

Cahier des clauses techniques particulières

Acquisition, installation et mise en service d'une Plateforme de Caractérisation Multi-Physique : Instrumentation RF_MEMS.

Référence de la consultation : PA2025-002

1. Description de la solution	2
2. Attribution	2
3. Formation et Assistance	3
4. Garantie et service après-vente	4
5. Descriptif technique du besoin	4
6. Dispositions concernant le transport	4
7. Conditions de livraison	4
8. Opérations de vérification et d'admission définitive du matériel	5
9. Contacts techniques	5

1. Description de la solution

Acquisition d'un système de mesure RF par détection synchrone multicanal

Dans le cadre du projet RITMEA (« Recherche et Innovation en Transports et Mobilité Éco-responsables et Autonomes »), l'acquisition d'un **système de mesure RF multicanal par détection synchrone** vise à renforcer les capacités expérimentales du groupe **AIMAN-FILMS** de l'IEMN/Centrale Lille. Ce projet s'inscrit dans l'**Axe 2** du programme, dédié à l'efficacité énergétique et à la réduction des émissions.

Le groupe **AIMAN-FILMS**, fort de plus de quinze ans de collaboration avec l'**ONERA**, développe des **capteurs MEMS avancés** (thermiques, optiques et à ondes acoustiques de surface) pour la caractérisation d'écoulements et l'analyse de gaz en conditions extrêmes. Dans ce cadre, la mise en place d'un **système de mesure RF haute performance** est essentielle pour l'étude et l'optimisation des **résonateurs MEMS RF multifréquences**, utilisés pour la détection en environnements sévères (températures élevées, gaz corrosifs, milieux radiatifs).

L'équipement recherché devra offrir des capacités de **détection synchrone haute fréquence**, permettant une analyse fine des résonances MEMS, tout en assurant une **mesure à faible bruit** et une **latence réduite**.

Spécifications techniques du système de mesure RF

Le **système de mesure RF multicanal** devra inclure un **Lock-in Amplifier** respectant les critères suivants :

- **Gamme de fréquence** : du DC jusqu'à 1.5 GHz minimum
- **Nombre de voies** : 2 minimum
- **Nombre de démodulateurs** : 8 minimum
- **Taux d'échantillonnage numérique-analogique** : 6 Géc/s minimum, 14 bits minimum
- **Plancher de bruit des entrées** : Inférieur à 3.5 nV/√Hz
- **Nombre de sorties auxiliaires** : 4 minimum
- **Latence de démodulation** : Inférieure à 1 μs
- **Connexion au PC** : USB ou Ethernet

Exigences logicielles

Le système devra être compatible avec **Windows 10 et 11** et inclure une interface logicielle avec les fonctionnalités suivantes :

- **Mode Lock-in Amplifier**
- **Oscilloscope intégré**
- **Analyseur de spectre**
- **Fonction Sweeper**

Options requises

- **Contrôleurs PID** : minimum 2
- **Extension de garantie**

Ce système, actuellement **non disponible sur le site lillois**, constituera un outil stratégique pour les recherches menées dans le cadre du projet RITMEA, renforçant ainsi les capacités de mesure des dispositifs MEMS innovants développés au sein d'**AIMAN-FILMS/IEMN/Centrale Lille**.

2. Attribution

Les **critères d'attribution** ainsi que leurs **sous-critères d'appréciation**, et leur pondération permettant d'identifier l'offre la plus avantageuse, sont détaillés dans le **Règlement de Consultation (RC)**.

L'évaluation portera notamment sur la **capacité du système à réaliser des mesures synchrones précises sur plusieurs canaux indépendants**. Chaque canal devra être **autonome** et permettre :

- Une **référence de verrouillage configurable**,

- Une **plage de fréquences ajustable**,
- Une **réduction efficace du bruit**,
- Une **interface logicielle compatible avec Python/Matlab** pour le contrôle et l'exploitation des données.

