# Cahier des Clauses Techniques Particulières

## Consultation n°AOO-22-2026

**-**

## Acquisition et installation d'un équipement de profilométrie optique confocal laser à haute résolution en z

CNRS Délégation Alpes (DR11)

25, avenue des Martyrs

38054 Grenoble cedex 9

France

LTM CNRS-UGA

CEA / LETI / Minatec

17, avenue des Martyrs

38054 Grenoble cedex 9 – France

Phone: +33(0)4 38 78 95 34

Fax: +33(0)4 38 78 58 92

# SOMMAIRE


1. INTRODUCTION ..... 3

1.1 PRESENTATION DU LTM ET DU PROJET D'ACQUISITION D'UN PROFILOMETRE OPTIQUE ..... 3
1.2 CONTEXTE TECHNOLOGIQUE ..... 3
1.3 L'ENVIRONNEMENT ..... 3
*1.3.1 Locaux ..... 3*
*1.3.2 Réseau électrique ..... 3*
1.4 SECURITE ET REGLEMENTATION ..... 4
1.5 DELAI ..... 4

2. OFFRE DE BASE ATTENDUE ..... 4

2.1 FOURNITURES ATTENDUES ..... 4
*2.1.1 Spécification technique du profilomètre optique ..... 4*
*2.1.2 Configuration informatique et support documentaire ..... 5*
2.2 PRESTATIONS DE SERVICES ASSOCIEES ..... 6
*2.2.1 Transport, Livraison ..... 6*
*2.2.2 Dossier d'installation ..... 6*
*2.2.3 Formations ..... 6*
*2.2.4 Garantie ..... 6*
*2.2.5 Documents : manuel, sécurité, maintenance. ..... 7*

3. VARIANTES, PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES EVENTUELLES - OBLIGATOIRES OU FACULTATIVES ..... 7

3.1 VARIANTES ..... 7
3.2 PSE FACULTATIVE ..... 7
3.3 PSE OBLIGATOIRE ..... 7

4. LES PHASES D'EXECUTION DU MARCHE ..... 8

4.1 LES PHASES D'EXECUTION ..... 8

5. L'ADMISSION DES PRESTATIONS ..... 8

5.1 PROCEDURE D'ACCEPTATION DE L'EQUIPEMENT DE PROFILOMETRIE OPTIQUE SUR LE SITE DU LTM ..... 8

6. ANNEXE 1 : SPECIFICATIONS POUR LA LIVRAISON D'APPAREILS OU D'EQUIPEMENTS ELECTRIQUES AU CEA/GRENOBLE ..... 9

6.1 DISPOSITIONS GENERALES ..... 9
*6.1.1 Conformité aux normes et décret en vigueur ..... 9*
*6.1.2 Raccordement basse tension des appareils amovibles (rack, pupitre, petit appareillage...) ..... 9*
*6.1.3 Isolement ..... 9*
*6.1.4 Risques d'incendie ..... 9*
6.2 DISPOSITIONS PARTICULIERES ..... 9
*6.2.1 Renseignements à fournir ..... 9*
*6.2.2 Contrôle à l'issue de la réception ..... 9*

# 1. Introduction

## *1.1 Présentation du LTM et du projet d'acquisition d'un profilomètre optique*

Le laboratoire des Technologies de la Microélectronique contribue au développement de nouveaux procédés pour la microélectronique, la santé, l'énergie et l'environnement.

Ces développements portent notamment sur la recherche en nouveaux matériaux, sur les technologies associées pour transférer ces nouveaux matériaux, sur la micro et nanofabrication par lithographie ainsi que sur la métrologie associée afin d'optimiser et contrôler ces procédés de fabrication.

L'acquisition d'un **profilomètre optique confocal laser à haute résolution en z** permettra au LTM de combler un manque d'outils de métrologie optique pour permettre de faire du contrôle dimensionnel rapide et résolu sur les futurs microstructures 3D qui sont envisagées pour les composants du futur.

## *1.2 Contexte technologique*

Le projet proposé vise à renforcer le potentiel du LTM sur les technologies de métrologie optiques, en particulier dans la reconstruction de profils 3D. Aujourd'hui, le LTM dispose de microscopes optiques conventionnels ne permettant pas de reconstruction 3D, d'autant que des résolutions nanométriques dans la reconstruction de la hauteur des profils 3D sont nécessaires pour le contrôle des procédés de micro fabrications avancés. La microscopie électronique à balayage ne permet pas de reconstituer avec précision la structure d'objets 3D complexes. Quant à la microscopie à force atomique, elle présente des limites en termes de taille de champ et s'avère beaucoup plus lente qu'une mesure optique.

