



Acheteur public : CNRS Délégation Régionale Hauts-de-France

Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP)

Numéro de la consultation :

Objet de la consultation : Acquisition, livraison, installation et mise en service d'un équipement de scellement de substrats par thermocompression ou anodisation

Procédure de passation : Appel d'offres ouvert



Table des matières

1. OBJET DU MARCHÉ	3
2. CONTEXTE INSTITUTIONNEL ET TECHNOLOGIQUE	3
2.1. ÉTABLISSEMENT UTILISATEUR.....	3
2.2. PLATEFORME CMNF ET RESEAU RENATECH	3
2.3. JUSTIFICATION DU BESOIN	3
3. DESCRIPTION TECHNIQUE ET FONCTIONNELLE DE L'EQUIPEMENT	4
3.1. CHAMBRE DE SCELLEMENT	4
3.2. OUTILS DE PRESSION	5
3.3. OUTILS POUR L'ANODISATION.....	6
3.6. ACTIVATION ET ENLEVEMENT DES <i>SPACER</i> ET DES <i>CLAMPS</i> AVANT PRESSION DE L'OUTIL	7
3.7. SYSTEME D'EXPLOITATION ET MODULE INTERFACE DE COMMANDE	7
3.8. PSE N°1 (FACULTATIVE) : PLASMA D'ACTIVATION DE SURFACE SOUS AZOTE OU OXYGENE DES SUBSTRATS AVANT COLLAGE	8
3.9. PSE N°2 (OBLIGATOIRE) : ACTIVATION DES SURFACES AVANT COLLAGE A L'AIDE DE L'ACIDE FORMIQUE OU DE L'AZOTE HYDROGENE	8
4. SECURITE, CONFORMITE ET DOCUMENTATION	9
5. LIVRAISON ET INSTALLATION : CONTRAINTES LOGISTIQUES ET EXIGENCES SALLE BLANCHE	9
5.1. TRANSPORT ET LIVRAISON	9
5.2. INSTALLATION.....	10
5.3. PLANNING	11
6. RECEPTION ET CRITERES ASSOCIES	11
6.1. PRE-ACCEPTANCE EN USINE	11
6.2. ACCEPTANCE DEFINITIVE SUR SITE	12
7. FORMATION	13
8. GARANTIE ET SAV	13
8.1. GARANTIE.....	13
8.2. MAINTENANCE HORS GARANTIE ET CONTRAT DE MAINTENANCE.....	13
9. ASPECT ENVIRONNEMENTAL	14
10. RAPPEL DES PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES EVENTUELLES	14
11. ANNEXE. SECURITE INFORMATIQUE DU SYSTEME D'EXPLOITATION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.



1. Objet du marché

Le présent marché a pour objet la fourniture, la livraison, l'installation, la mise en service, la formation des utilisateurs, la garantie et le service après-vente d'un équipement de scellement de substrats par thermocompression ou anodisation dans le cadre de procédés de micro- et nano-fabrication.

L'équipement sera installé au sein de la Centrale de Micro-Nano-Fabrication (CMNF) de l'Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN), plateforme technologique intégrée au réseau RENATECH.

2. Contexte institutionnel et technologique

2.1. Établissement utilisateur

L'Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie est une Unité Mixte de Recherche du Centre National de la Recherche Scientifique, implantée à Villeneuve-d'Ascq, dans la région Hauts-de-France. Il est placé sous la tutelle du CNRS, de l'Université de Lille, de l'Université Polytechnique Hauts-de-France, de l'École Centrale de Lille et de Junia-ISEN.

L'institut développe des activités de recherche, de formation et de transfert technologique dans les domaines de l'électronique, de la microélectronique et des nanotechnologies, et constitue un acteur structurant de l'écosystème scientifique régional et national.

2.2. Plateforme CMNF et réseau RENATECH

La Centrale de Micro-Nano-Fabrication est une plateforme mutualisée disposant d'environ 1 600 m² de salles blanches et d'un parc d'équipements de micro- et nano-fabrication mis à disposition d'utilisateurs académiques et industriels dans le cadre du réseau RENATECH.

