

**TEMICE : Technologie de Microcellule à vapeur de Cesium :  
Nouveaux types de verre faiblement perméables et tests de vieillissement**

**TEMICE: Cs vapor microcell technology: Low-permeation glass wafers and aging tests**

**Porteur(s) :** R. Boudot (FEMTO-ST)

**Partenaire(s) :** J.-M. Danet (SYRLINKS), L. Ribetto (TRONICS)

**Résumé du projet en Français :**

Le cœur des micro-horloges atomiques, technologie de microcellule à vapeur de césium, développée à FEMTO-ST et récemment transférée industriellement à TRONICS dans le cadre du projet HABAC (DGA), consiste en une microcellule verre-silicium-verre contenant une vapeur de césium diluée par une pression de gaz tampon. La stabilité de l'atmosphère interne de ces microcellules est un point crucial pour rendre possible l'atteinte des objectifs de stabilité de fréquence de l'horloge à environ  $10^{-11}$  à un jour d'intégration. Récemment, des études préliminaires ont été menées dans plusieurs laboratoires (Université de Neuchâtel, NIST, FEMTO-ST) pour évaluer le vieillissement « intrinsèque » de ces microcellules, mettant en avant des fuites par phénomènes de perméation du gaz tampon à travers le verre de la cellule. Ces variations d'atmosphère interne de cellule limitent potentiellement les performances de stabilité de fréquence moyen-long terme de l'horloge. Aussi, le NIST a reporté récemment l'utilisation de nouveaux types de verre alumino-silicatés (ASG) moins perméables, compatibles aux techniques de soudure anodique, réduisant de plusieurs ordres de grandeur ces phénomènes de perméation.

Le présent projet vise à la réalisation et la mesure de vieillissement sur une durée de 1 an environ de microcellules à vapeur de césium à gaz tampon (Ne ou He). Des microcellules à verre classique (borofloat) et à verre ASG seront développées et testées. Un banc dédié type horloge CPT, en cours de construction, sera finalisé et automatisé pour la mesure de vieillissement, dérive intrinsèque d'une dizaine de microcellules, sur une durée d'environ 1 an à 80°C. Ces caractérisations long-terme sont primordiales pour mieux connaître, renforcer notre technologie de microcellule et s'assurer pleinement de sa viabilité pour des applications micro-horloge atomique. Ces tests constitueront à notre connaissance le premier test de ce type sur un nombre non négligeable de microcellules, améliorant ainsi la fiabilité statistique des résultats. Ces tests nous permettront de valider la réalisation de cellules avec verre ASG et savoir si l'utilisation de ce type de verre est absolument nécessaire.

**Abstract in English:**

The heart of miniature atomic clocks, a Cs vapor microcell technology, developed in FEMTO-ST and recently transfer to TRONICS in the frame of HABAC project (funding DGA), consists of a glass-silicon-glass microfabricated cell filled with Cs vapor and a pressure of buffer gas. The stability of the microcell internal atmosphere is a crucial keypoint to ensure the development of a miniature atomic clock with a fractional frequency stability below  $10^{-11}$  at 1 day integration. Recently, preliminar studies were led in different laboratories (UNINE, FEMTO-ST, NIST) to evaluate the intrinsic aging of vapor microcells, pointing out the existence of slow leakages through buffer gas permeation through the glass cell windows. Additionally, NIST has recently reported on the use of a new alumino-silicate-glass (ASG), compatible with anodic bonding techniques and allowing to reduce dramatically this permeation rate by several orders of magnitude.

This project aims to the fabrication and long-term aging measurement of buffer-gas filled Cs vapor microcells. Standard borofloat-glass microcells and ASG-glass-based microcells will be developed and tested. A dedicated experimental setup (CPT clock), in progress, will be finalized and fully automated. This will allow the aging measurement of about ten microcells on a 1-year period at 80°C. These long-term characterizations are fundamental to reinforce our microcell technology and to demonstrate its full compatibility to be used in high-performance miniature atomic clocks. These tests will help us to know if the use of ASG-glass is primordial to respect typical longterm stability specifications of a micro-atomic-clock.