

Numéro 34

# unineWS

RECHERCHER

Le temps international

PEIGNER

Les fréquences optiques

CAPITONNER

Les cellules au rubidium

unine

UNIVERSITÉ DE  
NEUCHÂTEL

**Dompter le temps  
jusqu'en orbite**



# Les maîtres du temps à l'Université de Neuchâtel

**Dimension insaisissable, et pourtant essentielle à notre quotidien, le temps nous file entre les doigts. Il est pourtant des scientifiques qui parviennent à en prendre toujours plus précisément la mesure. Ces experts, l'Université de Neuchâtel en abrite sous son toit. Héritiers de l'Observatoire cantonal de Neuchâtel, ils sont regroupés depuis 2007 au sein du Laboratoire Temps-Fréquence (LTF).**

Actif dans le domaine des horloges atomiques, des étalons de fréquence primaires, des horloges miniatures et des horloges pour l'espace (système de positionnement par satellite européen Galileo), le LTF attire des financements considérables depuis sa création: deux millions de francs par année ! Pas étonnant dès lors que ses activités constituent aujourd'hui l'un des neuf domaines clés de l'Université de Neuchâtel. Un centre de compétences dont la réputation rayonne jusqu'en orbite et qui compte une trentaine de projets d'envergure nationale et internationale.

Car, que ce soit dans l'espace ou sur terre, jamais la demande en horloges de référence, stables et ultra-précises, n'a été aussi forte. Du contrôle du temps atomique international au positionnement par satellite, en passant par la gestion des réseaux de distribution d'énergie et les bases de temps des ordinateurs et des téléphones portables : nombreux sont les secteurs qui témoignent de ce besoin de précision et de fiabilité. Un univers illustré par les quelques réalisations de l'Université de Neuchâtel que nous vous présentons dans ce numéro d'UniNEws.

Ainsi, le LTF poursuit avec l'Institut fédéral de métrologie à Berne (METAS) le développement d'un garde-temps de référence du territoire helvétique : une fontaine à césium. Il en est à sa deuxième génération qui sert à sonder la fréquence d'un rayonnement de photons à la base de la définition de la seconde. Cette mesure est le Graal du domaine temps-fréquence ! Une quête fourmillant d'étranges concepts, comme le peigne optique, visant à caresser les ondes électromagnétiques avec plus de précision encore.

Autre voie d'exploration : le développement de lasers ultra-rapides qui nécessitaient jusqu'à présent des systèmes encombrants, complexes et très coûteux. Et qui devraient tenir désormais sur une table. Ce projet est financé par l'*European Research Council* à hauteur de 1,8 million de francs que le professeur Thomas Södmeyer, directeur du LTF, avait décroché au printemps 2012.

Parallèlement à cet objectif, le LTF entend mettre au point un laser émettant dans les térahertz. Ces rayonnements, situés entre les domaines des micro-ondes et de l'infrarouge, sont réputés peu nocifs. Avec des applications prometteuses en chimie, par exemple dans l'analyse dynamique de la structure de l'eau. Ainsi, la technologie servant à mesurer le temps profite également à la connaissance de la matière, deux piliers de la physique fondamentale contemporaine.

## Deux conférences d'envergure

Hôte de l'*European Time and Frequency Forum* (EFTF) en juin et d'Euromet en août, l'Université de Neuchâtel a rassemblé en été 2014 tout ce qui compte comme sommets mondiaux de la mesure du temps et de la recherche sur les lasers. Avec, cerise sur le gâteau, la participation à l'EFTF de l'administrateur du Collège de France Serge Haroche, Prix Nobel de physique 2012 et grand spécialiste de la physique quantique à la base des interactions entre atomes et photons. Un honneur évident pour Neuchâtel, berceau de l'horlogerie, de la microtechnique et d'un savoir-faire reconnu dans le domaine des horloges atomiques, des oscillateurs et des lasers ultra-performants.

### En savoir plus :

Les domaines clés de l'UniNE : [www.unine.ch/centres-of-excellence](http://www.unine.ch/centres-of-excellence)

Le domaine clé Temps-fréquence et métrologie optique :  
[www10.unine.ch/uninews/articles/le-temps-et-sa-mesure/](http://www10.unine.ch/uninews/articles/le-temps-et-sa-mesure/)

Congrès EFTF : [www.eftf-2014.ch](http://www.eftf-2014.ch)

Congrès Euromet : [www.euromet.org](http://www.euromet.org)



**Quelques protagonistes du domaine  
Temps-Fréquence et métrologie optique réunis à l'EFTF 2014**

(de gauche à droite):

Thomas Südmeyer, directeur du LTF-UniNE, président de Europhoton

Steve Lecomte, CSEM, président du comité d'organisation local de l'EFTF 2014

Serge Haroche, Collège de France, Prix Nobel de physique

Ekkehard Peik, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Allemagne), président du Comité exécutif de l'EFTF

Gaetano Miletì, directeur adjoint du LTF-UniNE, président du Comité scientifique de l'EFTF 2014

John Kitching, National Institute of Standards and Technology, Boulder (USA), conférencier invité à l'EFTF 2014