L'équipement objet du présent marché devra être compatible avec un usage mutualisé, intensif et multi-utilisateurs, et répondre aux exigences techniques, organisationnelles et de disponibilité propres à une plateforme nationale de micro- et nano-fabrication.

2.3. Justification du besoin

L'équipement de scellement de substrats constitue un équipement stratégique pour la réalisation de procédés d'assemblage de substrats utilisés dans de nombreuses filières technologiques,



telles que l'intégration hétérogène, les dispositifs MEMS et NEMS, la microfluidique, les capteurs, le packaging avancé, les dispositifs tridimensionnels ou encore les procédés impliquant des couches intermédiaires polymères ou adhésives.

L'étape de scellement est particulièrement critique dans la chaîne de fabrication, car elle conditionne la qualité mécanique de l'assemblage, l'uniformité du contact entre les substrats, l'absence de bulles ou de défauts d'interface, la reproductibilité des procédés et, dans certains cas, la précision d'alignement entre les substrats.

L'équipement actuellement en service au sein de la CMNF est vieillissant. En raison de l'obsolescence progressive de certains de ses composants, la société en charge de sa maintenance et de son entretien annuel ne pourra plus garantir, à terme, la continuité de sa maintenance ni la disponibilité des pièces nécessaires. Cette situation entraîne déjà des difficultés croissantes d'intervention et augmente le risque d'indisponibilité de l'équipement.

L'acquisition d'un nouvel équipement vise ainsi à sécuriser et moderniser les procédés d'assemblage existants, à améliorer la reproductibilité et la qualité des dispositifs réalisés, à élargir les capacités technologiques de la plateforme, à répondre aux besoins scientifiques et techniques actuels et futurs des utilisateurs académiques et industriels, et à garantir la continuité des activités de recherche, de formation et de service, conformément aux engagements du réseau RENATECH.

3. Description technique et fonctionnelle de l'équipement

3.1. Chambre de scellement

Les caractéristiques de la chambre seront *a minima* :

- Chargement dans l'enceinte : chargement manuel ou semi-automatique à l'aide d'un bras de transfert ou d'un dispositif de maintien permettant l'introduction de substrats pré-alignés ou de morceaux de substrats. L'ouverture de la chambre électropolie devra être limitée afin de réduire les risques de contamination de l'enceinte lors de l'introduction des substrats ;
- Pression d'air minimale dans l'enceinte : $\leq 5,5 \times 10^{-5}$ mbar ;
- Vide primaire : réalisé au moyen d'une pompe de type scroll ou équivalent sans huile, permettant d'atteindre une pression minimale de 0,1 mbar ;
- Vide secondaire : assuré par une pompe turbomoléculaire ou équivalent ;
- Système de pompage : l'ensemble du système devra être compatible avec des produits potentiellement corrosifs ;



- Purge et remise à l'air : la purge de l'enceinte et la remise à pression atmosphérique par injection d'azote devront pouvoir être réalisées en moins de 5 minutes ;
- Pression d'azote dans l'enceinte : jusqu'à 3000 mbar *a minima*.

Température opérationnelle

L'équipement devra permettre la programmation de profils thermiques comprenant :

- des montées en température contrôlées ;
- des paliers de température contrôlés ;
- des descentes en température contrôlées ;

selon des séquences paramétrables.

Les performances minimales attendues sur l'évolution des températures sont les suivantes :

- Vitesse de montée en température : $< 10\text{ }^{\circ}\text{C/min}$;
- Vitesse de descente en température : $50\text{ }^{\circ}\text{C/h}$.

3.2. Outils de pression

Les têtes supérieure et inférieure, ainsi que l'ensemble des accessoires associés, devront être réalisés dans des matériaux adaptés afin d'éviter toute déformation liée aux procédés de thermocompression ou d'anodisation.

Différents outils devront être proposés afin d'optimiser les procédés de thermocompression et d'anodisation de substrats.

Tête supérieure :

La tête supérieure devra permettre la réalisation de procédés d'anodisation, de thermocompression, de scellement eutectique et par adhésion.

