ACQUISITION, INSTALLATION ET MISE EN SERVICE D'UN EQUIPEMENT NEUF DE PREPARATION DE SURFACE ET DE DELAQUAGE DE RESINE

LAAS

7, Avenue du Colonel Roche

31077 Toulouse Cedex 4

MARCHE N°26.14.024

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

N°26453 DU 31/08/2026

GLOSSAIRE

CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières.
LAAS	Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes, Unité propre de recherche CNRS 8010

Table des matières

PREAMBULE 4

Article 1 : Caractéristiques techniques des bons de commande 4

1.1 Prestation bon de commande n °1 : Equipement de préparation de surface et de délaquage de résine. 4

1.1.1 Réacteur plasma 4

1.1.2 Système de pompage : Pompe primaire sèche 4

1.1.3 Contrôle de pression 4

1.1.4 Gestion des gaz 5

1.1.5 Générateur 5

1.1.6 Réducteur de bombardement 5

1.1.7 Porte-substrat 5

1.1.8 Logiciel de pilotage et supervision 5

1.1.9 Ordinateur de contrôle 6

1.1.10 Système OES 6

Article 2: Transport et installation du matériel 7

2.2 Lieu de livraison et conditions d'accès 7

2.3 Installation de l'équipement dans la salle dédiée 7

Article 3: Opération de vérifications du bon de commande n°1 7

3.1 Phase de pré-acceptance à l'usine 8

3.2 Phase d'acceptance technique 8

3.3 Phase d'acceptance procédé 8

3.4 Formation à l'utilisation et à la maintenance 7

4 Durée et contenu de la garantie 9

5 SAV 10

PREAMBULE

Le marché a pour objet la fourniture, l'installation, la mise en service ainsi que la formation associée à un équipement de gravure plasma destiné aux opérations de préparation de surface, de nettoyage, d'activation et de délaquage de résines utilisées dans les procédés de micro- et nanofabrication réalisés au sein de la plateforme technologique du LAAS CNRS.

Le Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS-CNRS) est une unité propre du CNRS rattachée à l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS) et à l'Institut des sciences de l'information et de leurs interactions (INS2I).
Situé à Toulouse, le LAAS-CNRS est associé par convention à 5 membres fondateurs de la COMUE Université de Toulouse:
• L'Université Toulouse III Paul Sabatier (UPS)
• L'Institut national des sciences appliquées de Toulouse (INSA)
• L'Institut national polytechnique de Toulouse (INPT)
• L'Université Toulouse - Jean Jaurès (UT2J)
• L'Université Toulouse I Capitole (UT1)

Le LAAS-CNRS abrite une grande salle blanche de 1 500 m2 et fait partie du réseau Renatech, qui regroupe les cinq plateformes technologiques académiques françaises.

L'équipement demandé constitue un élément indispensable au bon déroulement des procédés technologiques développés en salle blanche. Les opérations de nettoyage, d'activation et de traitement de surface conditionnent directement la qualité, la reproductibilité ainsi que la fiabilité des étapes ultérieures de fabrication.

Article 1 : Caractéristiques techniques des bons de commande

1.1 Prestation bon de commande n °1 : Equipement de préparation de surface et de délaquage de résine.

L'équipement doit être conçu de manière à garantir une utilisation simple et sécurisée par différents utilisateurs de la plateforme.

