



Vesoul Besançon Belfort  
Lons-le-Saunier Montbéliard

UNIVERSITÉ  
DE FRANCHE-COMTÉ

*Université de Franche Comté*

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR,  
DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION**

**UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTE  
1, RUE CLAUDE GOUDIMEL  
25 030 BESANCON CEDEX**

**☎ : 03.81.66.50.79**  
service.marches@univ-fcomte.fr

**CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES**

**MARCHE PUBLIC DE SERVICE**

**PROCEDURE ADAPTEE**

**OPERATIONS DE MAINTENANCE  
ET DE MISE A NIVEAU D'ÉTALONS DE FREQUENCE**

*Marché n°*

Le présent marché est passé selon la procédure adaptée, prévue par les articles 27 et 34 du décret 2016-360 du 25 mars 2016 relatif aux marchés publics.

**Date limite de réception des offres : Jeudi 5 avril 2018 à 12h00 (heure de Paris)**

*Tous les documents doivent être retournés non modifiés, datés, paraphés et signés*

## 1- Introduction

L'Institut FEMTO-ST termine la construction d'Oscillator IMP, une plateforme métrologique dédiée à la caractérisation de la stabilité de fréquence à court terme. Cette plateforme dispose de plusieurs sources de fréquence RF et micro-ondes telles que les maser H actifs et les oscillateurs cryogénique saphir, qui génèrent des fréquences étalon dont la stabilité peut atteindre  $3 \times 10^{-16}$ .

La plateforme est également engagée dans de nombreux contrats pour fournir de l'instrumentation et des services.

Ce marché concerne des interventions sur les oscillateurs saphir cryogéniques de cette plateforme.

Les oscillateurs cryogéniques ne sont normalement disponibles que dans certains laboratoires de recherche les plus compétitifs au niveau mondial ou dans des entreprises de niveau similaire, typiquement dans les domaines espace/nucléaire/militaire.

## 2- Objet de la prestation

La prestation relative au présent appel d'offres concerne la mise en place des opérations de maintenance ordinaire et extraordinaire des oscillateurs ultrastables développés dans le cadre du projet Oscillator IMP.

L'oscillateur complet est constitué de la boucle d'oscillation, synthétiseur de fréquence dédié, asservissement Pound dé

dié, cryogénérateur et environnement cryogénique, pompes à vide, unité de régulation de température, monitoring du vide, monitoring générale.

- **Important : L'ensemble des pièces et consommables sera fourni par nos soins. Seules les compétences et la main d'œuvre sont demandés.**

De façon plus précise, l'objet de la prestation concerne :

1. La révision des cryostats et le remplacement de certaines parties critiques (têtes, valves, etc...)
2. Le remplacement des parties mécaniques et micro-ondes et modifications mécaniques et électriques de certaines pièces pour les adapter aux nouveaux résonateurs.
3. A l'issue des opérations de maintenance extraordinaire, paramétrer le code informatique qui assure les régulations et le monitoring (fluctuations de fréquence et paramètres environnementaux) et vérifier les performances globales.
4. Assurer le monitoring et la maintenance ordinaire pendant les opérations de maintenance extraordinaire et vérifier ensuite les résultats.
5. Fourniture de la documentation en langue française ou anglaise.

Il est impératif que les trois oscillateurs cryogéniques puissent fonctionner en continu pour donner la référence de temps à la plateforme, et seulement un à la fois peut être arrêté.

Nous estimons que sept à huit semaines à temps complet seront nécessaires pour la maintenance de chaque cryostat comprenant le remplacement de parties mécaniques et micro-ondes.

Il faut rappeler que, après un arrêt, un oscillateur nécessite plusieurs jours d'opération continue pour atteindre la stabilité ciblée. Une grande flexibilité est ainsi indispensable pour bien gérer le timing et alterner maintenance extraordinaire, monitoring et vérifications de performances atteintes.

La ou les personnes mises à disposition par l'entreprise retenue devront impérativement justifier une expérience conséquente dans le domaine de la cryogénie (pulse tubes faible vibration à 4 K ; nous disposons du matériel des marques Cryomech, Oxford, Absolut System, My Cryo Firm), du vide, des oscillateurs micro-ondes ultra stables et de la métrologie de la stabilité de fréquence et du bruit de phase.

La connaissance des problématiques de base des échelles de temps est également nécessaire à un niveau moins élevé. La/les personnes devront avoir de bonnes capacités en ingénierie, en électronique numérique et en informatique, ces dernières notamment pour le paramétrage (C, Python, HDL et Verilog, environnement Windows et Linux) et savoir modifier/retoucher des pièces mécaniques pour le vide.

Les opérations demandées devront être réalisées sur une durée de 6 mois, correspondant à la mise en place opérationnelle complète des équipements. Ces opérations seront effectuées en étroite collaboration avec le personnel du département Temps Fréquence de l'Institut FEMTO-ST, sous la supervision directe d'un chercheur confirmé.

Un accord de confidentialité fourni par le référent technique à la suite de la notification devra être co-signé par le responsable de l'entreprise et par toute personne physique admise dans les laboratoires.

L'entreprise s'engage à accepter le planning qui lui sera imposé. L'exécution du marché devra démarrer à la suite de la notification reçue par le candidat.

Une expérience de première main en métrologie au niveau mentionné dans ce document est exigée. Un justificatif de l'expérience de l'entreprise et de la/les personne(s) mise(s) à disposition sera impérativement joint à l'offre.

Les personnes n'ayant pas les requis demandés ne seront pas admises dans le laboratoire.

### 3 – Références

Le tableau suivant donne quelques exemples de stabilité de l'oscillateur à la sortie de 100 MHz (déviations de Allan) que nous avons au département Temps Fréquence.

$\tau, s$	FEMTO-ST Cryogenic Sapphire Oscillators			T 4 Science iMaser 3000
	Marmotte	Absolut	Uliss	
1	$3.8 \times 10^{-15}$	$2.1 \times 10^{-15}$	$1.5 \times 10^{-15}$	$7 \times 10^{-14}$
10	$8.5 \times 10^{-16}$	$5.5 \times 10^{-16}$	$7.3 \times 10^{-16}$	$1 \times 10^{-14}$
$10^2$	$3 \times 10^{-16}$	$3.2 \times 10^{-16}$	$4.8 \times 10^{-16}$	$3 \times 10^{-15}$
$10^3$	$2.8 \times 10^{-16}$	$6 \times 10^{-16}$	$4.6 \times 10^{-16}$	$8 \times 10^{-16}$
$10^4$	$3.8 \times 10^{-16}$	$7 \times 10^{-16}$	$3.8 \times 10^{-16}$	$3 \times 10^{-16}$

Des publications au sujet des oscillateurs cryogéniques à saphir et de la mesure de stabilité de fréquence sont disponibles dans les journaux et conférences suivantes : IEEE Transactions UFFC, IEEE Transactions MTT, Review of Scientific Instruments, Metrologia, European Frequency and Time Forum, International Frequency Control Symposium.

**Date, cachet et signature du candidat :**