La tête devra répondre aux spécifications suivantes :

- Déplacement motorisé de l'axe Z, avec définition de l'origine en fonction de l'épaisseur des substrats, en mode automatique et/ou via un réglage manuel par logiciel ;
- Force de pression de l'outil : de 300 N à 40 kN maximum ;
- Température de l'outil de pression : de la température ambiante jusqu'à $550\text{ }^{\circ}\text{C}$, avec :
 - une uniformité de $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - une répétabilité de $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Tête inférieure :

La tête inférieure, destinée à recevoir les substrats alignés ou non (maintenus ou non par un système de clampage), devra permettre un contrôle thermique :

- Température : de la température ambiante jusqu'à 550 °C, avec :
 - une uniformité de ± 1 °C,
 - une répétabilité de ± 3 °C.

3.3. Outils pour l'anodisation

Des outillages spécifiques seront prévus pour la tête supérieure afin d'optimiser le procédé d'anodisation. Une polarisation négative haute tension en courant continu sera mise en œuvre, avec une valeur minimale de -1200V DC sur une plage de courant de 5mA à 15mA minimum.

3.4. Plateaux de maintien des substrats

La réponse à l'appel d'offres devra préciser les outillages nécessaires au maintien des substrats. Pour chaque outillage proposé, les références, les prix ainsi que des photographies devront obligatoirement être fournis.

Ces outillages devront permettre le maintien de substrats de différentes configurations, notamment :

- $\frac{1}{4}$ de substrat de 2 pouces sur $\frac{1}{2}$ substrat de 2 pouces ou sur 2 pouces ;
- $\frac{1}{4}$ de substrat de 2 pouces sur $\frac{1}{4}$ de substrat de 3 pouces ;
- carré de 2x2 cm² sur substrat 2 pouces ;
- ainsi que des substrats de 2, 3, 4 et 6 pouces, disposés de manière alignée ou non, en contact ou espacés ;

afin de réaliser dans des conditions optimales les opérations de thermocompression et/ou d'anodisation.

3.5. Alignement et maintien des substrats en mode contact ou à proximité

Afin de permettre l'alignement des substrats en vue des opérations de thermocompression et/ou d'anodisation, il sera proposé soit :



- L'utilisation des aligneurs de substrats MA6/BA6, de Suss Microtec existants au sein de la CMNF ;
- Soit une fonction d'alignement intégrée directement dans le nouvel équipement proposé.

La procédure d'alignement devra être décrite de manière détaillée dans la réponse à l'appel d'offres afin d'en permettre l'évaluation complète.

L'alignement doit être possible en mode contact ou en proximité pour des substrats de 2, 3, 4 et 6 pouces minimum, avec une précision d'alignement inférieure à 10µm.

Le système d'alignement devra être motorisé et permettre un contrôle précis des mouvements :

- En X et Y de 0,1 µm ;
- En rotation avec un incrément minimal de 1°.

L'alignement, à l'aide de marques de repérage métallisées en or (Au), devra pouvoir être réalisé de manière ergonomique, sur des substrats entiers de tout type non transparent, au moyen d'un système vidéo, en mode manuel ou semi-automatique.

3.6. Activation et enlèvement des « spacers » et des « clamps » avant pression de l'outil

L'équipement devra avoir un système motorisé et contrôlable par soft donnant la possibilité d'actionner de façon simultanée les trois « clamps » puis les 3 « spacers » afin de limiter au maximum le désalignement des substrats 2, 3, 4 et 6 pouces. Ce système de clamps doit pouvoir être utilisé pour les morceaux précédemment définis.

3.7. Système d'exploitation et module interface de commande

Le système d'exploitation sera un système *Windows* supporté au moins jusqu'en 2032.

Tous les disques d'installation et les licences liés au système d'exploitation de l'ordinateur où des logiciels installés nécessaires à l'exploitation de la machine devront être fournis par le titulaire du marché.

La taille du disque dur devra être précisée, ainsi que les éléments de sauvegarde ou image du disque en cas de crash du système.

Dans le cadre de cette consultation, le soumissionnaire devra répondre au questionnaire concernant la sécurité informatique (*cf.* annexe au présent CCTP).



