



Marché de fournitures courantes et services (FCS)

**LOT2 - CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES
(C.C.T.P.)**

Objet : Fourniture d'un peigne de fréquence avec sorties adaptées au visible et à l'IR pour le compte de l'UMR7162

Contenu

Article 1 – Objet et forme du marché public.....	3
1.1 Objet du marché.....	3
1.2 Forme du marché	3
Article 2 – Cadre de Réponse Technique (CRT) et documents d’offre attendus.....	3
Article 3 – Clauses Techniques Particulières	3
3.1 Contexte d’utilisation	3
3.1.1 Contexte de recherches et Domaine d’application.....	3
3.1.2 Destination de l’instrument.....	3
3.1.2 Contraintes particulières du laboratoire	4
3.2 Caractéristiques techniques et fonctionnelles de l’instrument de base.....	4
3.2.1 État du matériel.....	4
3.3 Logiciels intégrés	8
3.4 Exigences en matière de performance du système	9
3.5 variantes	9
3.6 Exigences relatives aux prestations associées.....	10

Article 1 – Objet et forme du marché public

1.1 Objet du marché

Le présent marché a pour objet la Fourniture d'un **peigne de fréquence avec sorties adaptées au visible et à l'IR**.

1.2 Forme du marché

Le présent marché est un marché ordinaire de fournitures non alloti.

Article 2 – Cadre de Réponse Technique (CRT) et documents d'offre attendus

Le soumissionnaire est tenu de communiquer dans son offre technique :

- **Des fiches et manuels techniques des différents matériels et logiciels composant l'instrument**
- La durée de disponibilité des pièces détachées ;
- La date connue ou probable d'arrêt de fabrication du modèle d'instrument proposé ;
- Le coût des pièces détachées et des interventions en cas de panne hors période de garantie ou hors contrat de maintenance ;
- La qualité de son service après-vente (délai d'intervention, expertise du personnel, support technique, provenance des pièces détachées, conditions de mise à jour des logiciels, ... ;
- La liste des composants répondant à la définition de consommables.

Article 3 – Clauses Techniques Particulières

3.1 Contexte d'utilisation

3.1.1 Contexte de recherches et Domaine d'application

Les recherches du MPQ et en particulier celles de l'équipe QITE (Quantum Information Technologies) se concentrent sur la manipulation et le piégeage d'ions utilisés comme supports pour l'information quantique et les mesures de précision.

Dans ce contexte nous avons besoin d'un peigne de fréquence pour transférer les performances de stabilité et d'exactitude du signal REFIMEVE, issu des horloges du LTE, vers nos différents lasers utilisés pour la manipulation des ions atomiques. Nous pourrions ainsi sonder des systèmes atomiques ou moléculaires par des techniques nécessitant une cohérence de phase entre les différentes sources.

3.1.2 Destination de l'instrument

Peigne destiné à l'asservissement de lasers pour la spectroscopie de précision et les technologies quantiques.
Peigne asservi sur le signal optique REFIMEVE.

Asservir des lasers visibles et proche infrarouge dédiés au piégeage et à la manipulation quantique d'ions.

- i) sortie à 1000-1100 nm pour asservir des lasers à 1003, 1033, 1051 et 1092 nm.
- ii) sorties dans le visible (407-423 nm) pour asservir des lasers à 407 et 422 nm.
- iii) sorties dans le visible (674 nm) pour asservir un laser à 674 nm.
- iv) sortie dans l'infrarouge à 1550 nm pour asservir un laser à 1550 nm.

3.1.2 Contraintes particulières du laboratoire

Peigne mutualisé entre plusieurs expériences : nous souhaitons que des extensions supplémentaires puissent être ajoutées ultérieurement.

La fréquence de répétition doit être au moins de 200 MHz afin de pouvoir identifier quelle est la dent du peigne la plus proche d'un laser de fréquence inconnue avec un lambdamètre commercial (incertitude de 30 MHz au mieux dans le visible et proche infrarouge). Elle doit être inférieure à 300 MHz afin de limiter les fréquences de battements à 150 MHz et ainsi utiliser nos équipements standard.