1.1.1 Réacteur plasma

Le réacteur plasma doit être conçu à partir de matériaux compatibles avec les procédés envisagés et résistants aux gaz utilisés, notamment O_2, CF_4, N_2, Ar et H_2. Les matériaux utilisés doivent limiter les phénomènes de contamination et garantir une bonne tenue chimique dans le temps.
Le réacteur doit être équipé d'au moins un hublot d'observation permettant à l'opérateur de visualiser le plasma en toute sécurité. Ce hublot doit intégrer une protection adaptée contre les rayonnements ultraviolets ainsi que contre les émissions électromagnétiques générées par le procédé.
Le volume utile du réacteur doit être compatible avec le traitement de substrats de diamètre 4 à 8 pouces. L'équipement doit permettre, au minimum, le traitement d'un wafer 8 pouces positionné horizontalement. Il doit également être possible d'intégrer une nacelle permettant le traitement vertical de 25 substrats 4 pouces.
L'ouverture du réacteur doit être simple d'utilisation, de préférence manuelle, tout en garantissant la sécurité de l'opérateur. Le système doit notamment intégrer une séquence sécurisée de purge avant ventilation du réacteur.
Dans le cas d'une configuration de plasma direct, le fournisseur doit proposer une solution permettant de réduire le bombardement ionique subi par les substrats, par exemple au moyen d'une cage de Faraday ou de tout dispositif équivalent.

1.1.2 Système de pompage : Pompe primaire sèche

La pompe sèche doit être compatible avec les gaz utilisés dans les procédés, notamment CF_4, O_2, N_2, Ar et H_2. La pompe sera installée au rez-de-chaussée, à une distance approximative de cinq mètres du réacteur.Le système doit permettre d'atteindre un vide primaire de l'ordre de 1.10^{-2} mbar avec un temps de pompage inférieur à deux minutes. Le fournisseur doit prévoir l'ensemble des raccordements nécessaires ainsi que le dimensionnement adapté des conduites afin de garantir les performances attendues.

1.1.3 Contrôle de pression

L'équipement doit permettre la mesure et le contrôle précis de la pression dans le réacteur pendant les procédés.
La mesure de la pression de travail doit être réalisée au moyen de jauges compatibles avec les gaz utilisés dans les procédés. Une mesure du vide limite doit également être possible jusqu'à au moins 1.10^{-3} mbar.

Le contrôle de la pression pendant le procédé doit être assuré au moyen d'une vanne de fuite réglable de type laminaire ou de technologie équivalente.

1.1.4 Gestion des gaz

L'équipement doit comprendre une ligne dédiée à la ventilation et à la purge sous azote (N_2).

Le système doit également intégrer au minimum quatre lignes de gaz destinées aux procédés, compatibles avec O_2, CF_4, N_2 et Ar-H_2 (mélange Ar H_2). Le fournisseur peut proposer d'autres configurations de gaz selon les procédés développés sur l'équipement.

Les débitmètres installés doivent être compatibles avec les procédés proposés et permettre un contrôle précis des débits injectés. Le fournisseur doit préciser les plages de débit disponibles pour chaque gaz ainsi que les performances et précisions des débitmètres proposés.

Si les procédés proposés nécessitent un traitement spécifique des effluents gazeux, le fournisseur doit préciser le système de traitement des gaz recommandé et compatible avec l'équipement.

1.1.5 Générateur

L'équipement doit être équipé soit d'un générateur micro-ondes fonctionnant à une fréquence de 2,45 GHz, soit d'un générateur RF fonctionnant à 13,56 MHz (avec la boîte d'accord).

Les puissances disponibles doivent être compatibles avec les besoins des procédés envisagés.

1.1.6 Réducteur de bombardement

Dans le cas d'une configuration de plasma direct, le fournisseur doit proposer une solution permettant de réduire le bombardement ionique subi par les substrats, par exemple au moyen d'une cage de Faraday ou de tout dispositif équivalent. Le fournisseur doit préciser sa géométrie avec les dimensions et son positionnement dans le réacteur à l'aide de schémas et de photos.Le fournisseur doit proposer également un système supplémentaire de réduction du bombardement ionique de type cage de Faraday ou équivalent.

1.1.7 Porte-substrat

Le porte-substrat doit permettre à la fois le chauffage et le refroidissement des substrats avant, pendant et après les procédés. Le fournisseur doit préciser les gammes de température, le type de refroidissement et les vitesses de montée et de descente en température.

Le fournisseur doit fournir un équipement permettant la mesure de la température du porte-substrat et/ou du substrat. Il doit également préciser le type de capteur utilisé, sa précision ainsi que le mode de régulation thermique mis en œuvre.