La partie interface devra être simple et conviviale, avec plusieurs niveaux de droits d'utilisation. Seul l'administrateur pourra créer les équipes (non limitatif) avec un mot de passe et des droits d'accès. Seul l'Administrateur et les équipes définies pourront créer leurs recettes avec leurs différentes étapes. L'opérateur ne pourra en faire qu'une lecture et une utilisation simple.

3.8. PSE n°1 (facultative) : Plasma d'activation de surface sous azote ou oxygène des substrats avant collage

L'équipement devra permettre, en option, la réalisation d'un traitement plasma contrôlé sous azote ou oxygène avant la mise en contact et le collage de substrats.

Il devra également offrir la possibilité d'injecter, immédiatement après le traitement plasma, un brouillard de vapeur d'eau au sein de l'enceinte, afin d'optimiser l'adhésion et la qualité du collage de substrats tels que le silicium (Si), le dioxyde de silicium (SiO₂), le quartz ou le verre.

La séquence plasma + vapeur d'eau devra pouvoir être contrôlée de manière reproductible, avec réglage des paramètres de durée, de flux et de pression pour garantir une qualité homogène sur l'ensemble de la surface des substrats.

3.9. PSE n°2 (obligatoire) : Activation des surfaces avant collage à l'aide de l'acide formique ou de l'azote hydrogéné

L'équipement devra permettre, en option et sous vide, l'activation de surface de substrats à l'aide d'acide formique ou azote hydrogéné, afin d'éliminer les oxydations superficielles sur des métaux tels que le cuivre et l'aluminium.

L'équipement devra impérativement permettre, en proximité et avant l'activation des surfaces en aluminium ou en cuivre, le traitement de substrats de dimensions suivantes : ¼ de substrat de 2 pouces sur ½ substrat de 2 pouces ou sur 2 pouces, ainsi que ¼ de substrat de 2 pouces sur ¼ de substrat de 3 pouces.

Le traitement devra être réalisé à basse température (< 250 °C) sous vide, de manière contrôlée, reproductible et sécurisée, avec réglage des paramètres de durée, de pression et de concentration pour garantir une qualité homogène sur l'ensemble des substrats.

L'équipement devra être conçu pour assurer la sécurité opérateur et la compatibilité avec une salle blanche, incluant confinement du produit chimique et prévention des risques liés à la manipulation de l'acide formique ou azote hydrogéné.



4. Sécurité, conformité et documentation

Les équipements fournis devront être conformes à la réglementation française et européenne en vigueur et porter le marquage CE. Ils devront satisfaire aux exigences applicables en matière de sécurité des équipements, de sécurité électrique et de compatibilité électromagnétique (CEM).

Les équipements devront être compatibles avec une alimentation électrique 50 Hz, monophasée 230 V ou triphasée 400 V, sauf spécification contraire.

Le fournisseur devra fournir la déclaration UE de conformité ainsi que l'ensemble des documents attestant de la conformité aux directives et normes applicables, notamment en matière de risques électriques, mécaniques et chimiques.

Les équipements devront être conçus et installés de manière à être compatibles avec une utilisation en salle blanche. À ce titre, le fournisseur devra fournir un plan d'installation et un plan de prévention précisant les conditions d'intégration, les contraintes techniques et les mesures nécessaires pour limiter les risques de contamination et garantir la sécurité des opérateurs.

Documents à fournir :

Le titulaire fournira au plus tard lors de la livraison de l'équipement les documentations suivantes :

- Documentation technique de l'équipement ;
- Consignes de sécurité ;
- Plans mécaniques ;
- Les supports de formation à l'utilisation et à la maintenance.

Les documentations techniques complètes devront être fournies en un exemplaire. Une version numérique de l'ensemble de la documentation est demandée *a minima*. Cette documentation doit au moins comprendre la description complète du matériel et un mode d'emploi détaillé. Elle doit être rédigée de préférence en français mais l'anglais sera accepté.

5. Livraison et installation : contraintes logistiques et exigences salle blanche

5.1. Transport et livraison



À partir de la date de notification, le délai de livraison ne devra pas excéder 8 mois.