3.2 Caractéristiques techniques et fonctionnelles de l'instrument de base

3.2.1 État du matériel

Matériel neuf.

3.2.2 Instrument principal, caractéristiques techniques

Il est attendu des fournisseurs qu'ils fournissent de la documentation ou un rapport de test pour les livrables et caractéristiques décrits ci-dessous.

a. Spécifications du peigne de fréquence

#		Indispensable (I) ou Facultatif (F)	Caractéristiques et livrables	
			Livrables de base	Caractéristiques favorisées
a.1	Spectre			
	Longueur d'onde centrale	I	1560 nm	1560 nm
	Largeur spectrale	I	FWHM ≥ 20 nm (–3dB)	≥ 40 nm at -10 dB
a.2	Sorties			
	Nombre de sorties utilisables	I	≥ 7	8
	Connecteurs	I	FC/APC	
	Puissance optique par sortie	I	Fournir l'information	≥ 10 mW dans +/- 20 nm
a.3	Verrouillage de modes			
	Durée typique pour obtenir un verrouillage de mode (après allumage)	I	Fournir l'information	Moins de 15 minutes
	Durée typique d'un verrouillage de mode	I	Fournir l'information	Aussi longtemps que possible

a.4	Fréquence de répétition f_{rep}			
	Valeur	I	Entre 200 MHz and 300 MHz	
	Accordabilité	I	Fournir l'information	
	Liste des actuateurs manipulant f_{rep}	I	Fournir l'information	
a.5	Fréquence d'offset f_0			
	Valeur/accordabilité	I	Fournir l'information	
	Liste des actuateurs manipulant f_0	I	Fournir l'information	
	Mesure de f_0	I	Fournir l'information	
a.6	Cavité du laser et diodes de pompes			
	Méthode de réaligement de la cavité et degrés de liberté accessibles	I	Fournir l'information	
	Durée de vie des diodes de pompes	I	Fournir l'information	10 ans
	Modalité de remplacement des diodes de pompe	I	Fournir l'information	De préférence : - remplacement des diodes de pompe possible sur place (sans renvoi du peigne au constructeur) - de préférence par l'utilisateur plutôt que par un expert constructeur
a.7	Conception mécanique et thermique			
	Dimensions	I	Fournir l'information	Montage en rack
a.8	Équipements de caractérisation			
	Compteur de fréquences	I	Fournir l'information	4 canaux

b. Stabilisation du peigne de fréquence

#		Indispensable (I) ou Facultatif (F)	Caractéristiques et livrables	
			Livrables de base	Caractéristiques favorisées
b.1	Asservissement de f_{rep}			
	Bande passante de l'asservissement sur référence RF	I	Fournir l'information	30 kHz
	Bande passante de l'asservissement sur référence optique à 1542 nm	I	Fournir l'information	La + haute bande passante est préférable
b.2	Asservissement de f_0	I	Le cas échéant, fournir l'information	
b.3	Référence RF			
	Possibilité d'utiliser une référence externe.	I	Fournir l'information	Une largeur de verrouillage la + élevée possible est demandée.
	Fréquence et niveau de la référence externe	I	Fournir l'information	De préférence 10 MHz

c. Extensions spectrales

Plusieurs sorties/extensions sont envisagées pour asservir en phase des lasers dont les longueurs d'onde sont rappelées dans la colonne « sorties/extensions » du tableau suivant.

Remarques :

- Certaines sorties/extensions sont facultatives. Il est souhaitable que les fournisseurs répondent à un maximum de ces demandes facultatives.
- Les extensions optionnelles pourront être achetées dans le cadre de ce marché ou ultérieurement (si de nouveaux financements sont disponibles).
- Pour chaque sortie/extension, le fabricant doit fournir les informations suivantes :
 - la bande passante optique (FWHM)
 - si la sortie/extension est par fibre (F) ou en espace libre (FS), et dans chaque cas, le waist (FS) ou le type de fibre (F)
 - la puissance totale par sortie/extension
 - les conditions d'achat ultérieur de cette sortie/extension : le peigne doit-il être renvoyé à l'usine ou la configuration de la nouvelle sortie peut-elle être effectuée en laboratoire ; le prix est-il le même pour un achat ultérieur/indépendant

