

Contexte

Le Laboratoire Temps-Espace (LTE, UMR CNRS 8630) de l'Observatoire de Paris – PSL conduit des recherches de pointe en métrologie du temps et des fréquences, ainsi que dans les applications associées notamment en géodésie chronométrique, un domaine au cœur des avancées scientifiques et technologiques liées à la mesure du temps, à la navigation et à la physique fondamentale.

Dans le cadre de ses activités de recherche et d'instrumentation, le LTE développe et exploite des systèmes de référence optiques ultra-stables permettant la comparaison, la dissémination et la mesure de fréquences optiques avec une précision extrême. Le LTE est l'un des acteurs centraux de l'infrastructure nationale T-REFIMEVE (Réseau National de Transfert de Fréquences Optiques Ultra-stables), qui relie aujourd'hui plus d'une vingtaine de laboratoires français à une référence optique produite au LTE et distribuée par fibre. Cette infrastructure positionne la France parmi les tout premiers pays au monde capables de comparer des horloges optiques distantes avec une stabilité et une exactitude sans équivalent.

Dans ce cadre, le LTE développe des horloges optiques transportables, des systèmes de référence ultra-stables capables de mesurer le potentiel terrestre par des méthodes dites de géodésie chronométrique. Ces instruments ouvrent de nouvelles perspectives pour la métrologie fondamentale, la physique quantique, la géophysique et les sciences de la Terre. Afin de soutenir le développement d'horloges optiques transportables, et de tester les capacités d'interfaçage entre REFIMEVE et différentes utilisations, le LTE souhaite acquérir un peigne de fréquences optiques transportable. Véritable pont entre les domaines optiques et micro-onde, le peigne permettra d'assurer la mesure, l'évaluation, la comparaison de signaux optiques ultra-stables, dans des environnements variés, y compris lors de campagnes de mesures hors site, notamment :

- La caractérisation des horloges optiques transportables développées au LTE ;
- La réalisation de mesures absolues de fréquence sur le terrain lors de campagnes de géodésie chronométrique ;
- L'étalonnage de la connexion à REFIMEVE par d'autres laboratoires utilisateurs

Cet instrument est l'outil pivot reliant horloges, références optiques et comparateurs de fréquence, et permettra au LTE d'assurer son rôle national dans les réseaux métrologiques européens (notamment EURAMET). L'équipement sera notamment utilisé en synergie avec l'horloge optique transportable à l'ytterbium (Yb) en cours de développement au LTE. L'ensemble permettra la réalisation d'expériences avancées de métrologie temps-fréquence et de géodésie chronométrique, incluant des campagnes de mesure sur des sites géodésiques d'intérêt (marégraphes de Marseille, Brest, Dunkerque, et autres sites en Europe).

Enjeux et bénéfices attendus

L'installation de ce peigne de fréquences répond à plusieurs enjeux majeurs :

- Le système permettra la mesure précise de décalages gravitationnels entre horloges situées à différentes altitudes.
- Le peigne servira de référence commune entre plusieurs dispositifs expérimentaux et garantira leur intercomparaison métrologique avec une grande stabilité et exactitude.
- L'équipement sera mis à disposition d'équipes partenaires de REFIMEVE pour qu'ils puissent mieux évaluer leurs besoins avant d'acheter leur propre peigne de fréquence.
- Cette acquisition contribue directement à la montée en puissance de la géodésie chronométrique française, soutenue notamment par l'IPGP, l'IGN, le SHOM et le CNRS.

Environnement stratégique

Le projet s'inscrit dans un contexte national et européen de structuration des infrastructures métrologiques optiques dans le domaine du temps et des fréquences.

En France, l'infrastructure REFIMEVE constitue une avancée majeure : elle permet la diffusion d'une porteuse optique exacte issue d'une source ultra-stable localisée à l'Observatoire de Paris.

Ce signal, distribué sur le réseau, permet à des laboratoires d'horizons variés (pas uniquement spécialisés en métrologie) de disposer d'une référence absolue pour leurs travaux en spectroscopie, télécommunications, physique quantique ou sciences de la Terre.

Au niveau européen, des infrastructures équivalentes sont en cours de déploiement ou déjà opérationnelles, notamment en Allemagne, Italie (INRIM, réseau LIFT), Pays-Bas et Royaume-Uni

L'interconnexion de ces réseaux nationaux constitue un objectif commun visant à bâtir un réseau européen de distribution de fréquences optiques ultra-stables, préfigurant un futur « *lien optique paneuropéen* » (réseau NEAT-FT) au service de la comparaison d'horloges et de la dissémination de fréquence.

Dans ce contexte, l'acquisition de ce peigne de fréquences de nouvelle génération renforcera la capacité du LTE à accompagner techniquement les laboratoires partenaires du réseau français et à mieux définir leurs besoins en métrologie optique.

L'instrument permettra au LTE d'assurer une assistance scientifique et technique de haut niveau — pour la caractérisation, la calibration et la qualification de systèmes optiques avancés — tout en consolidant la réputation du CNRS et du réseau REFIMEVE comme acteurs majeurs du lien optique européen.

Cette démarche illustre la volonté du CNRS de préserver et d'étendre son leadership technologique dans le domaine de la mesure du temps et des fréquences, un domaine stratégique à l'interface de la recherche fondamentale, de la géophysique, de la physique quantique et des applications industrielles de précision.