

**RECHERCHE** Fondé en 2007, le Laboratoire Temps-Fréquence est l'un des neuf domaines clés de l'Université de Neuchâtel. Zoom sur deux projets spatiaux.

# La précision poussée à l'extrême

FRANÇOISE KUENZI

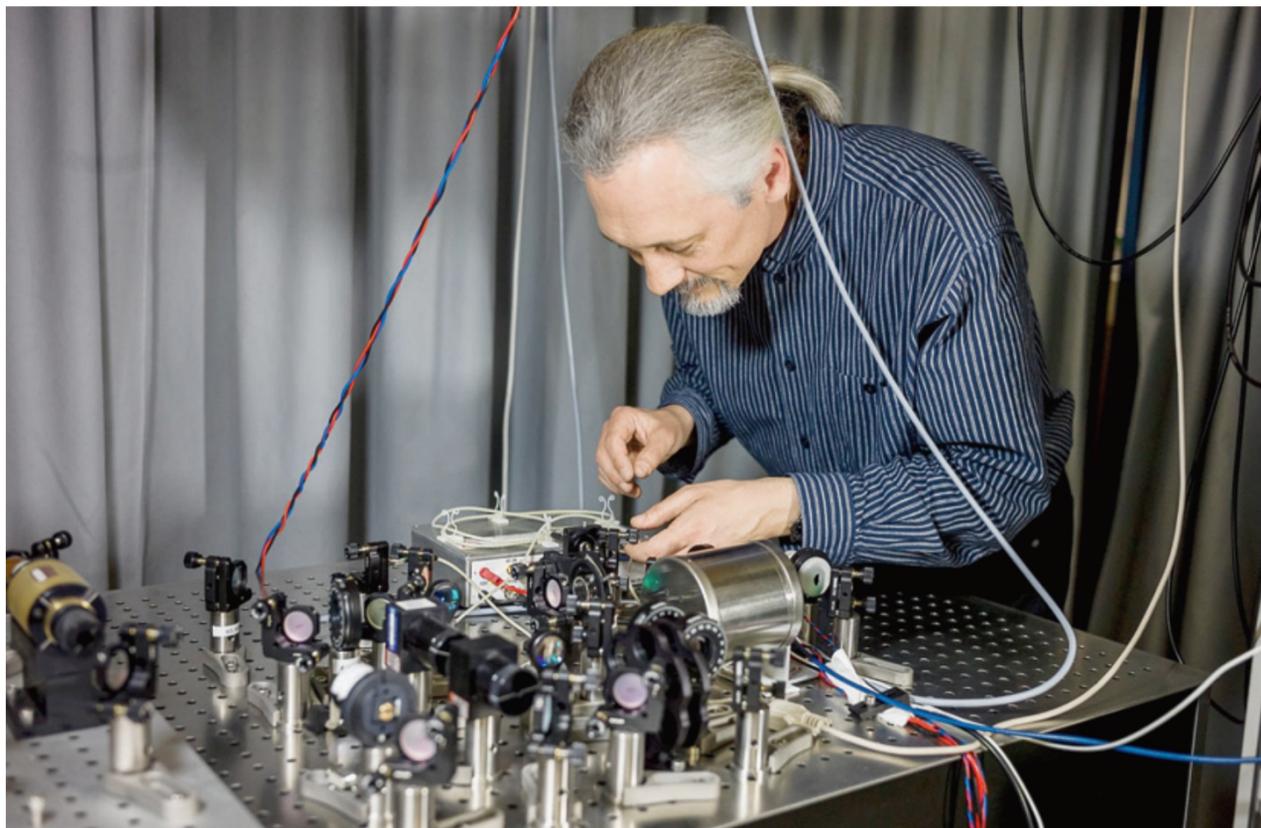
Il est l'un des héritiers, en ligne directe, de l'Observatoire cantonal et de ses concours de chronométrie, puis des travaux pionniers menés sur les horloges atomiques: le Laboratoire Temps-Fréquence (LTF) de l'Université de Neuchâtel continue de repousser les limites de la mesure du temps. Huit ans après son rattachement à l'UniNe, ses effectifs ont passé de 7 à 25 collaborateurs – principalement professeurs, docteurs et doctorants – et il est l'un des instituts qui capte, en proportion, le plus de fonds de tiers (ou financements externes).