#	Sorties/Extensions		Caractéristiques et livrables
---	--------------------	--	-------------------------------

		Indispensable (I) ou Facultatif (F)	Livrables de base	Caractéristiques favorisées
c.1	Sortie du peigne autour de 1542 nm	I	Fournir l'information	$\geq 1\mu\text{W}$ par dent, sortie fibrée
c.2	Sortie du peigne autour de 1550 nm	F	Fournir l'information	$\geq 1\mu\text{W}$ par dent, sortie fibrée
c.3	Extension continuum proche infrarouge	F	Fournir l'information	Sortie large bande, 1000-1100 nm, permettant un asservissement simultané de quatre lasers (1003, 1033, 1051, 1092 nm) $\geq 100\text{ mW}$ sur 100 nm, sortie fibrée PM
c.4	Extension à 1092 nm	F	Fournir l'information	$\geq 5\text{ mW}$ dans 3 nm, sortie fibrée PM
c.5	Extension à 1033 nm	F	Fournir l'information	$\geq 5\text{ mW}$ dans 3 nm, sortie fibrée PM
c.6	Extension à 1051 nm	F	Fournir l'information	$\geq 5\text{ mW}$ dans 3 nm, sortie fibrée PM
c.7	Extension à 1003 nm	F	Fournir l'information	$\geq 5\text{ mW}$ dans 3 nm, sortie fibrée PM
c.8	Extension à 674 nm	F	Fournir l'information	$\geq 0.5\text{ mW}$ in 1 nm , sortie fibrée PM
c.9	Extension continuum visible	F	Fournir l'information	Sortie visible large bande, 406-423 nm, permettant un asservissement simultané de deux lasers (407 et 422 nm), sortie fibrée PM

c.10	Extension à 407 nm	F	Fournir l'information	≥ 0.5 mW in 1 nm , sortie fibrée PM
c.11	Extension à 422 nm	F	Fournir l'information	≥ 0.5 mW in 1 nm , sortie fibrée PM

d. Unités de détection de battement

#	Équipements	Indispensable (I) ou Facultatif (F)	Caractéristiques et livrables	
			Livrables de base	Caractéristiques favorisées
d.1	Unité de détection de battement à 1542 nm	F	Entrée fibrée	Non PM
d.2	Unité de détection de battement à 1000-1100 nm	F	Entrée fibrée	
d.3	Unité de détection de battement à 674 nm	F	Entrée fibrée	
d.4	Unité de détection de battement à 422 nm	F	Entrée fibrée	
d.5	Unité de détection de battement à 1550 nm	F	Entrée fibrée	
d.6	Unité de détection de battement à 407 nm	F	Entrée fibrée	

3.3 Logiciels intégrés

Le logiciel de contrôle du peigne de fréquence est un élément **indispensable**. Les fournisseurs doivent fournir une documentation complète sur ce logiciel.

Les caractéristiques **favorisées** sont les suivantes :

- Fonctionnement sous Linux et/ou Windows
- Interface et code en open-access pour rendre possible l'intégration dans un système de contrôle global de nos expériences (Python préféré)
- Contrôle à distance de toutes les entrées/sorties numériques du peigne
- **Maintenance du logiciel de contrôle quelle que soit la version du système d'exploitation utilisé pendant toute la durée du marché (garantie contractuelle comprise)**

3.4 Exigences en matière de performance du système

	Spécifications	Obligatoire	Performances attendues
1. Spectre			
1.1	Longueur d'onde centrale	Obligatoire	1560 nm $\pm$ 2 nm
1.2	Largeur spectrale	Obligatoire	FWHM $\geq$ 20 nm (–3dB)
2. Sorties			
2.1	Nombre de sorties utilisables	Obligatoire	$\geq$ 7
2.2	Connecteurs	Obligatoire	FC/APC
2.3	Puissance optique par sortie	Obligatoire	$\geq$ 5 mW
3. Verrouillage de modes			
3.1	Durée typique pour obtenir un verrouillage de mode (après allumage)	Obligatoire	Moins d'une heure
3.2	Durée typique d'un verrouillage de mode	Obligatoire	$\geq$ 2 jours
4. Fréquence de répétition f_{rep}			
4.1	Valeur	Obligatoire	Entre 200 MHz and 300 MHz
5. Cavity du laser et diodes de pompes			
5.1	Durée de vie des diodes de pompes	Obligatoire	$\geq$ 4 ans