# A la recherche du temps international

**L'Université de Neuchâtel contribue au contrôle de l'heure exacte en Suisse dont la responsabilité incombe à l'Institut fédéral de métrologie METAS. Avec l'ambition pour le pays de pouvoir non seulement s'impliquer dans la réalisation, mais aussi dans l'ajustage du Temps Atomique International (TAI).**

Depuis plus d'une dizaine d'années, le LTF et METAS travaillent à la mise au point d'une fontaine à césium (FOCS). La particularité de cette fontaine suisse tient à ce qu'elle utilise un jet continu d'atomes, plutôt que des paquets générés sous forme de brèves impulsions, comme c'est le cas ailleurs dans le monde. «Cela nous amène à une meilleure qualité du signal détecté, et permet également de mieux maîtriser d'autres effets perturbateurs apparaissant sur les fontaines classiques», souligne Michael Petersen, postdoctorant et collaborateur au projet FOCS.

La deuxième génération de cette fontaine continue (FOCS-2) est en cours de développement au METAS. Le but de ce projet est de pouvoir rejoindre le club exclusif des horloges atomiques primaires qui ont l'honneur de procéder à l'ajustage du Temps Atomique International (TAI). L'échelle de temps TAI résulte de la comparaison en continu et au niveau international de quelque 250 horloges atomiques au césium, qui sont des instruments standards, ne possédant pas les performances d'une fontaine.

Le but de cette comparaison est de réaliser une échelle de temps extrêmement stable, mais dont l'exactitude a besoin d'être contrôlée, et éventuellement étalonnée chaque mois. Les étalons primaires, qui sont au nombre d'une dizaine dans le monde et dont pourrait faire partie FOCS-2, ont pour rôle d'effectuer cette opération. Il est intéressant de noter que toutes ces opérations de comparaisons et d'ajustage nécessitent du temps, et que l'échelle du TAI ne peut être connue qu'*a posteriori*. « On parle à ce propos « d'échelle papier », puisque celle-ci se ramène à une liste de chiffres publiés régulièrement par le Bureau International de Poids et Mesures à Paris, et décrivant les performances de l'échelle de temps », indique Jacques Morel, responsable au METAS du Laboratoire de photonique, temps et fréquence.

Mais FOCS-2 pourrait ne pas se limiter à définir l'heure à Berne, et contribuer, de par ses spécificités, au projet ACES (*Atomic Clock Ensemble in Space*) de l'Agence Spatiale Européenne (ESA). ACES a notamment pour objectif de tester, dans l'espace, la relativité générale d'Einstein, ainsi que d'autres théories alternatives de la gravitation.

## En savoir plus :

Les étalons primaires de fréquence : <http://www2.unine.ch/ltf/page-4062.html>  
L'Institut fédéral de métrologie : [www.metas.ch](http://www.metas.ch)

