

Actions d'incitation

Incentive actions

1. Mise en œuvre d'un essai interlaboratoire pour l'évaluation de matériaux de référence destinés à la chimie des eaux : mesure des triazines et des phénylurées dans l'eau.

Laboratoire Environnement et Chimie Analytique de l'École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielle de la ville de Paris (ESPCI).

Ce programme a pour but de définir la stratégie à adopter pour produire et certifier des matériaux de référence à matrices concernant des herbicides de type triazines et phénylurées, ainsi que l'aptitude à l'emploi de tels matériaux de référence certifiés. Un essai interlaboratoire avec des laboratoires experts dans ce domaine permet de répondre aux objectifs et d'établir un protocole définitif nécessaire à la mise en œuvre d'un circuit de certification. Les laboratoires disposeront d'une ampoule contenant les pesticides témoins pour vérifier leur étalonnage, d'une eau naturelle dopée avec les pesticides et de cartouches d'adsorbant sur lesquelles une eau chargée en pesticides a percolé. Le matériau de référence (eau ou cartouche) sera représentatif d'une eau réelle contaminée par les herbicides.

2. Oscillateur micro-ondes à faible bruit de phase pour la gravimétrie.

Franche-Comté Électronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences & Technologies - Département de Physique et Métrologie des Oscillateurs (FEMTO-ST-LPMO) - Université de Franche-Comté et Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) – Besançon, et Laboratoire d'Architecture et d'Analyse des Systèmes (LAAS) - Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) – Toulouse.

Des besoins en oscillateurs micro-onde à très faible bruit de phase sont exprimés actuellement pour des applications métrologiques, en particulier en gravimétrie. En effet, dans le cadre du projet « balance du watt », un gravimètre absolu à atomes froids de rubidium est en construction.

Les exigences vis-à-vis d'un tel oscillateur pour piloter le gravimètre à 6,8 GHz, sont :

– une stabilité à court terme de l'ordre de 10^{-13} ;

– une densité spectrale de bruit de phase

$$S_{\phi}(f) = -65 \text{ dB rad}^2 / \text{Hz (pente en } f^3).$$

Pour cela, il est proposé d'utiliser un oscillateur saphir cryogénique (OSC). Le gravimètre étant portable, l'oscillateur d'interrogation doit l'être également. Il convient donc de travailler à une température supérieure à celle de l'azote liquide (77 K). L'objectif à terme est de délivrer au BNM un OSC transportable.

L'étude constitue la phase I de la réalisation de l'oscillateur saphir cryogénique, elle consiste à proposer la structure optimale de l'ensemble. Il s'agit d'une étude de faisabilité. Pour obtenir à 77 K, un fort coefficient de surtension et une faible sensibilité thermique, deux solutions seront analysées : l'une avec l'utilisation d'un résonateur non-compensé, l'autre avec un résonateur dopé.

3. Optimisation d'une source cohérente d'atomes froids pour les applications à la mesure interférentielle de la gravité.

Groupe d'Optique Atomique du Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique (GOA-IOTA) – Orsay.

L'objectif est de réaliser un dispositif produisant des échantillons cohérents d'atomes de matière continue ou quasi continue permettant d'alimenter un interféromètre afin d'exploiter pleinement les performances de ce dispositif métrologiques.

Un état cohérent d'atomes neutres de rubidium doit être obtenu avec un électroaimant. L'échantillon ainsi créé sera transféré dans la zone d'utilisation métrologique à l'aide d'une pince optique dans une zone entouré d'un blindage magnétique. Ce transfert permettra soit d'utiliser directement l'échantillon comme source pulsée d'atomes, soit d'alimenter en continu une cavité atomique en vue de réaliser un laser à atomes continu ou pulsé. Afin d'étudier les propriétés de l'échantillon transporté et d'effectuer des mesures de gravité avec une source cohérente, l'étude est divisée en quatre étapes :

- Étude de la cohérence de l'échantillon dans la pince ;
- Construction d'un système optique pour l'interférométrie ;
- Étude du lancer des atomes ;
- Étude préliminaire des effets systématiques dans une mesure de g avec l'interféromètre à source cohérente. Cette étape sera effectuée en collaboration avec l'équipe de LNE-SYRTE et sera l'occasion de comparer les deux

dispositifs d'interaction onde matière (Bragg et Raman) des deux laboratoires impliqués.

4. Réalisation de dispositifs à un électron ou à paire de Cooper

Laboratoire de Photonique et Nanostructure (LPN) - Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) – Marcoussis.

