie. Avec son diamètre d'illumination réglable (de 1 à



7 mm), sa distance de travail de 80 mm et sa poignée ergonomique amovible, ce système portable permet la mesure *in situ* de couleur et de radiance (CIEXYZ, xy, LAB, LCH, LUV, W, sRVB) et l'identification d'échantillons métamères.

Announce p.31

Disques à thermopiles pour OEM

Laser Components présente les nouveaux disques à thermopiles de 2 mm à 4 mm pour OEM de Gentec-eo, conçus pour l'intégration d'un système de mesure de puissance laser. Ils peuvent être équipés d'un système de refroidissement,

SPECTROGON

Optical filters • Coatings • Gratings

Filtres Interférentiels



UV, VIS, NIR, IR

- Passe-bande
- Passe-haut
- Passe-bas
- Large bande
- Densité neutre
- Disponible en stock

Réseaux Holographiques

UV, VIS, NIR

- Compression d'impulsion
- Télécom
- Accordabilité spectrale
- Monochromateurs
- Spectroscopie
- Disponible en stock



UK (parle français): sales.uk@spectrogon.com • Tel +44 1592770000

Sweden: sales.se@spectrogon.com • Tel +46 86382800

US: sales.us@spectrogon.com • Tel +1 9733311191

www.spectrogon.com



d'amplification du signal, de calibration... Ces senseurs à disques, d'ouverture allant de 12 mm à 50 mm et destinés à des lasers de 0,19 µm à 20 µm de longueur d'onde, permettent de mesurer des puissances laser maximales de 70 W à 400 W (selon modèles).

Annonce p.9 et 11

Instrument de caractérisation de cellules photovoltaïques

Micro-Contrôle Spectra Physics présente le système de mesure Oriel IQE 200 de Newport qui permet aux chercheurs de mesurer le rendement quantique externe (EQE, *external quantum*

efficiency), aussi nommé taux de conversion photon incident à électron (IPCE, *incident photon to charge carrier efficiency*), et le rendement quantique interne (IQE, *internal quantum efficiency*) des cellules photovoltaïques, des détecteurs et de tout autre dispositif convertissant les photons en charge électrique. Cette solution clé en main comporte la source lumineuse, le monochromateur, les détecteurs, l'électronique, le logiciel et l'ordinateur, tout cela préconfiguré, assemblé et étalonné.



Annonce p.13 et 43

Boîtier de connexion industriel pour lecteurs de codes 1D & 2D



Datologic Automation lance le boîtier de connexion industriel CBX800 conçu pour interfacer plusieurs lecteurs de codes 1D & 2D aux bus de terrain les plus courants, à l'aide d'une gamme complète de modules optionnels permettant la connectivité au réseau standard Ethernet TCP/IP, ou bien au réseau ID-NET grâce à trois ports séries et une interface de communication. L'installation et la maintenance sont facilitées par des trous accessibles sur boîtier fermé pour le montage par vis

de fixation ; des adaptateurs optionnels sont disponibles pour un montage rapide sur profilés Bosch et rails DIN.

Contrôleur portable de courbes I-V

Equipements Scientifiques propose le contrôleur portable de courbes I-V MP. Il permet de mesurer les caractéristiques de courbes I-V pour évaluer la performance des systèmes et modules photovoltaïques, de 10 W à 10 KW, avec une gamme de mesure de 10 à 1000 V et 1 à 20 A. Sa capacité de mémoire interne (300 courbes I-V de 400 points chacune), son clavier intégré et son écran LCD le rendent utilisable sans PC.



Entreprises citées dans ce numéro

3S Photonics	14, 15
A> Académie des sciences	11
Académie des technologies	13
Acal	17
AFOP	5, 20
Air Liquide	19
Alcatel-Lucent	13, 14
Alci	34
Alfaphotonics	57
Alliance Vision	8
Allied Vision Technologies	17
Alstom Power	19
Altran	19
Amplitude Systèmes	6
AMS Technologies	57
APEC - Association pour l'emploi des cadres	14
AREVA	19
Astron-Fiamm-Safety	26
Azur Light Systems	6
B> Baumer SAS	56
Bertin Technologies	26
BFI Optilas	17
BHP Billitron	38
Bureau Veritas	19
C> CaliSolar	48
Carl Zeiss Optronics	16
CEA	47, 53
Cedrat Technologies	10
Cilas	5, 20, 26
CNOP	6, 20, 21, 25
CNRS	6, 8, 12, 13, 15, 25, 41, 50, 53
Cognex	56
CogniTens	58
Coherent	56
Commission européenne	18
Cordouan technologies	6
CPMOH - Centre de physique moléculaire, optique et hertzienne	6
D> Dassault Systèmes	19
Datologic Automation	60
DCNS	26
DEMS France	56
DGA	19
Digital Surf	58
Dow-Corning	48
E> École Polytechnique	6, 15