Le titulaire prendra en charge le transport et la livraison de l'équipement jusqu'en salle de lithographie optique (ISO6) située en salle blanche à l'IEMN.

L'équipement est à livrer à l'adresse suivante :

CNRS - IEMN - UMR8520
Cité Scientifique
Avenue Poincaré
CS 60069
59652 Villeneuve d'Ascq Cedex
France

Les livraisons s'effectuent au rez-de-chaussée. Le déchargement des camions est à la charge du candidat.

L'IEMN possède un quai de déchargement avec un seuil de 60 cm de hauteur environ par rapport au niveau de sol. Le titulaire doit prévoir les moyens adaptés : camion équipé d'un hayon, transpalettes ou chariot élévateur du type « Fenwick » si besoin (l'IEMN ne disposant pas de chariot élévateur).

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 pourra réaliser, s'il le juge nécessaire, une visite préalable du site afin d'identifier les contraintes d'accès et d'implantation.

L'équipement destiné à être installé en salle blanche devra faire l'objet d'un nettoyage approfondi avant expédition afin d'éliminer toute source de contamination particulaire ou chimique. Les éléments entrant en salle blanche devront être conditionnés sous double emballage compatible salle blanche, permettant un déballage progressif maîtrisé. L'utilisation de matériaux de type bois, carton ou papier non compatibles salle blanche est proscrite.

5.2. Installation

L'équipement devra être compatible avec une installation en salle blanche. Le fournisseur devra donner l'empreinte exacte de l'équipement pour qu'il soit bien positionné dans la salle blanche.

Le fournisseur devra indiquer la taille, le poids et les dimensions exactes ainsi que les exigences éventuelles d'emplacement des différentes pièces de sous-assemblage afin de préparer l'installation. Le fournisseur est responsable de la fourniture de la liste des infrastructures nécessaires pour mettre en fonctionnement l'outil, telles que par exemple l'air comprimé, la



puissance électrique, les disjoncteurs électriques, les fluides, les types de raccord, la pression, les débits, etc.

Cette liste devra être fournie au plus tard 1 mois après la notification.

Suite à la livraison, le fournisseur, supervisé par le groupe technique de l'IEMN, procédera à l'installation. Le fournisseur apportera tout outillage spécifique nécessaire à l'installation ou à la mise au point de l'équipement.

5.3. Planning

Le fournisseur devra indiquer dans son offre les éléments de planning suivants :

- date prévisionnelle de transport et date de livraison sur le site de l'IEMN ;
- planning d'installation sur le site de l'IEMN ;
- date prévisionnelle des tests de recette ;
- date prévisionnelle de formation.

6. Réception et critères associés

6.1. Pré-acceptance en usine

Les tests de pré-acceptance en usine seront :

- La réalisation, par le fournisseur, de l'ensemble des essais qu'il juge nécessaires pour démontrer que l'équipement respecte les spécifications techniques et les performances annoncées dans son offre ;
- La réalisation des 2 essais complémentaires suivants :

1. Scellement par anodisation :

- Deux substrats de 4 pouces Si/Pyrex ;
- Vérification et contrôle du pourcentage d'adhésion pendant le processus ;
- L'adhésion devra être homogène à 90% minimum.

2. Contrôle de désalignement et précision :

- Substrats de 3 ou 4 pouces utilisant SU8-3000 ;

- Mesure du degré de désalignement avant et après thermocompression ;
- Les tolérances de désalignement, par rapport à des marques d'alignement métalliques doivent être inférieures à 10µm.

6.2. Acceptance définitive sur site

La réception définitive de l'équipement sera prononcée uniquement après :

- Son installation complète sur site par le fournisseur ;
- La réalisation, par le fournisseur, de l'ensemble des essais qu'il juge nécessaires pour démontrer que l'équipement respecte les spécifications techniques et les performances annoncées dans son offre ;
- La réalisation des essais complémentaires qui lui seront demandés afin de vérifier la conformité aux exigences du présent document.