3.5 variantes

3.5.1 Variantes à l'offre de base

Sans objet

3.5.2 prestations supplémentaires éventuelles (PSE) :

PSE obligatoires :

#	Extensions spectrales	Performances attendues
PSE 1	Extensions proche infrarouge entre 1000 et 1100 nm	$\geq$ 5 mW in 3 nm, sortie fibrée PM OU $\geq$ 100 mW sur 100 nm
PSE 2	Extensions visibles entre 406 et 423 nm	$\geq$ 0.5 mW in 1 nm, sortie fibrée PM
PSE 3	Extension à 674 nm	$\geq$ 0.5 mW in 1 nm, sortie fibrée PM

PSE facultatives :

PSE 4 : extension de garantie de 3 ans

PSE 5 : extension de garantie de 5 ans

3.6 Exigences relatives aux prestations associées

3.6.1 : Délai de Livraison

Le délai de livraison de l'instrument est souhaité inférieur à 4 **mois** à compter de la date de notification du marché.

3.6.2 Conformité CE

Les acquisitions de matériels hors UE sont soumises à l'obligation de [marquage CE](#) .

Le titulaire s'engage à fournir, sur demande du CNRS et à tout moment, les documents attestant de la conformité CE des équipements livrés.

3.6.3 Adresse de livraison

Laboratoire MPQ

10 Rue Alice Domon et Léonie Duquet,

75013, Paris

3.6.4. : Installation, vérification et admission des matériels :

3.6.3.1 Modalités particulières d'installation

Sans objet

3.6.3.2 Vérification et admission des matériels.

La livraison est constatée par la signature d'un bon de livraison.

Les opérations de vérifications sont réalisées conformément aux stipulations du CCAG FCS et notamment de ses articles 27 et suivants.

Conformément aux stipulations de l'article 28.2 du CCAG FCS, le délai dont dispose le Bénéficiaire pour formaliser un Procès-Verbal (PV) et notifier sa décision est de **quinze (15) jours**.

Délai dont dispose l'établissement pour notifier sa décision court à compter de :

- ☐ la livraison de l'instrument par le titulaire
- ☒ la mise en service de l'instrument par le titulaire
- ☐ la date de fin de la formation utilisateur

3.6.3.3 Support technique

Le titulaire s'engage à mettre à disposition du pouvoir adjudicateur un support technique (y compris sur les logiciels) accessible les heures et jours ouvrés. Ce support est gratuit pendant la période de garantie.

Le support téléphonique est accessible par téléphone (appel non surtaxé) et par courriel. Le Titulaire s'engage sur un délai de réponse inférieur à 3 jours et un délai de premier diagnostic inférieur à 5 jours.

Les autres engagements du Titulaire concernant le support technique figurent dans son offre.

3.6.3.4 Garantie contractuelle :

Les matériels sont garantis par le titulaire pendant **une durée de 2 ans à compter de la date de notification de d'admission des matériels.**

3.6.3.5 Délais d'intervention en cas de panne

Au titre du présent marché, le Titulaire a une obligation de résultat concernant le respect des délais d'intervention sur site en cas de panne des équipements.

Par dérogation aux stipulations de l'article 3.2.2 du CCAG FCS, ce délai s'entend en jours ouvrés à compter de la demande d'intervention. Ce délai est renseigné dans l'offre du titulaire.

La demande d'intervention par le pouvoir adjudicateur peut être effectuée par téléphone, confirmée par voie électronique.

Le Titulaire s'engage sur un délai d'intervention sur site (si nécessaire) inférieur à 3 semaines et un délai de réparation (si envoi à l'usine nécessaire) de 6 semaines.

Dans le cas du non-respect de ce délai, le Titulaire encourt une pénalité telle que décrite à l'article 14 du CCAP.