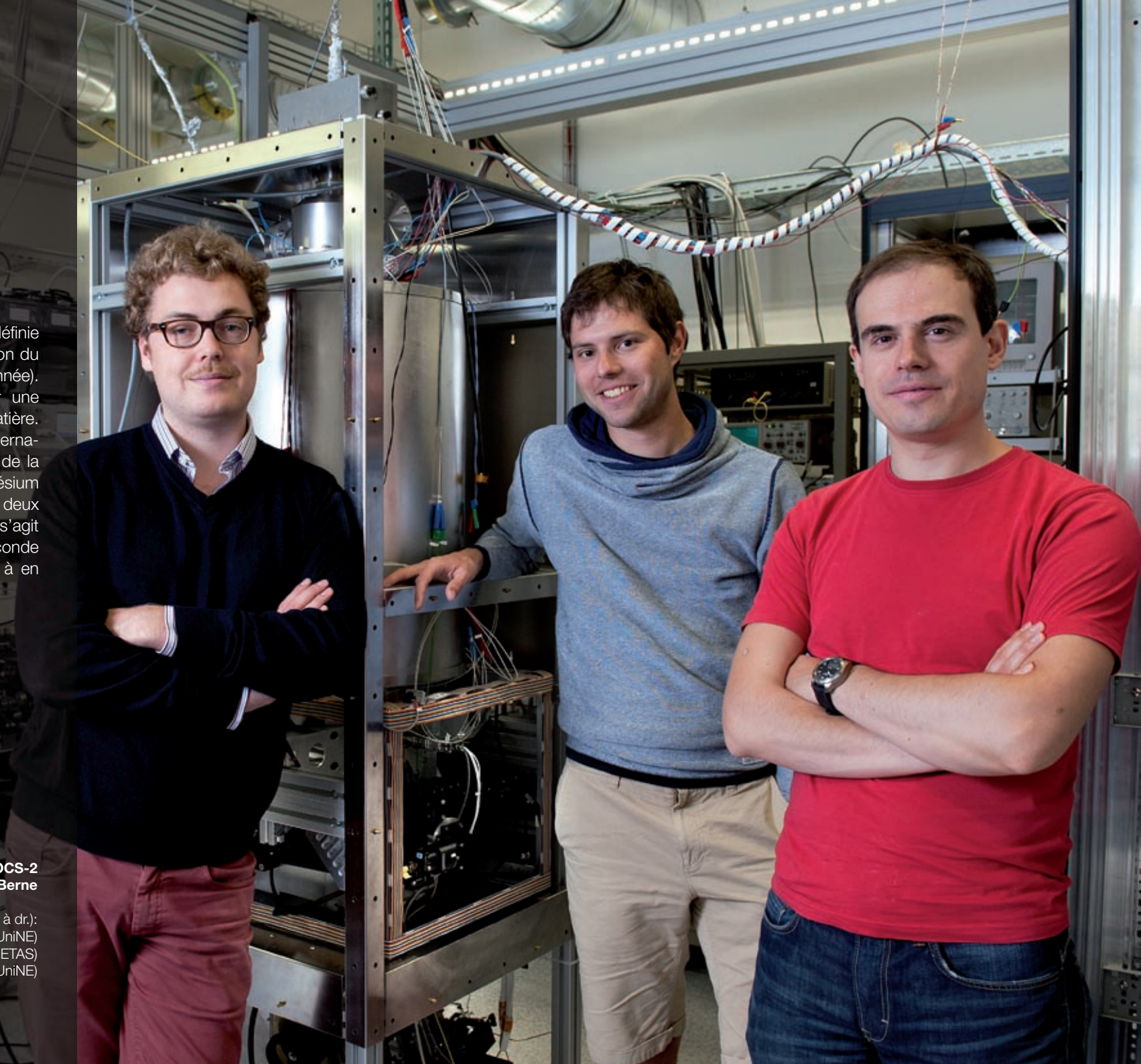
## De l'astronomie à la matière

Longtemps la durée de la seconde a été définie par des phénomènes astronomiques (fraction du jour solaire terrestre ou de la durée d'une année). Depuis 1967 cependant, elle repose sur une propriété physique fondamentale de la matière. La seconde est définie dans le système international des unités comme étant un multiple de la période de l'onde émise par un atome de césium 133 lorsqu'un de ses électrons saute entre deux niveaux d'énergie soigneusement choisis. Il s'agit d'un signal micro-ondes. Réaliser la seconde consiste à détecter ce rayonnement, puis à en compter 9 192 631 770 périodes.

**La fontaine à césium FOCS-2  
est sous bonne garde à Berne**

(de g. à dr.):

Antoine Jallageas (doctorant à l'UniNE)  
Laurent Devenoges (chercheur au METAS)  
Michael Petersen (postdoctorant à l'UniNE)





Stéphane Schilt,  
collaborateur scientifique au LTF

# Passer la lumière au peigne fin

**Qui aurait imaginé un jour un physicien se transformer en coiffeur ? Saugrenu ? Pas tant que cela. Certes, nous ne parlons pas ici de cheveux, mais d'ondes électromagnétiques que des chercheurs s'évertuent à passer au peigne de fréquence optique. Le développement de ce curieux dispositif est au cœur des recherches de Stéphane Schilt, collaborateur scientifique au LTF, et de Thomas Südmeyer. Ses applications prometteuses vont d'une mesure extrêmement précise du temps à l'analyse de la composition des gaz.**

Mais d'abord, une définition pour démêler le sujet. Un peigne de fréquence optique est une sorte de règle graduée pour le spectre de la lumière, formée de plus de 100'000 fréquences équidistantes semblables aux dents d'un peigne, d'où son appellation. Cette règle permet de lier ainsi de façon extrêmement précise une fréquence dans le domaine des micro-ondes (gigahertz) à une fréquence optique de l'ordre d'une centaine de térahertz, donc cent mille fois plus grande.

Le peigne optique rend ainsi possible la mesure très précise (jusqu'à plus de 15 chiffres significatifs) des fréquences optiques (par exemple émises par des lasers extrêmement stables) par rapport à une horloge atomique primaire telle qu'une fontaine à atomes froids de césium (voir p.2), qui fonctionne, elle, dans la gamme des micro-ondes et définit l'unité de temps (la seconde) du système international d'unités.

Les horloges atomiques les plus stables sur le court terme sont les masers à hydrogène. Or ce type d'instruments se révèle coûteux et les limites de cette technologie sont proches d'être atteintes aujourd'hui. « La recherche sur les peignes optiques vise à remplacer les masers par des systèmes lasers plus performants, plus compacts et meilleur marché », indique Stéphane Schilt.

Premier succès des physiciens de l'UniNE : ils ont obtenu une amélioration d'un facteur dix du rapport entre le signal et le bruit de fond en utilisant une nouvelle méthode pour stabiliser un peigne optique. Un peu comme si l'on parvenait à atténuer la « friture » sur la ligne pour obtenir une information plus nette par rapport au signal transmis par des micro-ondes. Pas de quoi cependant se réjouir trop vite, puisqu'il reste encore à améliorer la stabilité de ces peignes, c'est-à-dire s'assurer que les impulsions de lumière sortent à un intervalle régulier précis au 15<sup>e</sup> chiffre significatif durant plusieurs dizaines de minutes.