Le fournisseur pourra proposer **plusieurs variantes**. Cependant :

- Des **options complémentaires** pourront être proposées pour étendre les fonctionnalités du système. Dans ce cas, le prix des options devra être maintenu pour une durée de **six mois** à compter de l'attribution du marché.

L'objectif est d'encourager les fournisseurs à proposer un **système évolutif**, dont certaines fonctionnalités pourront être **ajoutées ultérieurement à coût maîtrisé**. Le **caractère évolutif** du système fera l'objet d'un **critère de notation** détaillé dans le **RC**.

L'**offre de base** (hors options) devra inclure :

- le **transport**,
- l'**installation**,
- la **formation des utilisateurs**,
- le **support et service après-vente standard**,
- la **garantie standard**.

Des options pour une **extension du support et de la garantie** pourront être proposées.

L'**évaluation globale** de la qualité de la solution proposée se basera sur l'adéquation entre :

La **documentation technique** fournie, détaillant les performances du système, les conditions de mise en service et d'entretien.

Les **besoins et exigences** exprimés par **Centrale Lille** dans le présent **CCTP**.

3. Livraison, Installation et Tests d'Acceptation

Le **système de Lock-in multicanal** sera livré à **Centrale Lille Institut** (Bâtiment C ou F, Avenue Paul Langevin, 59651 Villeneuve d'Ascq, France).

- **Délai de livraison** : **8 semaines** après commande.
- **Installation** : effectuée par un ingénieur du fournisseur dans les **30 jours suivant la livraison**, incluant la **mise en service et la formation**.

Le système, pesant **moins de 8 kg**, ne nécessite qu'un **ordinateur** et une **paillasse** pour fonctionner, **sans contrainte liée au monte-charge**.

L'installation sera validée par des **tests de qualification** sur des **résonateurs MEMS** développés par le groupe **AIMAN-FILMS**. Le candidat devra fournir un **protocole détaillé** pour la validation du système dans son dossier technique.

3. Formation et Assistance

Une formation à l'utilisation de la plateforme sera dispensée **sur site**, après la mise en service, pour **deux à quatre personnes**.

- **Langues** : Français ou anglais.
- **Contenu** :
 - Utilisation de l'équipement et de son **interface logicielle**.
 - Consignes de **sécurité**.

À l'issue de la formation, chaque participant devra être capable de :

- **Utiliser le matériel en autonomie** : démarrage, création/importation d'un **protocole de test**, acquisition et traitement des données.

Aucune maintenance régulière n'est requise pour cet équipement. Toutefois, une **assistance en ligne** devra être disponible en cas de besoin pour résoudre d'éventuels problèmes techniques ou d'utilisation.

4. Garantie et service après-vente

La garantie et le support seront détaillés dans l'offre.

5. Descriptif technique du besoin

1. Objectif du Système

L'équipement recherché est un **système de mesure RF multicanal** intégrant un **Lock-in Amplifier** haute fréquence. Il devra permettre une **analyse précise des résonances MEMS**, avec une **faible latence** et un **bruit minimal**, tout en offrant une **flexibilité d'utilisation** et une **intégration logicielle avancée**.

Ce système est essentiel pour les recherches menées dans le cadre du **projet RITMEA** et renforcera les capacités de mesure des dispositifs **MEMS innovants** développés au sein du groupe **AIMAN-FILMS** (IEMN/Centrale Lille).

2. Spécifications Techniques

2.1. Caractéristiques du Lock-in Amplifier

Le système devra répondre aux exigences suivantes :

- **Gamme de fréquence : DC – 1.5 GHz minimum**
- **Nombre de voies : 2 minimum**
- **Nombre de démodulateurs : 8 minimum**
- **Taux d'échantillonnage numérique-analogique : ≥ 6 Géc/s, résolution ≥ 14 bits**
- **Plancher de bruit des entrées : < 3.5 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$**
- **Nombre de sorties auxiliaires : 4 minimum**
- **Latence de démodulation : < 1 μs**
- **Connexion au PC : USB ou Ethernet**

3. Exigences Logicielles

Le système devra être **compatible avec Windows 10 et 11** et inclure une **interface logicielle** avec les fonctionnalités suivantes :

- **Mode Lock-in Amplifier**
- **Oscilloscope intégré**
- **Analyseur de spectre**
- **Fonction Sweeper**

4. Options Requises

- **Contrôleurs PID : minimum 2**
- **Extension de garantie**

6. Dispositions concernant le transport

Les conditions de transport et d'entreposage doivent satisfaire à la réglementation en vigueur. Le transport s'effectue sous la responsabilité du titulaire.