Le porte substrat doit permettre le traitement d'un wafer 8 pouces positionné horizontalement, et d'une nacelle permettant le traitement vertical de 25 substrats 4 pouces.
Le fournisseur doit donner ses dimensions, fournir des schémas ou photographies, et spécifier la taille maximum des substrats compatibles avec ce porte substrat régulé en température

1.1.8 Logiciel de pilotage et supervision

Le logiciel de pilotage doit être intuitif et rapidement compréhensible, permettant le pilotage la supervision complète de l'équipement.

Le logiciel doit permettre la gestion de plusieurs niveaux d'accès sécurisés par mot de passe, avec au minimum les profils suivants : opérateur, utilisateur et administrateur.
L'interface doit permettre l'affichage en temps réel des principaux paramètres procédé, notamment les débits gaz, la pression, la puissance appliquée, la température ainsi que l'intensité mesurée par le système OES ou tout paramètre équivalent.

Le logiciel doit permettre la visualisation en temps réel de l'évolution de ces paramètres sous forme de courbes pendant toute la durée du procédé.
Il doit être possible de modifier certains paramètres en cours de procédé et de définir, dans les recettes, des seuils de tolérance associés aux consignes de fonctionnement.
L'ensemble des paramètres procédé doit être automatiquement enregistré pendant toute la durée des traitements sous forme de fichiers de suivi (« log files »). Le logiciel doit également assurer l'enregistrement automatique des événements système, incluant notamment les alarmes, erreurs, démarrages, arrêts et historiques des procédés avec horodatage complet.
Le système doit permettre l'arrêt sécurisé d'un procédé en cours d'exécution ainsi que la ventilation automatique du réacteur avec séquences de purge adaptées.
Le logiciel doit également permettre, si possible, le pilotage de la pompe sèche ainsi que de la température du chiller directement depuis l'interface utilisateur.
Le fournisseur précisera les possibilités de sauvegarde et d'export des données procédé.
Les mises à jour des logiciels de contrôle et de supervision doivent être fournies gratuitement pendant une durée minimale de cinq ans.
Le système doit enfin permettre l'accès à des compteurs de consommation des gaz ainsi qu'au compteur du temps effectif de fonctionnement plasma (générateur activé).

1.1.9 Ordinateur de contrôle

Le fournisseur de préciser les caractéristiques de l'ordinateur de pilotage fourni avec l'équipement, notamment le système d'exploitation installé, les caractéristiques matérielles ainsi que les solutions de sauvegarde et de restauration proposées.

1.1.10 Système OES

L'équipement doit intégrer un système de détection de fin d'attaque par spectrométrie d'émission optique (OES).
Le système doit permettre le suivi en temps réel de l'intensité de longueurs d'onde caractéristiques des espèces présentes dans le plasma, notamment les liaisons de type C–O et/ou C=O, ou tout autre signal pertinent selon les procédés proposés.
Le fournisseur doit préciser les performances du système OES, notamment la plage spectrale couverte, la résolution ainsi que les fonctionnalités de traitement et d'exploitation des signaux. Le fournisseur doit préciser la possibilité d'afficher de la courbe représentant l'intensité à une longueur d'onde donnée (correspondant aux liaisons de type C–O et/ou C=O) au cours du temps.

1.1.11 Classe des matériaux à graver et caractéristiques des substrats

L'équipement doit permettre :

- Le traitement de surface afin de modifier les propriétés de mouillabilité et d'obtenir des surfaces hydrophiles compatibles avec les procédés de dépôt et de lithographie ;
- L'élimination efficace des résidus organiques et des résines après procédés technologiques ;
- Le retrait de couches épaisses de résine comprises entre 1 µm et 40 µm, notamment après des procédés de gravure profonde de type DRIE ou après implantation ionique ;
- Le retrait de résines SU8 fortement réticulées d'épaisseur supérieure à 100 µm.