Cette étude est une suite de la collaboration entre le LPN-CNRS et le BNM-LNE visant à fabriquer des dispositifs à un électron et à une paire de Cooper. L'année 2004, constituant la seconde phase de cette collaboration, consiste à valider et délivrer au BNM-LNE des pompes de types R opérationnelles.

La première étape, qui consistait à poursuivre la fabrication de transistors et à faire valider le processus de fabrication par les caractérisations du BNM-LNE a été mené à terme. Le processus de fabrication des pompes est également opérationnel. Reste à caractériser ces pompes et à les améliorer : diminution des capacités croisées et des capacités de jonction et étude de l'influence du « *cotunneling* » en travaillant sur les résistances. Une étude de la jonction centrale en jouant sur sa capacité est également prévue.

Enfin, un aspect plus exploratoire concernera ensuite les pompes supraconductrices si le contrat n'est pas arrivé à son terme après la livraison au LNE de pompes de type R satisfaisantes. Il s'agira de maîtriser la parité du nombre d'électrons dans les îles et de maîtriser le *GAP*.

5. Dépôts de couches minces sur substrats cylindriques en céramique. Application à la fabrication de résistances étalons.

Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur les Matériaux les Procédés et les Surfaces – Université de Technologie de Belfort Montbéliard (LERMPS-UTBM) – Belfort.

L'objectif de l'étude est d'élaborer des revêtements sur substrats cylindriques en céramique en vue d'obtenir des étalons de résistance calculable. Ces étalons sont nécessaires à la détermination directe de la constante de von Klitzing R_K et de structure fine α . Ces étalons sont également la référence pour la détermination des tangentes d'angle de perte des condensateurs et des facteurs de qualité des inductances. Il s'agira de maîtriser la croissance des couches *in-situ* et de caractériser les résistances existantes par des moyens *ex-situ*.

L'obtention de résistances étalons cylindriques repose sur l'isolement d'un film résistif et sur la maîtrise de la croissance et de ses propriétés. L'étude est menée en interaction avec le LNE qui valide les différentes étapes du projet.

6. Mise en œuvre d'essais de réactivité de surface dans le cadre de la définition d'un alliage pour des étalons de masse

Centre des Matériaux — Ecole des Mines de Paris.

Cette étude a pour objectif de mettre en œuvre des essais de corrosion accélérée afin de choisir un alliage pour la réalisation d'étalons de masse. Le programme portera dans un premier temps sur l'adaptation d'une enceinte en place au Centre des Matériaux de l'Ecole des Mines de Paris pour l'étude des phénomènes de réactivité de surface sur des échantillons. Dans un second temps, le programme portera sur la réalisation d'essais sur les superalliages retenus dans le cadre de l'étude concernant le choix d'un nouveau matériau pour des étalons de masse menée au LNE. Une comparaison avec d'autres alliages utilisés en métrologie des masses (aciers inoxydables, Alacrite XSH et platine iridié) est également prévue. La détection des couches de surface doit être faite par sonde ionique au CNRS de Meudon.

7. Réalisation de détecteurs à large bande spectrale pour mesure de la sensibilité spectrale des détecteurs de transfert.

Groupe de recherche en informatique, image et instrumentation de Caen (GREYC) – ENSICAEN.

L'objectif est de disposer de détecteurs susceptibles de remplacer le détecteur cavité actuellement utilisé sur le banc de mesure de la sensibilité spectrale des détecteurs du LNE-INM. Ce détecteur cavité sert de référence pour mesurer la sensibilité spectrale relative des détecteurs à étalonner sur tout le spectre d'utilisation (200 nm – 2 500 nm). La sensibilité du détecteur-cavité est actuellement le facteur qui limite l'incertitude relative d'étalonnage en sensibilité spectrale des détecteurs à 10^{-3} , alors que la comparaison à quelques longueurs d'onde avec le radiomètre cryogénique se fait avec une incertitude relative de l'ordre de 10^{-4} . Le but de cette étude est donc de réaliser des détecteurs dont la sensibilité serait suffisante pour permettre des mesures avec une incertitude relative nettement meilleure que 10^{-3} et dont les spécifications techniques (radiométriques, géométriques et électroniques) les rendent utilisables sur le banc de mesure de sensibilité spectrale du LNE-INM.

7.1. Réalisation de détecteurs sur membrane de Mylar aluminisé

Le principe est d'utiliser un film mince de mylar aluminisé pour réaliser une membrane tendue sur un porte-échantillon métallique. Le porte-échantillon (en cuivre) agit comme dissipateur thermique à température constante et peut être refroidi. Sur la membrane sont gravées, par procédé photo-lithographique, des résistances électriques. Certaines de ces résistances électriques sont utilisées pour réaliser un dispositif de substitution électrique à l'énergie apportée par le rayonnement

(chauffage), d'autres sont utilisées pour la mesure de la température. Un système électronique permet ensuite de faire la contre-réaction thermique et de calculer le flux reçu par le capteur.