**Le nouvel équipement doit ainsi permettre la reconstruction 3D de profils de dimensions latérales micrométrique et de dimensions verticales sub micrométriques et micrométriques, avec une haute résolution en z (sub 20 nm à fort grossissement) ainsi que de mesurer de la nano topographie et de la rugosité sub 100nm par interférométrie sur de grands champs.**

## *1.3 L'environnement*

### *1.3.1 Locaux*

L'équipement sera installé dans l'une des salles de manipulation de la plateforme CAMELEON, située au LTM. L'accès à la salle dédiée au profilomètre optique ne requiert aucune modalité spécifique, en dehors des conditions générales d'entrée sur le site du CEA. Ces dernières imposent, pour les personnels extérieurs, une arrivée pendant les heures ouvrées en semaine (de 7 heures à 20 heures), sous réserve de la validation préalable d'un avis de rendez-vous par le CEA. La demande correspondante sera initiée par le LTM dès que le titulaire aura été désigné et que la date d'installation aura été fixée.

### *1.3.2 Réseau électrique*

Le candidat garantira que la puissance électrique nécessaire est monophasée, et est standard avec un réseau électrique domestique, pour mettre en fonctionnement l'outil.

### *1.4 Sécurité et réglementation*

L'équipement sera conforme à la réglementation française en vigueur. L'équipement doit être livré avec un certificat CE à la charge du titulaire. Il sera en particulier conforme aux normes électriques CEE/CEM et compatible avec une alimentation électrique 50Hz, monophasée 230V et conforme aux risques laser de niveau 2 (exigence minimale).

Le titulaire devra livrer un jeu complet de documentation (documentation concernant la sécurité et le manuel technique) accessible au format électronique PDF en français et en anglais.

Les personnes intervenantes lors de l'installation devront être titulaires des titres d'habilitation nécessaires à la mise en marche et la maintenance de l'équipement, notamment sur les risques laser.

### *1.5 Délai*

L'exécution du marché comprend plusieurs phases d'exécution de la notification jusqu'à l'admission des prestations. Ces dernières sont définies au Cahier des clauses administratives particulières (CCAP).

Les candidats devront préciser au sein de leur offre le délai de livraison proposée (avec un plafond à 2 mois.)

## 2. OFFRE DE BASE ATTENDUE

L'offre de base attendue comporte les éléments suivants :
- Un profilomètre optique comprenant l'intégralité des exigences minimales définies dans les spécifications techniques ;
- Les prestations de services associées ;

Pour rappel, conformément aux dispositions du règlement de la consultation, les offres alternatives à l'offre de base, appelées offres variantes au sens du code de la commande publique ne sont pas autorisées.

### *2.1 Fournitures attendues*

#### *2.1.1 Spécification technique du profilomètre optique*

Le profilomètre optique doit être composé de :

- Un **microscope confocal** fonctionnant par défocalisation en lumière blanche et en mode balayage sous illumination laser UV, avec les caractéristiques suivantes :

    - **Pour la défocalisation en lumière blanche :**
        - **Exigence minimale et valeur de performance attendue** : La répétabilité en Z doit être inférieure strictement à 30 nm avec un objectif 50X
        - **Exigence minimale et valeur de performance attendue** : La résolution d'affichage en Z doit être inférieure strictement à 1 nm

- Pour le mode balayage sous illumination laser UV :
  - **Exigence minimale et valeur de performance attendue** : La répétabilité en Z doit être inférieure à 20 nm avec un objectif 50X ;
  - **Exigence minimale et valeur de performance attendue** : La résolution d'affichage en Z doit être inférieure strictement à 1 nm ;

Pour la défocalisation en lumière blanche et pour le mode balayage sous illumination laser UV, il est attendu, **en tant qu'exigence minimale**, **la fourniture d'objectifs couvrant la gamme 5X – 50X (comprenant les objectifs suivants : 5X, 10X, 20X, 50X).**

- Un **interféromètre en lumière blanche** pour la mesure de la nanotopographie et de la rugosité de surface, avec les caractérisques suivantes :
  - **Exigence minimale et valeur de performance attendue** : La répétabilité de la topographie de surface en z doit être inférieure à 0.1 nm ;
  - **Exigence minimale et valeur de performance attendue** : La résolution d'affichage en Z doit être inférieure à 0.02 nm ;
  - **Exigence minimale :** Avec deux objectifs de grossissement (10X et 50X).

- D'une **platine motorisée** XY avec, **en exigence minimale**, un débattement de 100mm par 100mm ;

- D'une **motorisation de l'axe Z** avec, pour **exigence minimale et valeur de performance attendue** un débattement inférieur ou égal à **60 mm** ;

- D'un **revolver motorisé pour objectifs**, avec pour **exigence minimale**, **6 emplacements**.