L'équipement doit garantir un traitement homogène et reproductible, compatible avec les matériaux et substrats utilisés en environnement salle blanche, tout en limitant les risques d'endommagement des structures microfabriquées.

1.2 Prestations bon de commande n°2 – Traitement des effluents gazeux

Le titulaire fournit un système de traitement spécifique des effluents gazeux, adapté à l'équipement fourni.

1.3 Prestations Bon de commande n°3 – Support pour échantillon

Le titulaire fournit un support horizontal adapté à une plaquette de 6 pouces, de préférence en aluminium.

1.4 Prestations Bon de commande n°4 – Réducteur de bombardement ionique

Le titulaire fournit un système permettant de réduire le bombardement ionique, de type cage de Faraday ou équivalent.

1.5 Prestations Bon de commande n°5 – Kit de joints

Le titulaire fournit un Kit de joints de rechange compatibles avec les gaz corrosifs utilisés.

1.6 Prestations Bon de commande n°6 – Contrat de maintenance

Le titulaire fournit une solution de maintenance curative concernant le matériel du bon de commande n°1.

1.7 Prestations Bon de commande n°7 – Extension de garantie

L'extension de garantie d'une durée totale de **24 mois** comprend également les opérations de maintenance préventive.

Le titulaire fournit une solution de télémaintenance permettant l'accès à l'équipement via le réseau.

L'extension de garantie s'effectue dans les mêmes conditions que la garantie.

Article 2: Transport et installation du matériel

2.1 Transport et installation

Le fournisseur doit assurer la livraison complète de l'équipement sur site, incluant le déchargement du matériel depuis le camion de transport ainsi que l'ensemble des opérations de manutention nécessaires jusqu'à son emplacement final.
L'installation doit être réalisée dans la salle blanche située au premier étage du bâtiment.
Le fournisseur doit prendre en compte l'ensemble des contraintes d'accès, de manutention et d'intégration liées à l'environnement d'installation.

2.2 Lieu de livraison et conditions d'accès

La machine sera livrée au premier étage de la plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS et mise en ordre de marche à poste en présence du Titulaire sur le site suivant :

Centre National de la Recherche Scientifique
Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes
7, Avenue du Colonel Roche
Salle Blanche Bât G
1 er Etage
31077 TOULOUSE Cedex 4 – France

2 Voies d'accès sont possibles

Première possibilité :

⇨ Par les couloirs de circulation des bâtiments, avec accès à l'ascenseur.
L'ascenseur a une charge utile de 450Kg max et a pour dimensions : 1.05 m de large, 2.20 m de profondeur, 2.05m de hauteur.

Deuxième possibilité

⇨ Par l'extérieur, avec accès au SAS « entrée matériel » de la salle blanche (porte en façade de 1.80m de large et 2.30m de haut). L'utilisation d'un appareil de levage adapté est obligatoire (Chariot élévateur). .

Le Titulaire prendra toutes les dispositions et moyens nécessaires pour garantir et assurer la livraison à l'étage ainsi que la mise en place du matériel dans la salle à l'adresse précise spécifiée ci—avant :

Par ailleurs, le Titulaire aura à sa charge la livraison et la mise en place du matériel au CNRS/LAAS et assumera tous les risques et frais.

2.3 Installation de l'équipement dans la salle dédiée

La salle blanche est de qualité ISO5, Classe 10 000.

Le candidat remet à l'appui de son offre un document d'installation qui détaille (liste non exhaustive) :

- Encombrement de l'équipement : dimensions en mm, plan coté

- Environnement requis : empoussièrement, hygrométrie, vibrations, extractions à prévoir etc...
- Nature du sol : résistance requise par rapport à la masse de la machine, planéité
- Electricité : Tension, Puissance, caractéristiques du transformateur d'alimentation si fourni par le titulaire
- Pneumatique (air comprimé : pression, qualité 6 bars maximum disponibles dans les locaux)
- Fluides : Type, pression, débit, température, besoins en eau de refroidissement.
- Gaz : Type, pression, qualité
- Contre-indications d'installation, nuisances apportées par l'équipement.