## Analyse de gaz multiples

Les peignes optiques augurent également des applications prometteuses en spectroscopie, autrement dit pour la détection des molécules d'un gaz et leur quantification. « Alors que les spectromètres lasers utilisés pour la détection de traces de gaz ne peuvent généralement détecter qu'un seul élément ou une seule sorte de molécule à la fois, et que d'autres types de spectromètres permettant une mesure sur une large gamme de longueurs d'onde ont une sensibilité et une résolution spectrale limitées, ainsi qu'un temps de mesure relativement long, les peignes optiques sont capables de détecter plusieurs substances simultanément, très rapidement et avec une grande résolution. Ceci est particulièrement utile en médecine, pour l'analyse de la qualité de l'air expiré d'un patient », illustre Stéphane Schilt.

Mais au-delà des possibilités d'applications, le but des physiciens du LTF reste de pousser toujours vers les limites de la science les performances et la stabilité des peignes de fréquence optiques dans différents contextes de mesure.

# Le labo qui valait 1,8 million de francs

**C'est la timbale de l'*European Research Council* que Thomas Südmeyer avait décroché au printemps 2012, peu après son arrivée à la tête du LTF. Le projet s'attaque au développement d'un laser ultra-rapide pouvant tenir sur une table, avec des performances qui nécessitaient jusqu'à présent des systèmes lasers encombrants, complexes et très coûteux. Le point avec Clara Saraceno, postdoctorante à l'UniNE et à l'ETHZ, partenaire du projet.**

Le nouveau rayonnement est basé sur l'émission de lumière cohérente en forme de flashes ultra-brefs de l'ordre de quelques centaines de femtoseconde, soit du millionième de milliardième de seconde. Il permettra de sonder une partie du spectre des ondes électromagnétiques peu explorée jusqu'ici : l'ultra-violet extrême. Les perspectives d'application sont vastes. Elles vont de l'imagerie jusqu'à la réalisation d'horloges ultra-précises, en passant par l'analyse de propriétés thermiques, acoustiques et magnétiques des nanostructures.

« Un des principaux défis pour atteindre la performance voulue dans l'ultra-violet extrême consiste à réunir dans un seul laser deux performances clés, explique Clara Saraceno. Dans les systèmes actuels, on doit faire un choix : soit opter pour des impulsions très énergétiques, mais avec des fréquences de répétition faibles ; soit augmenter la fréquence des impulsions, mais on perd alors en puissance et souvent aussi en durée des impulsions. Ensuite, un processus non-linéaire dans un gaz transforme les impulsions laser infrarouges en rayons dans l'ultra-violet extrême. »

## Recyclage de photons

Forts de la collaboration entre l'UniNE et l'ETHZ, Clara Saraceno et Thomas Südmeyer proposent d'augmenter l'énergie des impulsions lumineuses disponible pour générer l'UV en les faisant résonner dans l'oscillateur optique laser lui-même, un peu à la manière d'une chambre à écho. De cette façon, le « recyclage » du rayonnement perdu au cours de la manipulation sera amélioré, afin de gagner en puissance moyenne et en énergie d'impulsion. On parle de plusieurs kilowatts, soit dix fois plus que celle des dispositifs actuels.

Les perspectives d'application visent surtout à explorer les phénomènes dynamiques de la matière, que ce soit dans des gaz, des solides ou des liquides, à l'échelle des molécules ou des atomes.