- D'un nombre, avec pour exigence minimale, de 6 objectifs.

- **Exigence minimale - Fonctionnalités :**
  - D'une fonctionnalité de **compensation des vibrations ;**
  - De la possibilité d'assembler les images pour couvrir une surface plus grande que le champ mesuré par un objectif donné ;

- D'un **logiciel d'acquisition et de traitement d'image, dit « logiciel de contrôle »,** permettant de mesurer les dimensions en XY des objets mesurés, de mesurer la hauteur des objets en z, d'extraire les profils 3D en format impression 3D (STL, Obj etc) et de mesurer la planéité et la rugosité linéaire et surfacique (cf. Article 2.1.2 CCTP).

- D'un **logiciel d'analyse** avec une licence multiposte ;

- Des **câbles et raccordements** nécessaires à l'installation de l'équipement ;

- La **Documentation** (voir article 2.2.4 CCTP) ;

### *2.1.2 Configuration informatique et support documentaire*

Le **logiciel de contrôle** pilotera et gérera le fonctionnement de l'équipement.
Ce logiciel devra intégrer un **système de cartographie automatique grand champ à basse résolution** pour localiser les zones d'intérêt.

Le titulaire communiquera systématiquement au LTM les modifications logicielles (mises à jour, nouvelles versions, correction de bugs) et les installera gratuitement pendant la période de garantie.

## 2.2 Prestations de services associées

### 2.2.1 Transport, Livraison

**Le titulaire est responsable du transport et de la livraison de l'équipement, de l'usine du titulaire jusqu'au lieu de livraison, déchargement et positionnement final inclus**.

La fourniture de l'outillage nécessaire au transport et à la manipulation est à sa charge. Les plateaux de transport, palettes et caisses d'emballage devront être adaptés aux poids et volumes des éléments afin d'assurer un transport sécurisé et éviter par la suite tout litige lié à un mauvais conditionnement.

Le candidat est invité à prendre connaissance de l'ensemble des dispositions relatives au transport et à la livraison, détaillées au sein du CCAP.

### 2.2.2 Dossier d'installation

Le titulaire, supervisé par l'équipe technique du LTM et le responsable équipement, fera l'installation. Il est de la responsabilité du titulaire de déterminer la charge de travail afin de respecter le planning d'installation. Le titulaire amènera tout l'outillage spécifique nécessaire à l'installation ou à la mise au point de l'équipement.

L'installation, la mise en route, ainsi que les interventions ultérieures effectuées sont réalisées dans le respect des procédures définies dans le décret 92-158 du 20 février 1992 relatif aux travaux effectués dans un établissement par une entreprise extérieure.
D'autre part, les règles de sécurité propres au CEA s'appliquent aux personnels du titulaire lors de leur présence dans notre établissement.
Ces dispositions s'appliquent aussi aux sous-traitants du titulaire.

### 2.2.3 Formations

Après la mise en route de l'équipement, post installation, il y aura une formation assurée par un formateur qualifié du constructeur ou du titulaire, en français, à **3 personnels permanents** du LTM, d'une **durée minimum de 1 jour (7 heures)**, qui portera sur l'utilisation de l'équipement et la prise en main de la solution logicielle.

Cette formation sera aux frais du titulaire et devra être inclue au sein de l'offre des candidats.

### 2.2.4 Garantie

Conformément à l'article 33 du CCAG-Fournitures courantes et services, les prestations objet de la présente consultation feront l'objet d'une **garantie d'un an**. Le point de départ du délai de garantie est la date de notification de la décision d'admission définitive.

- Elle couvrira les pièces matérielles, la main d'œuvre et les frais de déplacement si une intervention sur site est couverte par la garantie. En cas de retour de l'équipement dans le cadre de la garantie au candidat, le délai de réparation doit rester inférieur à 3 mois.

- Pour les interventions mineures ne nécessitant pas de déplacement, le titulaire s'engage à assurer un service de maintenance par téléphone et/ou courrier électronique gratuit dans un délai de 48 heures (jours ouvrés) et, si besoin, l'envoi des pièces de remplacement par transporteur express.
- Les mises à jour logicielles seront également couvertes par la garantie. Le candidat fournira une liste des pièces et autres éléments consommables qui ne sont pas couverts par la garantie.

Pour plus de détails, se référer à l'article 8 du CCAP.

### *2.2.5 Documents : manuel, sécurité, maintenance.*

Le titulaire devra livrer l'équipement avec deux jeux de documentation. L'un des deux jeux sera en papier compatible salle blanche.