Le titulaire doit remettre au LAAS le document d'installation définitif au plus tard **1 mois** à compter de la notification du marché. En effet, avant la livraison de l'équipement sur site par le titulaire, LAAS réalise les travaux nécessaires de pré-raccordement de l'équipement sur la base du document d'installation définitif remis par le titulaire. A l'issue de l'installation de l'équipement par le titulaire dans le local dédié, LAAS effectue le raccordement final des servitudes (gaz, eau et alimentation électrique générale).

2.4 Sécurité à l'utilisation de l'équipement

L'équipement de gravure plasma doit être sécurisé afin d'éviter tout incident ou accident lié à :
- à l'utilisation de gaz présentant un quelconque danger.
- à l'utilisation de générateurs radiofréquences.
- à l'utilisation du vide.

L'équipement doit avoir une certification CE, être conforme aux normes électriques CEE et CEM et être aux normes françaises. L'appareil doit pouvoir être connecté au réseau électrique monophasé (230V – 50Hz)) et triphasé (400V - 50Hz) ; si l'équipement n'est pas équipé pour ces tensions, le prestataire fourni le transformateur adapté. Le régime de neutre est neutre à la terre.

Le titulaire doit respecter le plan hygiène et sécurité du laboratoire.

ARTICLE 3 : Opération de vérifications du bon de commande n°1

3.1 Phase de pré-réception à l'usine

L'équipement sera contrôlé en usine en présence d'un ou deux représentants du LAAS avant la livraison. Cette phase de pré-acceptance à l'usine a pour objectif de vérifier le bon fonctionnement de l'équipement ainsi que la conformité des performances attendues.

Cette phase doit inclure à minima la vérification des principales fonctionnalités de l'équipement, notamment :
- le niveau de vide limite et le taux de fuite ;
- la régulation et la stabilisation de la pression ;
- l'allumage et la stabilité du plasma ;
- la mesure de la puissance incidente ;
- la mesure et la régulation de la température ;
- le fonctionnement des dispositifs d'arrêt d'urgence.

Une formation initiale d'une ou deux personnes doit être réalisée lors de cette étape, conformément aux dispositions prévues dans le paragraphe relatif à la formation des utilisateurs.

3.2 Phase d'acceptance technique

Après installation sur site, une phase d'acceptation technique sera réalisée afin de vérifier le bon fonctionnement de l'équipement dans son environnement final.
Cette phase comprendra notamment le raccordement de la machine au réseau électrique triphasé du LAAS. Le fournisseur doit prévoir, si nécessaire, la fourniture d'un transformateur ou de tout équipement complémentaire permettant d'assurer la compatibilité électrique de l'installation.

Les essais d'acceptation technique doivent inclure :
- le démarrage complet de l'équipement ;
- la vérification des fonctionnalités précédemment décrites dans le présent CCTP (pré acceptance usine);
- la vérification des débits associés à chaque ligne de gaz procédé ;
- la validation du bon fonctionnement des sécurités.

À l'issue de ces essais, la vérification d'aptitude (VA) sera prononcée sous réserve de la conformité des résultats obtenus aux exigences et critères définis dans le présent CCTP, et fera l'objet d'un procès-verbal signé par les parties.

3.3 Phase d'acceptance procédé

Une phase d'acceptation procédé doit être réalisée afin de valider les performances de l'équipement sur des applications représentatives des besoins de la plateforme.
Les essais doivent notamment permettre de démontrer :

1) la réalisation d'un traitement hydrophile sur une plaquette silicium 4 pouces, avec contrôle de la mouillabilité par mesure de l'angle de contact (angle < 10°) ;
2) la réalisation d'un traitement hydrophile après photolithographie, avec vérification de la mouillabilité au niveau des motifs (observation au microscope optique : présence ou pas de bulles) ;
3) le retrait complet d'une résine épaisse de type AZ40XT d'épaisseur supérieure à 20 µm après un procédé de gravure profonde de type DRIE ; sans détérioration du substrat Silicium. Pour cela le procédé doit se faire en utilisant uniquement de l'O2 pur.
4) le retrait complet d'une résine SU8 d'épaisseur supérieure à 100 µm.