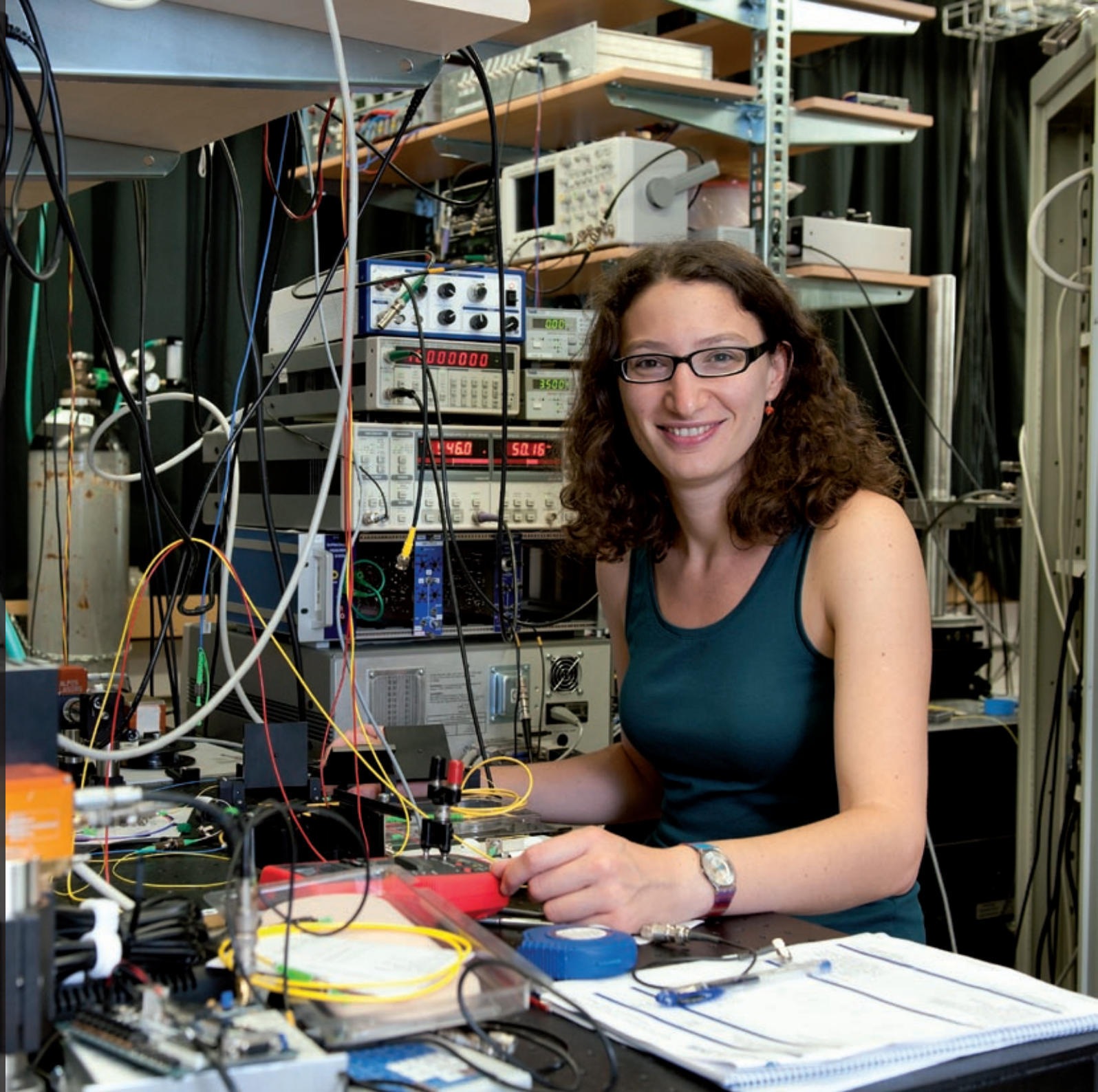


## Tenir sur une table

Aujourd'hui, effectuer des mesures d'une telle finesse dans l'ultra-violet extrême exige l'utilisation d'ondes électromagnétiques ne pouvant être générées que par un accélérateur de particules. Or qui dit accélérateur de particules, dit tunnel de plusieurs centaines de mètres, avec une électronique lourde et onéreuse. Et surtout, un temps d'utilisation précieux et limité, à partager entre plusieurs groupes de recherche.

Il s'agit maintenant d'atteindre des performances temporelles et spectrales identiques, mais à l'aide d'un appareillage pouvant tenir sur... une table qui doit entrer en fonction cet été. Les conditions expérimentales exigent une hygiène quasi-chirurgicale : environnement très stable et propre, climatisation avec air laminé. Une climatisation de 2,5 tonnes qui, soit dit en passant, avait été déposée par hélicoptère sur le toit de l'Institut de physique à Unimail.

**Clara Saraceno**  
postdoctorante au LTF



# Les térahertz : de la sécurité à la structure de l'eau

**Mettre au point un laser émettant dans les térahertz, des rayonnements réputés peu nocifs situés entre les domaines des micro-ondes et de l'infrarouge, c'est le défi que relève Thomas Südmeyer dans le cadre du Pôle de recherche national (PRN) MUST (*Molecular Ultrafast Science and Technology*). Co-dirigé par l'ETH Zurich et l'Université de Berne, ce programme interdisciplinaire de chimie et physique étudie les processus ultra-rapides de la matière, qu'elle soit naturelle ou artificielle.**

Ondes radio, micro-ondes des fours ou des téléphones portables, ondes infrarouges des télécommandes TV. Tous ces rayonnements invisibles font partie de notre quotidien. Ils ont comme point commun d'appartenir à la vaste famille des ondes électromagnétiques. Il existe pourtant une région de ce spectre qu'on ne peut pas générer aussi facilement. Il s'agit des térahertz, qui rayonnent entre les micro-ondes (domaine de la radioélectricité) et l'infrarouge (domaine de l'optique).

Une propriété intéressante des térahertz est leur fort pouvoir d'absorption par les molécules d'eau, ce qui en fait un moyen d'exploration idéal des interactions entre l'eau (H<sub>2</sub>O) et d'autres composés. Il sera notamment possible d'analyser des processus chimiques extrêmement rapides tels que la manière dont un solvant se lie aux molécules d'eau. « C'est comme l'effet d'un stroboscope, illustre Thomas Südmeyer. Les impulsions très rapides permettent de révéler par une succession d'images la dynamique des liaisons entre des atomes ou des molécules. Des informations qui nous sont inaccessibles pour l'instant. »

## **En savoir plus :**

[www.nccr-must.ch](http://www.nccr-must.ch)

\*1 fs = 10<sup>-15</sup> s = 1 milliardième de milliardième de seconde

## **Aux portiques des aéroports**

Outre des perspectives de recherche fondamentale, une propriété des térahertz est cependant déjà exploitée commercialement : les portiques de sécurité des aéroports que des progrès récents dans la technologie des semi-conducteurs ont permis de mettre au point. En effet, de nombreux matériaux non-conducteurs d'électricité sont transparents pour ces ondes. C'est le cas de la peau, du papier, du bois, du carton, du plastique et... des vêtements. D'où une application évidente pour visualiser un objet métallique caché. Et contrairement aux rayons X, les rayons T sont peu ionisants. Donc *a priori* inoffensifs pour la santé. Cependant, la capacité de ce scanner corporel à mettre à nu une personne sur un écran de contrôle rend visible les parties anatomiques intimes. Aussi, afin de se préserver d'une atteinte à l'intimité, les logiciels de visionnement doivent intégrer des mesures spécifiques telles que le floutage des visages.