Un jeu de documentation comprendra :

- Une « Notice d'instructions » en Français.
- Un manuel d'utilisation en français s'il ne constitue pas une sous-partie de la notice d'instructions.
- Un manuel de maintenance (calibration, test laser etc…) et un mode opératoire détaillé sera fourni.
- Les avertissements concernant les risques potentiels, les précautions à prendre, les consignes de mise en sécurité seront complètes et claires et formulées en français

Une déclaration de conformité « CE » : La déclaration de conformité est rédigée en langue française, dactylographiée ou en caractères d'imprimerie.

Elle doit comporter :
- le nom ou la raison sociale et l'adresse complète du fabricant, et le cas échéant, ceux de l'importateur ou du responsable de la mise sur le marché,
- l'identification précise du matériel (marque, type, n°de série),
- les dispositions réglementaires applicables,
- la référence des normes harmonisées appliquées,
- la référence des normes ou spécifications techniques nationales appliquées,
- le nom et les fonctions du signataire,
- la date et le lieu de la signature.

## 3. Variantes, prestations supplémentaires éventuelles- obligatoires ou facultatives

*(Prestations supplémentaires éventuelles (PSE), au sens de la doctrine administrative)*

### *3.1 Variantes*

Les offres variantes sont interdites.

### *3.2 PSE FACULTATIVE*

Sans objet.

### *3.3 PSE OBLIGATOIRE*

Sans objet.

# 4. Les phases d'exécution du marché

## *4.1 Les phases d'exécution*

- Phase 1 : Tests d'acceptation usine (FAT : factory acceptance test) / Certificat de conformité usine en Français – ou équivalent permettant la vérification du Respect du cahier des paramètres usine
  L'équipement ne pourra être livré qu'après passage positif des tests de qualification.
- Phase 2 : Livraison ;
- Phase 3 : Installation le site du LTM ;
- Phase 4 : Mise en service et formation.

# 5. L'admission des prestations

## *5.1 Procédure d'acceptation de l'équipement de profilométrie optique sur le site du LTM*

Elle consistera notamment à passer les tests d'acception suivant :

- Mesure de la planéité d'un substrat de silicium 4 pouce ;
- Mesure d'un échantillon du LTM avec des motifs en résines (réseau de plots de dimensions et période connue par le LTM, les dimensions latérales étant supérieure à 2µm, la hauteur supérieure à 100nm et la période supérieure à 4µm) pour mesurer les dimensions latérales, les dimensions verticales et la nanotopographie de surfaces.

Pour information, un contrôle de l'équipement à l'initiative du CEA/CNRS sera réalisé par un organisme agréé. Toute anomalie signalée sera corrigée par le titulaire au titre de la garantie sans que celui-ci puisse argumenter une quelconque indemnité.
Pour plus d'information, se référer aux dispositions du Cahier des clauses administratives particulières (CCAP).

# 6. Annexe 1 : SPECIFICATIONS POUR LA LIVRAISON D'APPAREILS OU D'EQUIPEMENTS ELECTRIQUES AU CEA/GRENOBLE

## *6.1 DISPOSITIONS GENERALES*

### *6.1.1 Conformité aux normes et décret en vigueur*

L'ensemble du matériel devra satisfaire aux normes françaises et décrets en vigueur, particulièrement au décret du 14 novembre 1988 sur la protection des travailleurs (régime protection du neutre, interconnexion des masses métalliques, défaut d'isolement, protection des travailleurs contre des masses mises accidentellement sous tension, protection contre les contacts directs avec des pièces sous tension).

Le câblage basse tension sera conforme à la NFC 15.100 et décrets d'application.

### *6.1.2 Raccordement basse tension des appareils amovibles (rack, pupitre, petit appareillage...)*

L'utilisation du fil scindex est interdite.
Tous les appareils doivent être alimentés par câble comportant un conducteur de protection incorporé.
Lorsqu'il est fait usage de connecteurs, les parties nues sous-tension doivent être inaccessibles.

### *6.1.3 Isolement*

Les circuits basse tension auront un isolement supérieur à 0,5 M$\Omega$ sous 500 V continu.

### *6.1.4 Risques d'incendie*

Si le diélectrique est combustible, il est obligatoire de disposer d'une sécurité conforme aux prescriptions du décret du 14.11.88, art. 42.4.

## *6.2 DISPOSITIONS PARTICULIERES*

### *6.2.1 Renseignements à fournir*

Le constructeur précisera avant la mise en fabrication la valeur de la tension d'alimentation, la puissance maximum et si des précautions particulières doivent être prises en cas de manque de tension ou microcoupure.

### *6.2.2 Contrôle à l'issue de la réception*

Tout comme indiqué au point 5., toutes les installations ou équipements feront l'objet d'un contrôle à l'initiative du CEA/Grenoble par un organisme agréé.
Toute anomalie signalée sera corrigée par le titulaire sans que celui-ci puisse argumenter une quelconque indemnité.