L'admission définitive de l'équipement sera prononcée après validation de l'ensemble des essais techniques et procédé prévus dans le présent cahier des charges.

La VSR sera réalisée dans un délai maximal de 3 mois à compter du prononcé de la VA, sur une période permettant de vérifier le fonctionnement régulier et les performances de l'équipement dans les conditions représentatives d'utilisation.

3.4 Formation à l'utilisation et à la maintenance

Une documentation doit être fournie en français ou en anglais, nécessaire au fonctionnement de la machine, mais également, produire l'ensemble des plans mécaniques, d'asservissements électriques ainsi que l'intégralité des schémas des cartes électroniques.
Le fabricant doit assurer une formation incluse dans l'offre de base proposée au titre du présent marché.
Cette formation sera dispensée pour 2 personnes au moins.

1. A la pré-réception (en usine sur site du titulaire)

La pré-réception en usine permettra une première formation à l'utilisation et à la maintenance de la machine. Ceci comprend la formation au logiciel machine en mode automatique et manuel.

2. Lors de la phase de réception définitive (sur le site CNRS/LAAS)

La formation est complétée lors de la phase de réception définitive (recette définitive) au LAAS-CNRS par une formation plus avancée à l'utilisation et à la maintenance de la machine.

- Formation au logiciel.
- Formation à l'utilisation en mode manuel : savoir effectuer un procédé en mode manuel.
- Formation à l'utilisation en mode automatique : savoir créer et effectuer un procédé en mode automatique.
- Formation au nettoyage du réacteur.
- Formation à la gestion des pannes (explication sur les alarmes courantes).
- Formation à la sécurité du personnel utilisateur des équipements

4 <u>Durée et contenu de la garantie initiale</u>

Conformément aux dispositions prévues dans l'accord-cadre, notamment à l'article 11 du CCAP, les instruments sont garantis pour une durée de 24 mois minimum à compter de la date de leur admission, couvrant l'ensemble des déplacements, la maintenance, l'ensemble de la main d'œuvre et l'ensemble des pièces détachées couvertes. Le nombre d'interventions sur place est illimité. Cette garantie doit permettre d'assurer le bon fonctionnement de l'ensemble de l'appareillage y compris la bonne fonctionnalité de la pompe, du logiciel et du système informatique.
Le contenu de la garantie doit être précisé par le candidat dans son offre. Le candidat s'engage sur ce contenu. Il doit comprendre : une visite annuelle préventive d'entretien, les frais de déplacement, l'intervention sans limitation de temps ni du nombre de dépannage, le support téléphonique, les évolutions logicielles du système informatique.
Le titulaire du marché est réputé fournir, après chaque intervention, une installation complète et en état de fonctionnement. En aucun cas, il ne pourra faire état d'une omission ou d'une mauvaise interprétation du dossier pour refuser la fourniture ou l'exécution de tout ou partie des prestations au complet achèvement et à la parfaite utilisation de l'appareil.

5 SAV

Le candidat présente le service après-vente en donnant au minimum les informations suivantes : composition, localisation et expérience de l'équipe d'ingénieurs qui effectuera les interventions, délais d'intervention sans pièces et avec pièces.
Le candidat doit préciser les conditions d'assistance qu'il mettra à disposition et les délais d'intervention dans le cas de pannes bloquantes empêchant la production de résultats.
Le soumissionnaire liste les consommables et pièces courantes dans le document 26.14.024_ Cadre de Réponse Technique (CRT))
Le Titulaire s'engage à remplacer les pièces détachées usagées et à fournir les consommables captifs correspondants, pendant une durée minimale de 10 ans à compter de la date d'admission de l'instrument.