Réseau Optique Photonique

Journée Thématique

OPTIQUE EN MILIEUX EXTRÊMES

Mercredi 13 Décembre 2017

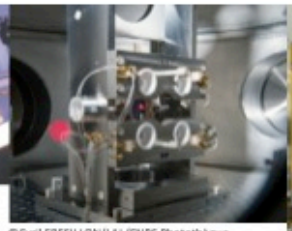
École Polytechnique, Palaiseau

(Amphithéâtre Carnot de 9h30 à 17h)

Inscription en ligne gratuite et obligatoire à l'adresse

http://rop-opex.sciencesconf.org/

©Emmanuel PERRIN /INSU/LAM/CNRS Photothèque



©Cyril FRESILLON/LAL/CNRS Photothèque

©Sébastien CHASTANET/OMP/IRAP/CNRS Photothèque

©Jérémy BARANDE/Ecole Polytechnique/LOA/CNRS Photothèque

Thèmes et orateurs :

Les composants et systèmes optiques dans l'environnement spatial : vieillissement et qualification

Pierre Etcheto, *CNES*

Montages optiques sous vide : quelles contraintes ?! ;-)

Jacques Faerber, *IPCMS*

Systèmes optiques intégrés dans Advanced Virgo et adaptation au vide poussé

Romain Gouaty, *LAPP*

Composants et systèmes optiques pour les lignes de lumière synchrotron

François Polack, *Synchrotron Soleil*

Vulnérabilité et durcissement des matériaux optiques et systèmes optiques aux fortes doses d'irradiation (MGy)

Sylvain Girard, *Laboratoire Hubert Curien*

Diagnostics optiques en écoulements réactifs

Michael Scherman et Ajmal Mohamed, *ONERA*

Optique en milieu cryogénique et super-résolution

Jean-Baptiste Trebbia, *LP2N*

©Jean-Claude MOSCHETTI / SPCTS / CNRS Photothèque

©Alexis CHEZIERE/CNRS Photothèque

Organisateurs : rop-contact@services.cnrs.fr

Pierre Bourdon (ONERA), Catherine Le Blanc (LULI) et Christophe Hecquet (PC2A)

Comité d'organisation

Comité de pilotage du réseau Optique et Photonique

Soutiens

Plateforme réseau de la Mission pour l'Interdisciplinarité du CNRS

Réseau des technologies du vide (RTVide)

Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses (LULI)

Ecole Polytechnique

Réseau Optique Photonique

Journée thématique ROP - Optique en Milieu Extrême

Mercredi 13 décembre 2017 – Ecole Polytechnique, Palaiseau

9h15 – 9h50 **Accueil**

9h50 – 10h00 **Introduction** – *Christophe HECQUET, Comité de pilotage du ROP*

10h00 – 10h35

Composants et systèmes optiques pour les lignes de lumière synchrotron – *François POLACK, Synchrotron SOLEIL*

10h35 – 11h00 **Pause café**

11h00 – 11h35

Les composants et systèmes optiques dans l'environnement spatial : vieillissement et qualification - *Pierre ETCHETO, CNES*

11h35 – 12h10

Montages optiques sous vide : quelles contraintes ?! ;-) – *Jacques FAERBER, IPCMS*

12h10 – 13h50 **Pause repas**

13h50 – 14h25

Systèmes optiques intégrés dans Advanced Virgo et adaptation au vide poussé – *Romain GOUATY, LAPP*

14h25 – 15h00

Vulnérabilité et durcissement des matériaux optiques et systèmes optiques aux fortes doses d'irradiation (MGy) - *Sylvain GIRARD, Laboratoire Hubert Curien*

15h00 – 15h25 **Pause café**

15h25 – 16h00

Optique en milieu cryogénique et super-résolution - *Jean-Baptiste TREBBIA, LP2N*

16h00 – 16h35

Diagnostic optique dans les milieux réactifs - *Michaël SCHERMAN et Ajmal MOHAMED, ONERA*

16h35 – 16h50 **Conclusion de la journée**

Composants et systèmes optiques pour les lignes de lumière synchrotron

(François POLACK et Muriel THOMASSET – Synchrotron SOLEIL)

Le domaine de très courtes longueurs d'ondes que couvre le rayonnement synchrotron impose des contraintes bien spécifiques aux systèmes optiques. Tout d'abord les indices de réfraction étant extrêmement proches de 1, l'usage de lentilles réfractives est extrêmement limité. Les lignes de lumière sont donc essentiellement constituées de surfaces réfléchissantes, mais leur réflectivité n'est notable qu'à des incidences très rasantes. Cela, et la radioprotection imposée par le mécanisme d'émission, conduisent à des systèmes de grande longueur. Egalement, l'absorption et la diffusion sont telles que, même en X durs, il n'est pas envisageable de travailler à l'air sur des distances appréciables et que l'ultra-vide (10^{-9} – 10^{-8} mb) est indispensable dans le domaine VUV et X mous. Enfin dans l'émission synchrotron largement polychromatique, on ne cherche à transporter qu'une bande passante étroite, mais le rayonnement "inutile" induit localement des charges thermiques importantes, jusqu'à 300 W incidents, sur certaines têtes de ligne.