«Nous avons eu depuis 2007 environ 70 projets externes, à hauteur de plus de deux millions de francs par an en moyenne», relève le professeur Gaetano Mileti, directeur adjoint du LTF. Preuve de son importance, le laboratoire fait d'ailleurs partie des neuf domaines clés en matière de recherche et d'innovation de l'alma mater neuchâteloise.

## Repousser les frontières

Sa mission? Explorer et repousser les frontières dans les domaines de la recherche temps-fréquence, de la métrologie optique et des technologies et sciences ultrarapides. L'équipe se concentre donc sur des activités de recherche plus fondamentale, moins tournées vers l'industrie qu'avant le transfert des activités de l'Observatoire au CSEM et à l'Université, réalisé en 2007. «Il y a désormais un vrai partage de compétences entre nous et nos partenaires locaux que sont, par exemple, le CSEM ou les entreprises Oscilloquartz ou Spectratime.»

Et si les projets ne manquent pas, ils sont menés parfois à très long terme. Deux d'entre eux,



Chercheur avancé, Christoph Affolderbach travaille depuis 2002 sur l'amélioration des horloges au rubidium. SP

## FONTAINE À ATOMES

Le LTF contribue aussi à réintégrer la Suisse dans le cercle limité des pays participant à la définition du Temps atomique international avec des étalons primaires de fréquence, grâce à la réalisation, en collaboration avec l'Office fédéral de métrologie (Metas), d'une «fontaine atomique» unique au monde fonctionnant avec un jet continu d'atomes froids de césium.

particulièrement importants, ont d'ailleurs fait l'objet de publications ou de présentations récentes. Ainsi, Renaud Matthey, cher-

cheur avancé, a mis au point un démonstrateur du cœur d'un radar à rayon laser (un lidar), qui permettra de mesurer le taux de CO<sub>2</sub> autour de la Terre, avec l'idée de l'envoyer dans l'espace à bord d'un satellite (lire ci-dessous). Un enjeu clé dans le contexte de l'accord signé la semaine dernière à Paris par la COP21, l'accumulation du CO<sub>2</sub> représentant la cause majeure du réchauffement global affectant notre planète.

Autre scientifique confirmé, Christoph Affolderbach travaille déjà sur les prochaines générations d'horloges atomiques Galileo, le système de positionne-

ment européen par satellite (également ci-dessous).

L'un des nerfs de la guerre est, bien sûr, le financement des projets. Qui, suite à l'envol du franc suisse, a pris un coup dans l'aile. Notamment lorsque la manne vient de l'Union européenne, comme c'est le cas pour de nombreux projets.

## Une centaine de personnes

«Les compétences développées par l'Observatoire se sont maintenant jusqu'ici dans la région, ce qui est positif, mais la situation reste très fragile, puisque la plupart de nos chercheurs dépendent uniquement des fonds de tiers», ajoute

Gaetano Mileti. Les compétences neuchâteloises dans les horloges atomiques regroupent, à Neuchâtel, une centaine de personnes, au sein du LTF ou d'entreprises privées. Qui détiennent

un savoir-faire essentiel. «Le Swiss Space Office souhaite que la Suisse demeure un leader en la matière. Notre recherche sert donc aussi à cela: rester les meilleurs dans la mesure du temps.»

## AVANT LE LTF

**1858** Fondation de l'Observatoire de Neuchâtel par le Département de l'économie publique du canton.

**1860** Envoi quotidien du signal horaire télégraphe. L'heure universelle est introduite en 1894.

**1912** Inauguration du pavillon Hirsch.

**1961** L'heure de l'Observatoire devient l'heure légale en Suisse.

**1967** Introduction de l'heure atomique, qui remplace l'heure astronomique.

**1995** Création de Spectratime, spin-off de l'Observatoire dédiée à la fabrication et la commercialisation d'horloges atomiques.

**2007** Reprise des activités de recherche de l'Observatoire par l'Université de Neuchâtel, sous la forme du nouveau Laboratoire Temps-Fréquence. Les activités industrielles sont intégrées au CSEM.