EDF	19, 41
Editions De La Martinière	19
Edixia	56
Efflux	16
Ekinops	7
Electro-Optics Technology	17
ELKEM	48
ENSTA	6
Eolite Systems	6, 14
EOS - European optical society	5, 20
Eosol Energies Nouvelles	16
Equipements scientifiques	60
Espace Laser	21
Eurocopter	26
Evosens	16
FIM Médical	8
First Solar	43
FLIR Systems	15
France Télécom	13
G> Gilden Photonics	17
GL Events	20
GL Events	5
H> Hamamatsu	57
Hemlock	47
Hexagon Metrology	16, 58
Horiba ABX	26
Horiba Jobin-Yvon	11
Horus Laser	5
HTDS	56, 58
I> I2S Vision	56
IDIL Fibres Optiques	5
Imagine Eyes	5
Imagine Optic	5, 6, 20
Inovalaser	9
INPI	6
IJGS - Institut d'optique graduate school	8, 13
IRDEP	45
Irepa Laser	18
Ivea	26
iXfiber	7, 14
IxFibre	6
K> Kaolab	26
Keopsys	26
Kerdry	5
Keyence	58
Kloé	25, 26

Laboratoire d'astrophysique de Marseille	5
Lamdyne	26
Laseosol	16
Laser 2000	17, 56, 59
Laser 2000	17, 56, 59
Laser Components	17, 56, 59
LDK	47
Light Technologies	26
LNE - Laboratoire national de métrologie et d'essais	11
Lovalite	58
M> Mahr Multisensor GmbH	16
Matrix Vision	56, 58
MEMC	47
Metrovision	8
Micronora	21
O> Observatoire de Grenoble	5
Observatoire de Paris	5
Ocean Optics	57
Olympus France	56, 58
Onera	4, 20, 26
Opton Laser International	6, 17, 21, 59
Optoprism	5, 57
Orsay Physics	26
Oséo	7, 10
Oxxius	15
P> Pellenc ST	26
Perfos	14
PhaseView	59
Phasics	5
Phasics	5, 20
Phlox	26, 56
Photon Lines	17, 56
Pôle ALPhA - route des Lasers	6, 21
Pôle Anticipa Lannion	7
Pôle Ecotech	8
Pôle Elopsys	6
Pôle Images et Réseaux	13, 18
Pôle national de traçabilité	16
Pôle OpticsValley	13
Pôle ORA	8
Pôle POPsud - Optitec	10, 24
Pôle Rhenaphotonics Alsace	9
Pôle System@tic-Paris-Région	13
Proditec	6

Prooftag	11
PSA Peugeot Citroën	19
Qcells	48
Quantel	14
Quantel Medical	5
RATP	19
Renault	19
Savimex	10
Schott	56
Scipag-Embalco	16
Scoptique	5
SEE - Société des électriciens et des électroniciens	13
SEML Route des Laser	16
Seres	26
Seso	26
Setec	19
SFO - Société française d'optique	3, 5, 11, 13, 20
Shaktiware	25, 26
Silios Technologies	26
Smart Quantum	17
Sofradir	15
SphereOptics	17
ST Microelectronics	26
Stemmer Imaging	17, 56, 59
Stil SA	26, 59
Sud Est Optique de Précision	25
Supersonic Imaging	26
Sympo	16
Synapsis	26
Syntec Ingénierie	19
Thales	13, 15, 19
Thales Alenia Space	25, 26
Thales Angénieux	18, 47
Total	15, 19
TPL Vision	56
Triangle de la physique	21
Ubifrance	6
Vegatec	26
Veolia Environnement	19
Visiolaser	56
Visionic	56
Vivendi	19
Wacker	47
Winlight System	26
Yenista Optics	7

» Dans le prochain numéro...