Ces contraintes conduisent à des systèmes sous vide présentant des tolérances d'alignement et de stabilité angulaire particulièrement sévères (parfois < 1 µrad) et une grande sensibilité aux vibrations et aux dérives thermiques. Nous présenterons les solutions et méthodes optiques, mécaniques, thermiques, généralement utilisées sur les lignes de lumière du Synchrotron SOLEIL. Une attention particulière sera apportée au problème de la contamination carbonée qu'on observe régulièrement sous faisceau X, et les méthodes de nettoyage et de prévention employées.

Les composants et systèmes optiques dans l'environnement spatial : vieillissement et qualification

(Pierre ETCHETO – CNES)

L'environnement spatial comporte de nombreux facteurs agressifs : vide, températures extrêmes, radiations, oxygène monoatomique, plus le stockage et la chaleur humide sur le pas de tir.

Ces facteurs peuvent faire vieillir les composants optiques et dérégler les instruments. Il est donc nécessaire de les concevoir en conséquence, et de les qualifier pour l'environnement attendu sur chaque mission : qualification des procédés, des lots de traitement et des instruments.

D'autre part, certains déréglages en vol peuvent être rattrapés, ce qui ne suffit pas toujours. Enfin des études sont en cours pour mieux comprendre les processus de vieillissement et définir des qualifications plus pertinentes.

Montages optiques sous vide : quelles contraintes ?! ;-)

(Jacques FAERBER – IPCMS)

Le vide, étape obligée pour beaucoup de développements instrumentaux, apporte son lot de complications dont l'expérimentateur se passerait volontiers ! Il couvre environ 10 à 15 décades en pression, avec des comportements et des contraintes bien différents entre portions de cette échelle.

Un survol de quelques notions de bases de la technologie du vide (domaines, régimes d'écoulement, dégazage, vide limite) permettra de dégager quelques points critiques à prendre en compte pour un montage optique sous vide.

La démarche sera abordée à travers deux exemples : d'une part la génération d'impulsions XUV femtoseconde par HHG dans un gaz, et d'autre part la mesure de luminescence d'objets uniques (molécules) en microscope à effet tunnel sous UHV.

Systèmes optiques intégrés dans Advanced Virgo et adaptation au vide poussé

(Romain GOUATY – LAPP)

La détection des ondes gravitationnelles requiert des détecteurs d'une extrême sensibilité. Pour y parvenir les détecteurs LIGO et Virgo utilisent le principe de la détection par interférométrie laser. Une onde gravitationnelle a pour effet de modifier la différence de longueur entre les deux bras perpendiculaires d'un interféromètre de Michelson, ce qui se traduit par une variation de puissance lumineuse observée en sortie de l'interféromètre.

Pour atteindre la sensibilité requise, les interféromètres kilométriques LIGO et Virgo ont dû relever de nombreux défis instrumentaux, parmi lesquels on peut citer la nécessité d'une isolation sismique de la plupart des composants optiques par des systèmes de suspension, et d'une isolation acoustique, obtenue en plaçant les éléments de ces détecteurs sous vide.

Parmi les systèmes optiques soumis à la contrainte du vide dans Advanced Virgo, on peut citer les miroirs principaux, mais également le banc optique utilisé pour l'injection du faisceau laser dans l'interféromètre et les bancs optiques constituant le système de détection. Ce sous-système a pour mission d'extraire les faisceaux disponibles aux différents ports optiques de l'interféromètre et d'en assurer la lecture par des photo-détecteurs, fournissant ainsi les signaux nécessaires au contrôle de l'interféromètre et à la détection d'ondes gravitationnelles. Dans ce but cinq nouveaux bancs optiques suspendus, intégrant de l'électronique et placés dans des enceintes à vide, ont été développés pour Advanced Virgo.

Après une introduction sur l'interféromètre Advanced Virgo et plus particulièrement son système de détection, nous aborderons les problématiques concernant ces bancs optiques placés sous vide.