Mais les térahertz n'intéressent pas que les spécialistes de la sécurité. Tous les domaines de la physique et de la chimie en perçoivent les avantages. Ils peuvent clairement révéler la structure fine, à l'échelle de l'atome et à distance, de n'importe quel échantillon de matière, qu'il soit solide ou liquide. La limitation actuelle tient à produire des générateurs de ces ondes et des détecteurs correspondants qui soient pratiques à utiliser et aussi financièrement abordables. Car pour ce type de recherche, les sources d'ondes compactes ultrarapides à haute puissance moyenne restent très rares, un vide que le LTF entend combler. « Le nouvel appareil que nous développons permettra d'effectuer des mesures 100 fois plus rapidement par rapport aux moyens existants, ce qui se traduit par un gain de temps considérable dans l'observation dynamique de la structure de l'eau », se réjouit Thomas Südmeyer.

# Des horloges qui donnent le « la » au sol

**Après avoir fait ses preuves dans l'espace, le LTF participe depuis début 2014 au développement de garde-temps destinés au segment terrestre des systèmes de positionnement par satellite, tels que Galileo. Cette recherche s'effectue dans le cadre d'un consortium franco-suisse baptisé LAMA\* dont la partie entreprise au LTF par Gaetano Mileti et Renaud Matthey est soutenue par la CTI (Commission fédérale pour la technologie et l'innovation).**

La mesure du temps par des horloges atomiques est tout d'abord une affaire de lumière. C'est en effet une source lumineuse, généralement un laser, qui met au diapason les électrons des atomes dont le rayonnement donnera ensuite le «top» de référence. Le projet LAMA vise à développer une nouvelle génération de diodes laser permettant d'augmenter la performance des horloges à jet d'atomes de césium actuelles, dont l'entreprise neuchâteloise Oscilloquartz SA est l'unique fabricant en Europe.

Notre monde, sans qu'on en ait toujours conscience, fourmille d'applications impliquant des diodes laser, partout où intervient la nécessité de diriger un faisceau lumineux : pointeur laser, lecteur de disques (CD, DVD, etc.), tête d'imprimante laser, lecteur de code barre, scanner, souris d'ordinateur, pour n'en citer que quelques-unes. Une fois adaptée aux horloges atomiques, cette technologie présentera de sérieux avantages par rapport aux dispositifs actuels, comme l'amélioration de la stabilité de fréquence d'un facteur 10, sans réduction de durée de vie.

«Dans le projet LAMA, un même faisceau laser servira d'abord à placer tous les atomes dans le bon état (par pompage optique), puis à assurer la détection du signal, explique Gaetano Mileti. C'est un progrès considérable, car tous les atomes seront ainsi utilisés, la détection sera plus efficace et la stabilité de l'horloge s'en trouvera améliorée.»

Ces nouveaux « diapasons » à pompage optique devraient se révéler utiles à tous les domaines nécessitant des synchronisations temporelles très fiables et précises. Outre l'intérêt évident pour la physique fondamentale et les laboratoires de mesure du temps, ces nouvelles horloges auront de nombreux domaines d'application (navigation par satellite, réseaux de communication, réseaux électriques intelligents, etc.).

Le projet LAMA s'inscrit dans le programme européen EURIPIDES, qui cherche à renforcer la compétitivité européenne par des coopérations internationales entre entreprises et instituts de recherche. Il est doté d'un budget total de trois millions d'euros pour trois ans.

*\*Laser diode Modules for high performance Atomic clocks (LAMA)*

**En savoir plus :**  
<http://lama-euripides.eu/>

# GPS européen : un positionnement au mètre près

**Une nouvelle génération d'horloges atomiques au rubidium devrait permettre un positionnement au mètre près dans le système spatial de localisation européen Galileo. Développées au LTF par Christoph Affolderbach et Gaetano Mileti, avec des partenaires français, italiens et turcs, ces horloges seront plus compactes, moins chères et cent fois plus précises que celles commercialement disponibles aujourd'hui. Le projet Mclocks a débuté il y a un an. Il avait été sélectionné au terme d'une mise au concours du Programme européen de recherche en métrologie (EMRP).**

Le projet s'intéresse à la mise au point de trois nouveaux types d'horloges atomiques, une première dans un programme européen ! Les compétences du LTF serviront surtout au développement avec l'Institut de recherche italien en métrologie (INRIM) d'une horloge à pompage optique pulsé (POP). « Nous amenons notre savoir-faire en matière de résonateurs micro-ondes compacts, de sources lasers stabilisées, ou encore de réalisation et de spectroscopie métrologique des cellules au rubidium ou au césium », précise Christoph Affolderbach, en charge de la partie incombant à l'UniNE.

Les horloges actuellement utilisées dans l'industrie sont basées sur d'autres technologies (maser actif ou passif à hydrogène, horloge à jet de césium). Elles ont les désavantages d'être soit trop encombrantes, soit trop chères, ou de ne pas présenter la bonne combinaison des performances recherchées. Les instruments que développent le LTF et ses partenaires répondront mieux aux objectifs fixés et atteindront une précision 100 fois supérieure à celle des horloges au rubidium commerciales existantes.

