



Centre national de la recherche scientifique

Délégation Côte d'Azur

Cahier des Clauses Techniques Particulières

**ACQUISITION D'UNE HORLOGE ATOMIQUE DE TYPE MASER A
HYDROGENE ACTIF**

PLACE n°2025-19

**GEOAZUR
UMR7329**

Préambule

Ce marché s'inscrit dans le cadre des activités de Géodésie Spatiale, télémétrie laser, télécoms quantiques du laboratoire Géoazur et de l'Observatoire de la Côte d'Azur sur le site instrumenté du plateau de Calern.

Le matériel à acquérir dans ce cadre a pour objectif de permettre de nouvelles opportunités de découvertes scientifiques (Géodésie et géophysique ; métrologie, détermination d'orbite précise, transfert de temps et de fréquences ; physique quantique et relativité ; astronomie et astrodynamique, sélénophysique) mais aussi d'être un moyen pour la démonstration de technologies hautement innovantes comme les télécoms quantiques et la nouvelle génération de stations optiques sol et de liens optiques vers l'espace (PEPR Communications Quantiques)

1. Contexte et destination du besoin

Le contexte scientifique dans lequel s'inscrit le marché est le suivant :

Cet équipement s'inscrit d'abord dans le cadre du projet de transfert de temps spatial ACES-ELT [2025-2027], financé par le CNES et l'INSU. Il sera utilisé pour réaliser la base de temps atomique ultra-stable de la station laser MéO sur le site de l'Observatoire de Calern et répondra aux besoins en matière de stabilité temporelle pour les expériences de transfert de temps par laser avec l'instrument ACES-ELT.

En parallèle, cet équipement soutiendra les ambitions scientifiques des projets de l'équipe scientifique GéoSIM du laboratoire Géoazur. Cette dernière est engagée dans l'amélioration métrologique des types de liens lasers vers l'espace afin de répondre aux exigences du Global Geodetic Observing Systems (GGOS) de l'International Association of Geodesy (IAG) qui vise à la réalisation d'un système de référence terrestre avec une **exactitude de 1mm** et une **stabilité long terme de 0.1mm/an, via la combinaison d'observations issues des quatre grandes techniques de géodésie spatiale (GNSS, SLR, DORIS, VLBI), réalisées dans une échelle de temps commune.**

Ces objectifs scientifiques exigent un besoin de stabilité temporelle de la base de temps de l'observatoire à un niveau inférieur $8e-14$ @ 1s de temps d'intégration et de l'ordre de $1e-15$ @ 10000s.

2. Objet du marché

Le présent marché a pour objet l'acquisition d'une horloge atomique de type Maser à hydrogène actif destinée à réaliser la base de temps ultra-stable de la station laser MéO (Laboratoire Géoazur) situé sur le plateau de l'Observatoire de Calern de l'OCA. Il a pour but de répondre aux expériences de transfert de temps de la mission spatiale ACES-ELT avant la fin de la mission en 2027.

Le marché comprend *à minima* les prestations suivantes :

- Fabrication et caractérisation des performances chez le fournisseur
- Livraison
- Installation et mise en service
- Formations à l'utilisation du matériel
- Garantie/service après-vente
- Livrables attendus aux articles 5 et 7 du présent CCTP

3. Caractéristiques techniques minimale

Les caractéristiques techniques minimales attendues sont les suivantes :

Exactitude de fréquence : $\leq 5 \times 10^{-13}$

Stabilité en Fréquence :

DéviatiOn d'Allan (à 1 Hz de bande passante) :

Temps d'intégration à	DéviatiOn d'Allan max
1 seconde	$\leq 1 \times 10^{-13}$
10 secondes	$\leq 3 \times 10^{-14}$
100 secondes	$\leq 1 \times 10^{-14}$
1000 secondes	$\leq 3 \times 10^{-15}$
10000 secondes	$\leq 2.5 \times 10^{-15}$
1 jour	$\leq 1.5 \times 10^{-15}$

Bruit de phase :