Vulnérabilité et durcissement des matériaux optiques et systèmes optiques aux fortes doses d'irradiation (MGy)

(Sylvain GIRARD, Laboratoire Hubert Curien)

Grâce à l'avènement de capteurs d'images durcis aux fortes doses ionisantes (jusqu'à 10 MGy ou 1 Grad), des études sont en cours en vue du développement de caméras résistantes (durcies) à ces fortes contraintes radiatives.

Cela implique notamment d'étudier les mécanismes de dégradation à de telles doses des propriétés des matériaux optiques utilisés pour concevoir les lentilles des systèmes optiques des caméras.

En particulier, les radiations dégradent la transmission des verres et modifient leurs indices de réfraction, avec des amplitudes et des cinétiques dépendant de nombreux paramètres intrinsèques et extrinsèques aux matériaux.

Les conséquences de ces changements sur les performances des systèmes optiques et des caméras seront explicitées ainsi que les différentes techniques possibles pour réduire l'impact des radiations aux niveaux composant et système.

Optique en milieu cryogénique et super-résolution

(Jean-Baptiste TREBBIA – LP2N)

Au cours ces dernières années, le fort développement des techniques de microscopie à super-résolution a permis d'atteindre des résolutions optiques inégalées, de l'ordre de quelques nanomètres.

Néanmoins des contraintes spécifiques liés à ces techniques sont apparues tant en termes de conception optique, de conception mécanique que de préparation d'échantillons. Au cours de mon exposé, je m'appuierai sur deux exemples concrets pour les présenter et les expliciter.

Le premier sera dédié à la nanoscopie optique à température cryogénique et à la réalisation d'un objectif de microscope à très grande ouverture numérique (ON = 1,7) dépourvu d'aberrations optiques.

Le second sera dédié à la conception et la réalisation d'un montage d'imagerie super-résolue parallélisé de type STED /RESOLFT pour observer des cellules vivantes à cadence d'acquisition quasi-vidéo.

Diagnostic optique dans les milieux réactifs

(Michaël SCHERMAN et Ajmal MOHAMED - ONERA)

Partie 1 : Spectroscopie Raman des milieux réactifs

La caractérisation des milieux gazeux ou liquides complexes est un axe prioritaire à l'ONERA. Elle nécessite une instrumentation avancée pour sonder des milieux complexes en conditions sévères comme ceux générés dans les bancs de combustion, les souffleries supersoniques ou hyperenthalpiques, et les générateurs de plasma et de foudre. Cette instrumentation doit pouvoir fournir des mesures à haute cadence (kHz) avec une précision de quelques pourcents grâce aux propriétés remarquables, entre autres de rapidité et de stabilité, du banc optique.

La diffusion Raman est une méthode de diagnostic optique par spectroscopie non linéaire permettant la mesure in situ et non intrusive, de la température et la concentration des espèces majoritaires dans un milieu gazeux. Cette technique permet en effet de sonder de manière locale, avec une résolution de quelques millimètres cubes, des milieux soumis à des contraintes sévères (turbulences, hautes températures et pressions). Sa précision en thermométrie est aujourd'hui toujours inégalée.

La spectroscopie Raman, sous ses formes cohérente et incohérente, est exploitée à l'ONERA pour effectuer de la mesure de température dans les milieux où sont rencontrées des contraintes, entre-autres, de turbulence, de fortes variations temporelles et spatiales de température, de hautes pressions.

Partie 2 : Etude d'écoulement à haute enthalpie rencontré lors d'une rentrée atmosphérique

La rentrée d'un objet dans la haute atmosphère d'une planète donne lieu à un gaz à haute enthalpie (> 20 MJ/kg) autour de l'objet. La haute température (> 8000 K) du gaz induit divers phénomènes de dissociation-recombinaisons et ionisation amenant de forts déséquilibres thermique et chimique avec des différences de températures pour les états rotationnelles, vibrationnelles ou électroniques des molécules.

M-2 configuration reentry testing

L'étude de ce type de gaz en écoulement à grande vitesse (> 5 km/s) se fait dans des installations complexes comme des souffleries à arc électrique (5 kV, 50 kA) ou tube à choc long de plusieurs dizaines de mètres. La caractérisation de ce type d'écoulement est rendue assez difficile du fait de sa courte durée et de son caractère transitoire (quelques ms car il y a peu de récipient résistant à ce niveau de température), de la basse densité (pour simuler la haute atmosphère), d'un fond lumineux intense (rayonnement de plasma) et des temps de préparation assez long pour répéter les mesures. La présentation décrira les moyens de mesures optiques (absorption, fluorescence et diffusion Raman de lasers) spécifiquement développés et seuls aptes à fournir des renseignements sur la nature thermochimique du gaz comparativement à des sondes classiques (thermocouples, jauges de pression...) habituellement utilisées en aéronautique.