Le fournisseur devra notamment réaliser les essais de scellements suivants :

1. Scellement par anodisation :

- Deux substrats de 4 pouces Si/Pyrex ;
- Vérification et contrôle du pourcentage d'adhésion pendant le processus ;
- L'adhésion devra être homogène à 90% minimum.

2. Scellement par thermocompression métallisée or :

- Scellement de ¼ GaAs ou InP de 2 pouces sur Si 2 pouces, utilisant Ti/Au ou Cr/Au ;
- Contrôle de la qualité du scellement à basse température (< 200°C) et de l'intégrité des couches métalliques.

3. Scellement par thermocompression métallisée cuivre :

- Scellement de ¼ de GaAs ou InP de 2 pouces sur ¼ de 3 pouces Si ou SiC à l'aide de métaux (Mo/Pt/Cu sur Cu/Ti) ;
- Utilisation du procédé d'activation des surfaces sur cuivre avec l'acide formique ou l'azote hydrogéné si l'option est présente. Vérification du scellement.

4. Contrôle de désalignement et précision :

- Substrats de 3 ou 4 pouces utilisant la résine SU8-3000 ;
- Mesure du degré de désalignement avant et après thermocompression ;



- Les tolérances de désalignement d'un substrat par rapport à l'autre, par rapport à des marques d'alignement métalliques doivent être inférieures à 10µm.

7. Formation

À l'issue des tests d'acceptance, le titulaire devra assurer une formation initiale d'une durée minimale d'un jour pour trois personnes. Cette formation devra couvrir la prise en main des équipements, leur utilisation en conditions normales d'exploitation, ainsi que les opérations de maintenance de premier niveau et les règles de sécurité associées.

8. Garantie et SAV

8.1. Garantie

La durée minimale de garantie exigée est de douze mois à compter de la date d'admission définitive des équipements. La garantie devra couvrir la main-d'œuvre, les pièces détachées et les frais de déplacement. Toute période d'indisponibilité, totale ou partielle, donnera lieu à une prolongation de la garantie d'une durée équivalente.

Les mises à jour logicielles seront également couvertes par la garantie.

Le candidat précisera dans son offre les délais de réponse et d'intervention, ainsi que l'organisation du support technique et du service après-vente, en France et à l'international.

Le candidat proposera une offre chiffrée pour une extension de garantie d'un an (PSE facultative n°3).

8.2. Maintenance hors garantie et contrat de maintenance

Le candidat devra préciser les modalités de maintenance préventive et corrective proposées hors période de garantie, les délais d'intervention associés, ainsi que les conditions de disponibilité et d'approvisionnement des pièces détachées, notamment en cas d'intervention urgente.

Le candidat proposera une offre chiffrée pour un contrat de maintenance (PSE facultative n°4) pour une période de trois ans au-delà de la période de garantie. Le contrat de maintenance devra spécifier le délai d'intervention sur site. Il garantira une couverture forfaitaire, limitée à deux interventions par an, de la main d'œuvre et des déplacements pour une intervention préventive et curative.



9. Aspect Environnemental

Le candidat doit préciser la consommation électrique de l'équipement, Il indiquera également la présence éventuelle d'options de gestion de consommation électrique. La présence d'options d'économie d'énergie n'est pas obligatoire mais sera appréciée au sein de la notation.

Le candidat fournira si possible dans son offre une évaluation de l'empreinte carbone liée à la fabrication de l'équipement et à sa livraison sur le site de l'IEMN.

À titre d'information, le candidat indiquera sa capacité de récupération/retraitement des consommables et des anciens équipements.

10. Rappel des prestations supplémentaires éventuelles

Dans le cadre de la présente consultation, les prestations supplémentaires éventuelles suivantes (PSE) sont demandées :

- PSE n°1 (facultative) : Plasma d'activation de surface sous azote ou oxygène des substrats avant collage
- PSE n°2 (obligatoire) : Activation des surfaces avant collage à l'aide de l'acide formique ou de l'azote hydrogéné
- PSE n°3 (facultative) : 1 an d'extension de garantie
- PSE n°4 (facultative) : 3 ans de contrat de maintenance

La réponse à la PSE n°2 est obligatoire ; faute de réponse du soumissionnaire, l'offre sera éliminée.