La qualité des emballages sera telle que les articles, jusqu'au moment de leur livraison et / ou installation, seront intégralement protégés des coups, chocs et empoussièrement notamment.

Les produits devront être transportés dans des véhicules équipés de manière à éviter toute altération de la marchandise devant être livrée.

7. Conditions de livraison

Les livraisons seront réalisées directement sur le site. Préalablement à la livraison, l'installateur s'assurera que son matériel est complet et qu'il est en état de fonctionnement. Il devra également s'assurer, pour le choix des camions de livraison, des conditions d'accès au lieu de déchargement (à noter que l'établissement ne dispose pas de quai de déchargement).

Les dates de livraison devront être prises en accord avec le bénéficiaire. Les appareils seront livrés prêts à raccorder conformément aux exigences et spécificités des installations françaises.

Les équipements sont montés et / ou installés dans les conditions suivantes :

- L'équipement sera livré au bâtiment C ou au bâtiment F (Ecole Centrale, Cité Scientifique de Villeneuve d'Ascq) ;
- Ne sont acceptés pour cette prestation que les membres qualifiés de la société titulaire du marché subséquent ;
- En cas de livraison du matériel par un transporteur étranger à la société titulaire, les personnes désignées ci-dessus (TALBI Abdelkrim ou MAZZAMURRO Aurélien), doivent être présentes lors du déchargement ;
- Sauf autorisation express, aucun dépôt, dans quelque lieu que ce soit, n'est accepté pour un montage et / ou installation différée ;
- Tous dispositifs, de quelque nature que ce soit, qui résulteraient d'oublis ou d'imprécisions du titulaire, et qui s'avèreraient, par la suite, nécessaires à la réalisation des installations de matériels dans les règles de l'art, ou au bon fonctionnement ultérieur des équipements, seront à la charge directe du titulaire.

Les délais de livraison et de mise en service doivent être détaillés dans la proposition du candidat.

La proposition doit inclure la mise en service de l'appareillage sur site, incluant tests du matériel et formation des utilisateurs (2 à 4 personnes).

8. Opérations de vérification et d'admission définitive du matériel

Les prestations livrées, doivent respecter les exigences des paragraphes ci-dessus du CCTP, à savoir, les phases d'acceptation de l'équipement, la procédure d'acceptation des paramètres de l'équipement en usine, et la procédure d'acceptation de l'équipement sur le site de Centrale Lille.

Par dérogation à l'article 28.2 du CCAG-FCS, le délai imparti pour la vérification et les tests du matériel est de 1 mois à compter de la livraison de l'équipement sur site. Il est destiné à vérifier que les prestations livrées présentent bien les caractéristiques définies dans le CCTP, à savoir : matériel et documentation et performances techniques.

Le titulaire avec le personnel de Centrale Lille compétent, procède à l'installation et aux tests de réception sur site du matériel. Cette phase donnera lieu à un procès-verbal d'admission établi conjointement par le Centrale Lille et le titulaire.

Le procès-verbal d'admission du matériel sera rédigé et signé à l'issue de ce délai :

- La vérification est positive : Centrale Lille procède à la mise en service opérationnel et à l'admission définitive du matériel.
- La vérification est négative : Centrale Lille procède à l'ajournement, à la refaction ou au rejet des prestations.

Le procès-verbal d'admission définitive sera établi et visé par le directeur du laboratoire ou son représentant. Il sera nécessaire pour le paiement du solde du marché.

9. Contacts techniques

Monsieur TALBI Abdelkrim

Monsieur MAZZAMURRO Aurélien