Bruit de phase à	Sortie 5 MHz	Sortie 10 MHz	Sortie 100 MHz
1 Hz	< -130 dBc/Hz	< -120 dBc/Hz	< -100 dBc/Hz
10 Hz	< -140 dBc/Hz	< -130 dBc/Hz	< -110 dBc/Hz
100 Hz	< -150 dBc/Hz	< -140 dBc/Hz	< -120 dBc/Hz
1kHz	< -155 dBc/Hz	< -150 dBc/Hz	< -140 dBc/Hz
10 kHz	< -155 dBc/Hz	< -150 dBc/Hz	< -150 dBc/Hz
100 kHz	< -155 dBc/Hz	< -150 dBc/Hz	< -150 dBc/Hz

Sensibilité à l'environnement :

	Performance
Sensibilité en température (/°C)	$< 1 \cdot 10^{-15}$
Sensibilité des phases des signaux de sortie en température (ps/°C)	<2
Sensibilité magnétique (/G)	$< 1 \cdot 10^{-14}$
Sensibilité aux vibrations	$< 5 \cdot 10^{-10}$
Sensibilité aux bruits de tension d'alimentation (V)	$< 1 \cdot 10^{-15}$

Signaux de sortie en fréquence :

Type :	Quantité	Niveau (50 Ohms)	Isolation	Pureté spectrale
5 MHz	2	+13 dBm	85 dBm min	-45 dBc
10 MHz	2 ou 4	+13 dBm	85 dBm min	-45 dBc
100 MHz	1	+13 dBm	85 dBm min	-45 dBc
PPS	2 ou 4	>2.3V	85 dBm min	-45 dBc

Signaux de sortie temporel :

Type :	Quantité	durée	Durée du transitoire	jitter
PPS	2 ou 4	100µs	<3ns	<50ps

Entrée de synchronisation temporelle : 1 PPS

Alimentation :

AC	220 V /50-60Hz
DC	24V – 3A
Batterie de secours	24V - pour 24h d'autonomie

Caractéristiques :

- Dimensions maximales hors tout : largeur x profondeur x hauteur : 75x80x100 cm
- Connexion à distance Ethernet pour contrôle
- Poids : < 150kg
- Durée de vie > 20 ans
- Garantie : 5 ans
- Service après-vente : dépannage sur place.
- **Délai d'approvisionnement et de livraison maximal entre commande et réception de : 12 mois.**

4. Formation

Une formation utilisateur est prévue au présent marché, les conditions minimales sont les suivantes :

- sur place, une fois le matériel installé, pour 3 personnes.

5. Essais ou démonstrations

Avant réception, un rapport de tests des performances du maser à hydrogène sera à transmettre et comprendra à minima les caractérisations suivantes :

- Déviation d'Allan de de l'horloge sur les temps d'intégration compris entre 10^{-3} à 10^5 secondes mesurée par la méthode du tricolore avec des horloges similaires.
- Densité spectrale de bruit de phase sur les sorties 5,10 et 100MHz
- Une caractérisation complète du signal de sortie PPS (Amplitude, largeur, front montant et descendant, jitter temporel)

6. Lieu d'exécution

Adresse pour la livraison et la formation :

OCA - GEOAZUR UMR 7329 CNRS

Observatoire de Calern

2130 route de l'Observatoire

06460 CAUSSOLS, France

7. Constatation d'exécution du marché

- Conditions d'admission :
 - Livraison avant 15 décembre 2026 idéalement
 - Livraison pendant les jours ouvrés (lundi au vendredi) avant 14h
 - Livraison au pied du bâtiment MéO-Jean Kovalesky
 - Etat irréprochable de la palette de livraison
- Délai de vérification après livraison :
 - 3 mois
- Rédaction d'un procès-verbal d'admission par le CNRS

8. Documents à fournir par le titulaire

Lors de la livraison, le titulaire devra remettre les documents suivants :

- Manuels utilisateurs
- Certificats de conformité
- Rapport de test ou d'étalonnage

Fin du document