Le numéro 45 de Photoniques paraîtra le 20 mars 2010

Vous y trouverez notamment les articles :

- opticiens célèbres : **Alfred Kastler**,
- savoir : **les normes de sécurité oculaire**,
- acheter... **des lunettes de sécurité**,
- le premier article **Découvrir : 50 ans du laser**, une série d'articles qui vous proposera de découvrir des « records » du laser dans chaque numéro, tout au long de l'année 2010,
- et les rubriques habituelles : les pages de la Société française d'optique, l'optique en France (AFOP et pôles régionaux), actualités, agenda, carnet, nouveaux produits...

» Vous pouvez nous faire parvenir vos informations avant le 8 février 2010 à redaction@photoniques.com

PHOTONIQUES N°45 ■ MARS 2010

FOCUS « Espace Laser »

La prochaine édition du salon itinérant Espace Laser aura lieu du 19 et 20 mai 2010, à Nantes.

Ce rendez-vous des équipements, composants, produits et services, liés à la production industrielle par laser, concerne les matériels et techniques laser pour l'industrie (soudage, marquage, gravure, découpe, traitement de surface, prototype...).

Photoniques et Espace Laser s'associent pour vous proposer un focus « Espace Laser » dans le numéro 45 (mars 2010) avec :

- des articles sur le salon et les procédés lasers innovants,
- le catalogue des exposants,
- des présentations de sociétés (exposantes ou non).



Contact :
Annie KELLER
(responsable de la publicité)
Tél. : 33 (0)1 69 28 33 69
Mobile : 33 (0)6 74 89 11 47
a.keller@photoniques.com

PHOTONIQUES N°46 ■ JUIN 2010

FOCUS « Formations en optique »

Photoniques prépare un dossier consacré à la formation en optique photonique pour son numéro 46, à paraître en juin 2010. Ce focus recensera les organismes de formation (initiale et continue) et leur permettra de s'y présenter sur un publi-rédactionnel 1/2 page.

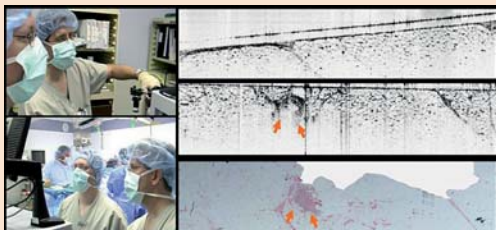
Ce numéro (diffusée à 10 000 exemplaires avec 37 % de lecteurs responsables d'entreprises, chefs de service ou de projet et décideurs en matière de formation) sera une excellente opportunité d'être présents dans les cellules d'orientation et journées d'orientation.

Sa mise en ligne sur Internet amplifiera sa visibilité : www.photoniques.com enregistre plus de 5 000 visites par mois !



Contact :
Annie KELLER
(responsable de la publicité)
Tél. : 33 (0)1 69 28 33 69
Mobile : 33 (0)6 74 89 11 47
a.keller@photoniques.com

Photoniques N°45 ■ mars 2010



Dossier « Optique et diagnostic médical »

Le cahier technique sera consacré à l'apport de la photonique dans le diagnostic médical, avec des articles consacrés à l'imagerie de fluorescence *in vivo* du poumon, l'OCT plein champ en diagnostic peropératoire et la microspectroscopie Raman appliquée au diagnostic des cancers cutanés.

Photoniques N°46 ■ JUIN 2010



Dossier « 50 ans du laser »

Le cahier technique sera consacré à l'anniversaire de l'invention du laser, avec des articles consacrés à son histoire et à ses applications.

*Voulez-vous savoir
ma couleur ?*



Choix dans les Solutions

- » Spectromètres pré-configurés ou spécifiques
- » Gamme complète de sources lumineuses et d'accessoires
- » Systèmes intégrés
- » Solutions OEM sur mesure
- » Equipements pour l'éducation

Connaissance des Marchés

- » Plus de 130 000 spectromètres installés
- » Systèmes de contrôle-qualité pour l'agro-alimentaire
- » Solutions pour la caractérisation de sources LED, Laser...
- » Equipements pour l'analyse de matériaux photovoltaïques
- » Instrumentation autonome pour l'environnement
- » Et bien d'autres solutions spectroscopiques

Orienté Services

- » Distributeurs dans le monde entier
- » Support technique R&D et applicatif
- » Laboratoires de compétences en Europe et en France
- » Notes d'applications utilisateurs
- » Formation par vidéos gratuites en ligne
- » Live chat - 24 heures sur 24 et 6 jours sur 7



Besoin de plus d'informations: info@idil.fr

www.idil.fr | info@idil.fr | T: 02 96 05 40 20 | F: 02 96 05 40 25