Mclocks prévoit également la mise au point d'une horloge basée sur des atomes refroidis en cellule qui sera supervisée par l'unité de recherche sur les Systèmes de Référence Temps-Espace (SYRTE) de l'Observatoire de Paris. Enfin, les chercheurs plancheront aussi sur d'autres techniques alternatives grâce aux contributions de l'Université de Franche-Comté (UFC) et du Conseil turc de la recherche et de la technologie (Tübitak).

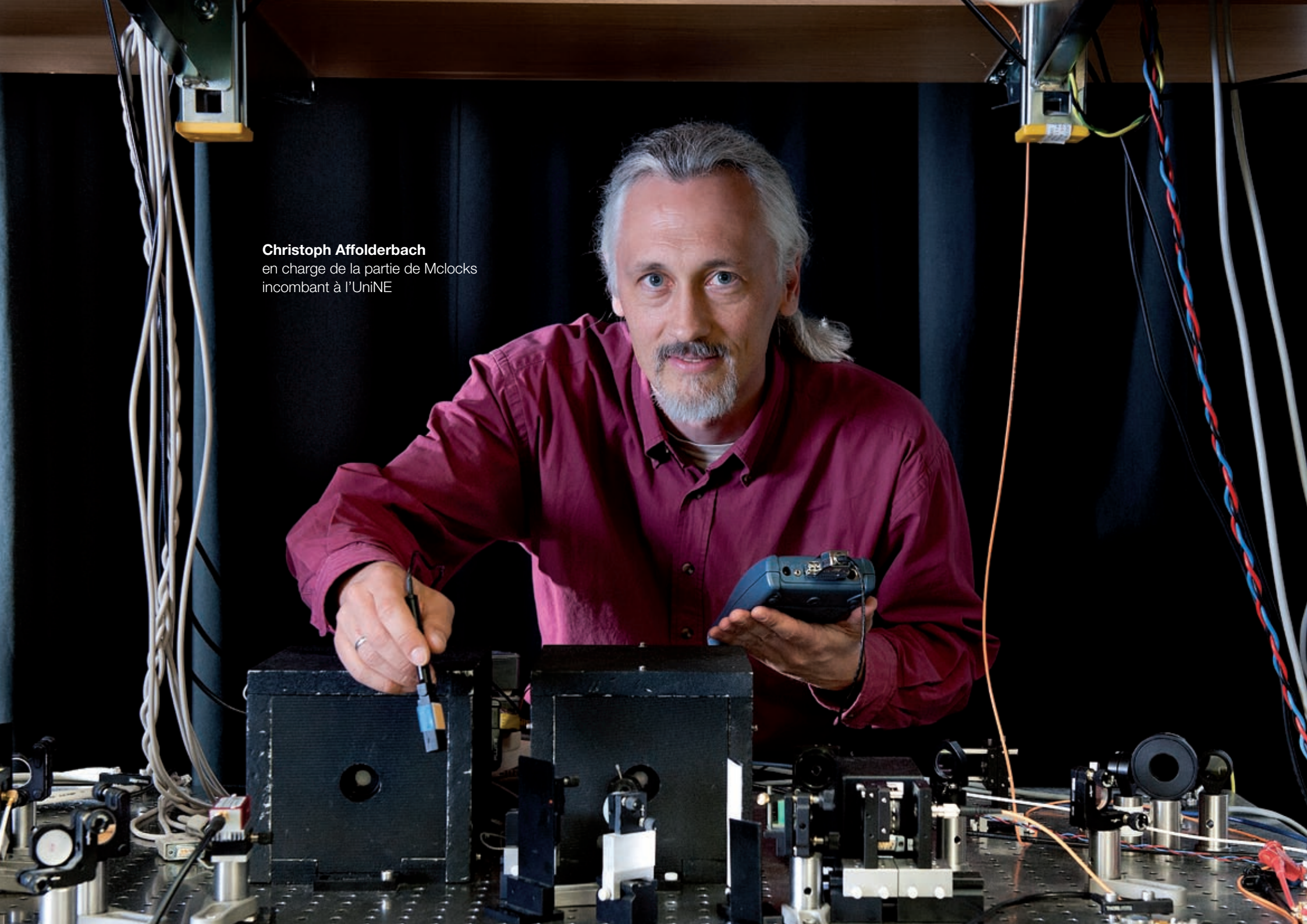
## Trente satellites en 2020

Le système de localisation européen Galileo, auquel ces instruments pourront également servir, comprendra une constellation de 30 satellites pour assurer un positionnement au mètre près. Il devrait être totalement opérationnel à l'horizon 2020. Depuis 2012, une phase de validation en orbite est en cours. Elle comprend quatre satellites, équipés chacun de deux horloges atomiques au rubidium et de deux masers passifs, tous développés à Neuchâtel et fabriqués par l'entreprise neuchâteloise Spectratime SA. Une première version d'une constellation opérationnelle comprenant 14 satellites est prévue pour 2015-2016, tandis que la configuration complète de 30 satellites devrait être déployée à l'horizon 2020.

