

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

**Partenaire(s) :** JM. Danet (SYRLINKS), L. Ribetto (TRONICS)

### Résumé du projet en Français :

Les horloges atomiques à cellule basées sur le phénomène de piégeage cohérent de population (CPT) peuvent être limitées pour des temps d'intégration supérieurs à 100 s par des phénomènes de déplacement lumineux.

Dans le cadre du projet TACTIC (FIRST-TF 2018), nous avons démontré à FEMTO-ST sur une horloge CPT de haute-performance, à cellule centimétrique conventionnelle, la possibilité de réduire ces effets de manière drastique par la mise en place d'un protocole d'interrogation Ramsey-CPT composite nommé Auto-Balanced Ramsey (ABR). Comparativement à la méthode Ramsey-CPT conventionnelle, cette méthode a permis de réduire la sensibilité de la fréquence d'horloge aux variations de puissance laser par un facteur 80. Cette horloge démontre désormais une stabilité relative de fréquence de  $2 \cdot 10^{-13} \tau^{-1/2}$ , atteignant une performance record de  $2.5 \cdot 10^{-15}$  à  $10^4$  s (amélioration d'un facteur 50). La contribution des effets de puissance laser a été réduite pour cette horloge dans la gamme de quelques  $10^{-16}$  à  $10^4$  s.

Les micro-horloges atomiques CPT, trouvant en leur coeur une cellule de dimensions millimétriques, opèrent à ce jour en régime CPT continu et sont aussi potentiellement limitées au-delà de 100 s par les effets de déplacement lumineux.

Le projet SUPREM, associant les partenaires FEMTO-ST, Tronics, Syrlinks (déjà actuellement associés dans le cadre d'un projet DGA PEA EDAM visant au développement d'une micro-horloge atomique industrielle française à l'horizon 2020), propose l'implémentation d'une méthode d'interrogation pulsée Ramsey-CPT puis ABR-CPT sur une horloge CPT à microcellule. L'objectif est ainsi d'étudier le potentiel d'une approche micro-horloge CPT pulsée, avec mise en oeuvre du protocole ABR-CPT. En cas de succès, cette méthode pourrait être implémentée dans l'avenir sur un démonstrateur de micro-horloge industrielle intégrée (Tronics/Syrlinks).

### Abstract in English:

Vapor cell atomic clocks based on coherent population trapping (CPT) can be limited by light-shift effects for integration times higher than 100 s.

In the frame of the TACTIC project (FIRST-TF 2018), we have demonstrated on a high-performance CPT based Cs cell atomic clock the possibility to reduce drastically these effects through the application of a composite Ramsey-based interrogation protocol named Auto-Balanced Ramsey (ABR). This method has reduced the sensitivity of the clock frequency to laser power variations by a factor 80, in comparison with the standard Ramsey-CPT method. This clock demonstrates now an Allan deviation of  $2 \cdot 10^{-13} \tau^{-1/2}$ , reaching the record value of  $2.5 \cdot 10^{-15}$  at  $10^4$  s (improvement by a factor 50). The power-light-shift contribution has been rejected for this clock in the range of a few  $10^{-16}$  at  $10^4$  s.

CPT-based miniaturized atomic clocks, based on a mm-scale Cs vapor cell, operate usually in the continuous regime and can be also limited by light-shift effects for integration times higher than 100 s.

The SUPREM project, combining the expertise of FEMTO-ST, Tronics and Syrlinks partners (already partners in the frame of a DGA PEA EDAM project targeting the development of an industrial chip-scale atomic clock at horizon 2020), proposes the implementation of a pulsed Ramsey-CPT and then ABR-CPT interrogation protocol onto a microcell-based atomic clock. The goal is to study the potential of this ABR-CPT approach to a miniature atomic clock. In case of success, this method could be later applied in a fully miniaturized industrial CPT clock prototype (Tronics/Syrlinks).