« Depuis 2007, nous avons eu 70 projets externes, pour plus de deux millions de francs par an. »

GAETANO MILETI DIRECTEUR ADJOINT DU LABORATOIRE TEMPS-FRÉQUENCE

## MESURER LE TAUX DE CO<sub>2</sub> DEPUIS L'ESPACE

Un laser qui mesure le taux de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère depuis l'espace: c'est le démonstrateur du cœur d'un tel instrument qu'a réalisé le LTF, sous la direction de Renaud Matthey. Avec pour objectif de cartographier la répartition de ce gaz à effet de serre autour de la Terre depuis un satellite et de mieux cerner son impact sur les changements climatiques. Actuellement, la «traque» au CO<sub>2</sub> se fait essentiellement depuis des stations de mesures au sol. Bénéficier d'une cartographie en temps réel permettrait de mieux identifier les principaux émetteurs et puits de CO<sub>2</sub> et de déterminer les échanges entre l'atmosphère, les océans et les sols.

Ce projet, mené en collaboration avec l'Agence spatiale allemande et l'Agence spatiale européenne (ESA), arrive à son terme à la fin de l'année. La faisabilité du procédé a été démontrée. Ce sont les compétences neuchâteloises dans les horloges atomiques au rubidium qui ont permis de mettre au point cette partie clé d'un lidar (radar à rayon laser). «En utilisant le rubidium pour stabiliser le laser, on est dix fois plus précis que ce qui était requis pour le projet», indique Renaud Matthey. «Nous avons pu démontrer la qualité de nos mesures, soit la longueur d'onde du laser qui va sonder les molécules de CO<sub>2</sub>.» Le concept? Le faisceau laser (une lumière) frappe les molécules de CO<sub>2</sub>, qui l'absorbent. Au retour, le signal est donc plus faible. Mesure après mesure, il est ainsi possible d'obtenir une carte du CO<sub>2</sub>.

## Détecter des exoplanètes

Le démonstrateur est grand comme une table de bureau. Un peu grand pour être envoyé dans l'espace? «En réalité, les différents éléments peuvent être réunis dans un volume équivalent à 2-3 briques de lait», explique le docteur. De toute façon, avant le lancement d'un satellite, envisagé vers 2030 – mais le financement n'est pas encore acquis –, il est prévu d'utiliser l'instrument dans des campagnes de mesures au sol et à bord d'un avion. A Neuchâtel, la recherche autour de cette technologie continue grâce au Fonds national. Une autre application visée? La détection des exoplanètes! »

## Nouvelles générations d'horloges pour Galileo

Christoph Affolderbach est l'un des trois chercheurs avancés du LTF. A Neuchâtel, il travaille depuis 2002 sur l'amélioration des horloges atomiques au rubidium, l'une des spécialités de l'ancien Observatoire.

A la base du fonctionnement de ces horloges ultraprécises, on utilise une vapeur de rubidium pour stabiliser un oscillateur à quartz. Mais dans les nouvelles générations d'horloges, l'idée est d'utiliser une diode laser au lieu d'une lampe, qui permet d'améliorer la performance de l'instrument entier. Et lorsqu'on parle de précision, on est dans l'ultra précis: la stabilité relative de fréquence obtenue est de l'ordre de moins d'une nanoseconde par jour.

Plusieurs projets, financés par l'Agence spatiale européenne puis le Programme de recherche européen en métrologie, visent ainsi à mettre au point les horloges des deuxième et troisième générations de Galileo, le système de positionnement par satellite européen. La première génération a été développée, dans les années 1990, par l'Observatoire de Neuchâtel, et les horloges ont ensuite été fabriquées par la spin-off Spectratime, aujourd'hui aux mains du groupe fran-



L'équipe du Laboratoire Temps-Fréquence à Unimail. SP

çais Orolia. Depuis le 17 décembre 2015, 12 des 30 satellites prévus sont sur orbite. A leur bord, des horloges au rubidium mais aussi des horloges plus volumineuses, des masers à hydrogène, qui ont des performances supérieures. Qui pourraient être remplacées par la nouvelle génération – probablement la troisième, car pour la deuxième génération, le saut technologique sera en principe

moindre – d'horloges au rubidium développées au LTF. «Notre défi, c'était de faire aussi bien que ces masers, mais avec la technologie au rubidium et dans un volume dix fois inférieur», indique Gaetano Mileti, directeur adjoint du laboratoire.

Le pari est en phase d'être gagné. Reste à savoir si et quand ces horloges voleront et permettront de déterminer notre position. »