### En savoir plus :

<http://www.inrim.it/Mclocks/>

**Christoph Affolderbach**  
en charge de la partie de Mclocks  
incombant à l'UniNE





**Matthieu Pellaton**  
doctorant au LTF



# Horloges au rubidium : un matelas pour des atomes

**Doctorant du groupe de Gaetano Mileti, directeur adjoint du LTF, Matthieu Pellaton a testé avec succès un revêtement qui, tel un matelas, atténue l'effet altérant des collisions entre les atomes de rubidium et les parois de la cellule qui les renferme. Ceci afin que le signal de résonance issu de ces atomes, à la base des mesures de temps, reste utilisable aussi longtemps que possible.**

Il n'y a pas que les amateurs de sieste à rêver de doux matelas. Le physicien Matthieu Pellaton ne se gêne pas de le faire aussi. Pas pour lui, mais pour les particules au cœur de l'horloge atomique qu'il a étudiées dans le cadre de son doctorat. En effet, l'amélioration des performances des horloges atomiques au rubidium passe par la faculté d'empêcher des collisions d'atomes avec la paroi de la cellule qui les renferme, ou au moins à en réduire leurs conséquences. Durant sa thèse, le jeune physicien a exploré une manière d'atténuer ces collisions en revêtant les parois d'un enduit capitonné.

Au-delà de l'anecdote, Matthieu Pellaton a démontré la faisabilité d'un dispositif crucial destiné à repousser toujours plus loin les limites des horloges atomiques. Un travail qui s'est déroulé en étroite collaboration avec plusieurs laboratoires de l'EPFL et avec le soutien du Fonds national suisse de la recherche scientifique, ainsi que celui de l'Agence spatiale européenne.

« Ce revêtement est préconisé en parallèle au recours à une technique de micro-fabrication pour confectionner les cellules au rubidium, au lieu du verre soufflé utilisé actuellement », indique le jeune physicien. Le procédé était en fait connu depuis longtemps, mais les chercheurs butaient sur un problème

de température. Les revêtements capitonnés ne résistent pas à une chaleur de plus de 170 °C. Or, les températures de scellement des cellules micro-fabriquées dépassaient cette limite, ce qui détruisait la couche protectrice. Jusqu'à ces dernières années, où on a pu enfin développer une technique de scellement à des températures inférieures à 140 °C.

## Processus de miniaturisation

L'approche s'inscrit dans un processus de miniaturisation des horloges au rubidium. « En principe, les limites sont données par la taille d'une cavité de résonance, dont le rôle est d'interroger la fréquence des atomes. Les collègues de l'EPFL, avec lesquels nous travaillons sur ce projet, ont réussi à fabriquer une cavité de résonance dont les dimensions sont inférieures à la longueur d'onde de la micro-onde servant à interroger les atomes. Ce qui est une prouesse au regard de l'homogénéité du champ obtenue », relève Matthieu Pellaton. Les mesures effectuées au LTF ont confirmé une belle amélioration du rapport du signal sur bruit, gage d'une augmentation notable de la performance.

Cette recherche est un complément aux investigations du LTF qui cherchent à produire des horloges pouvant fonctionner une quinzaine d'années, un prérequis indispensable pour tout objet destiné à l'espace. Pour ce faire, les cellules de verre, après avoir servi, sont brisées dans une machine spéciale du LTF qui analyse les causes de leur vieillissement, de manière à améliorer toujours plus la durabilité et la performance des horloges au rubidium.

6th EPS-QEOD Europhoton Conference

## **SOLID-STATE, FIBRE, AND WAVEGUIDE COHERENT LIGHT SOURCES**

This unique conference features the latest breakthroughs in the field of solid-state, fibre and waveguided light sources. The sixth in a row, the Europhoton conference has shown to be very popular among the scientists and engineers that have continued to place it on their calendars.

### **General Chair**

Thomas Südmeyer, University of Neuchâtel, Switzerland

### **Programme Chair**

Ingmar Hartl, DESY, Hamburg, Germany

### **Local Chairs**

Maxim Gaponenko, Sandrine Gouinguéné, and Stéphane Schilt,  
University of Neuchâtel, Switzerland

### **Main topical areas**

Solid-State Lasers, Fibre and Waveguide Devices

### **Two-day Summer School on :**

“Frontiers of Solid-State Light Sources”

### **Half-day special Symposium on :**

“Lasers for Biomedical Imaging and Sensing”

More information: [www.europhoton.org](http://www.europhoton.org)

This conference is organized by the University of Neuchâtel and the European Physical Society in cooperation with the Quantum Electronics and Optics Division (QEOD) of the European Physical Society (EPS).

UniNEws est un dossier de l'Université de Neuchâtel. Faubourg du Lac 5a, 2000 Neuchâtel, Tél. 032 718 10 40, [service.communication@unine.ch](mailto:service.communication@unine.ch), [www.unine.ch](http://www.unine.ch). Impressum: Service de communication de l'Université de Neuchâtel; Rédaction: Igor Chlebny; Couverture: ESA – P. Carril; Photos: Pierre-William Henry; Layout: Leitmotiv; Impression sur papier recyclé FSC: IJC  
Parution : août 2014. Paraît au moins quatre fois par an.