7.2. Etude de faisabilité d'une réalisation de détecteurs sur membrane de silicium

Le capteur a le même principe que le précédent mais la membrane serait élaborée à partir d'un substrat de silicium micro usiné. Les couches actives pour la mesure de température à haute sensibilité seront à base de manganite.

8. Caractérisation et modélisation de fibres micro-structurées par technique OLCR.

Equipe des Télécommunications optiques du Groupe des Ecoles des Télécommunications – Paris.

Récemment de nouveaux types de fibres optiques ont été développés pour des besoins en télécommunication optiques initialement mais les applications se sont en fait étendues à d'autres domaines très variés (capteurs, imagerie, ...). Parmi ces nouvelles fibres, les fibres micro-structurées sont l'objet d'efforts importants tant au niveau de la conception qu'au niveau de la réalisation technologique. Un point critique est la réalisation de l'homogénéité spatiale de la microstructure le long de la fibre. Celle-ci peut être évaluée en mesurant la dispersion chromatique et la biréfringence de la fibre. La technique de mesure par OLCR (*Optical Low Coherence Reflectometry*) permet d'accéder à l'information sur la phase et semble bien adaptée pour la mesure de ces grandeurs.

L'ENST de Paris et le LNE disposent d'un banc de mesure par OLCR mais les deux bancs, quoique différents, nécessitent des améliorations (composants mécaniques et optiques ou algorithmes de traitement des interférogrammes) pour réduire les incertitudes de mesure et répondre aux besoins des fabricants de fibres. Après la mise à niveau des bancs de mesure, des mesures comparatives seront effectuées sur les deux bancs et une modélisation des grandeurs mesurées sera faite afin de confronter les résultats issus des mesures et ceux issus de la simulation numérique.

Il s'agit d'améliorer l'incertitude de mesures de la dispersion chromatique et de la biréfringence faites par OLCR à l'ENST-Paris et au LNE et de mesurer ces grandeurs sur des fibres micro-structurées. Par ailleurs, une modélisation de ces paramètres sera faite à partir des images faites en microscopie électronique des tronçons d'une fibre afin d'analyser leur dépendance spatiale le long de la fibre.

9. Développement d'un laser à 671 nm par doublage de fréquence d'un laser Nd:YVO₄ ou Nd:GdVO₄ à 1342 nm pompé par diode.

Laboratoires Collisions, Agrégats, Réactivité - IRSAMC - Université Paul Sabatier – Toulouse.

Pour les expériences d'optique et d'interférométrie atomique, il faut pouvoir disposer de lasers accordables intenses au voisinage de la résonance atomique. Pour le lithium, dont la raie de résonance est à 671 nm, les seuls lasers continus existant de puissance suffisante sont les lasers à colorants. Le lithium, le plus léger des alcalins a deux isotopes naturels. Un laser amplificateur solide et assez puissant serait très utile pour toutes les équipes travaillant avec le lithium.

L'objectif de cette étude sera de développer un tel laser en utilisant différents cristaux comme milieu actif et un pompage par diode laser à 808 nm. Ce laser produira de la lumière à 671 nm par doublage intra-cavité dans un cristal de LBO. Il est raisonnable d'espérer atteindre une puissance de plusieurs watts, une grande stabilité et une grande commodité d'emploi, puisqu'il s'agira d'un milieu amplificateur solide.

10. Spectroscopie à deux photons de H₂⁺. Métrologie du rapport des masses du proton et de l'électron.

Laboratoire Kastler Brossel - Université d'Evry - Val d'Essonne.

Il a été démontré aisément que, par la mesure de la fréquence de la transition à deux photons de H₂⁺, une nouvelle détermination du rapport masse du proton sur masse de l'électron peut en être déduite (M/m). L'objectif de cette expérience est de réaliser cette mesure avec une incertitude de l'ordre de 10⁻⁹, voire 10⁻¹⁰.

Les deux premières étapes de l'expérience, réalisées lors d'un contrat précédent, ont été de réaliser le piégeage des ions H₂⁺ et d'effectuer la sélection de ceux qui sont dans l'état vibrationnel fondamental par photodissociation UV. L'optimisation de ces expériences est en cours.

L'étape suivante est le développement d'une source laser utilisant une diode laser à cascade quantique (QCL) placé dans un cryostat. La caractérisation des propriétés spectrales de cette source permettra de réaliser la spectroscopie à deux photons de H₂⁺, et d'utiliser cette source comme oscillateur ultra stable à 30 THz.