

STATION DE TESTS SOUS POINTES DE SEMICONDUCTEURS

Cahier des Clauses Techniques Particulières

L'IPHC (Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien) est un laboratoire du campus CNRS de Strasbourg, il est impliqué dans de nombreuses expériences de physique des particules et de physique nucléaire. Ses activités de recherche requièrent des activités techniques, notamment la conception et la caractérisation de capteurs CPS (CMOS Pixels Sensors). Le laboratoire contribue aussi à la construction des détecteurs, il prend ainsi en charge des activités d'assemblage d'ASIC (Application Specific Integrated Circuits) de détecteurs à semi-conducteurs dont les CPS, qui nécessitent d'effectuer des tests de production de ces composants.

Un équipement de test sous pointes du type « probe station » est donc indispensable afin de tester / caractériser les CPS, ASIC et de permettre au laboratoire de contribuer aux phases de test de production des grands projets de détecteurs. Cet équipement doit être en adéquation avec le descriptif technique ci-dessous.

I. Descriptif technique du besoin

1. Généralités / Support

- L'équipement devra impérativement :
 - Permettre le test sous pointes de composants semi-conducteurs soit en puces nues découpées, soit en wafers de 8 pouces (200 mm), soit en wafers de 12 pouces (300mm).
 - Permettre le test des échantillons dans l'obscurité totale. Pour faciliter l'utilisation, l'enceinte permettant ceci ne devra pas recouvrir les micro-manipulateurs ou les instruments de mesure, afin qu'ils restent accessibles.
 - Être équipé d'un module de confinement thermique de l'échantillon / wafer testé. Ce module doit permettre une évolution future de la station pour réaliser des mesures sur une plage de température couvrant au moins la dynamique de -50 °C à +200 °C, sous réserve de l'ajout ultérieur d'une option de refroidissement.
 - Fonctionner sous 230 VCA monophasé (prise EU).
 - Être marqué CE.
- Les conditions de l'assistance technique (pendant la garantie et le contrat de maintenance) doivent répondre à des critères de rapidité et de qualité.

Préciser les délais et conditions d'intervention.

- Le réseau d'air sec de notre laboratoire risque d'être de qualité insuffisante pour répondre aux exigences de la machine. Par conséquent le candidat doit inclure un générateur d'air sec (compresseur + filtration) pour alimenter l'équipement, ainsi que son installation sur site. Les performances doivent respecter celles nécessaires à la machine, dans sa version de base sans système refroidissement / chauffage du chuck. Si possible au moins la norme ISO8573.1 classe 1.4.1 et un débit net après filtrage supérieur ou égal à 50 L/min.

- Le candidat devra impérativement faire apparaître sur son offre :
 - La puissance apparente (en VA) nécessaire à l'alimentation de la station et de tout équipement auxiliaire associé, tel que le générateur d'air sec.
 - Les exigences en matière d'installation (vide, air comprimé, diamètre des tubes, qualité d'air, débit, dimensions de l'équipement...) pour l'installation de l'équipement.
 - Le format et les dimensions maximales de la carte à pointes pouvant être utilisée sur l'équipement : largeur, profondeur, hauteur maximale des composants sur les deux faces.
 - Les conditions et le tarif des mises-à-jour du logiciel.

Prestations Supplémentaires Éventuelles (PSE) - facultatives

Les PSE à chiffrage facultatif peuvent être, ou non, proposées par le candidat. Ces prestations n'entrent pas dans les critères d'appréciations (y compris de prix) de l'offre. Le choix de retenir, ou non, tout ou partie de ces prestations sera déterminée à la notification du marché au titulaire par le CNRS.

Les PSE font l'objet d'une garantie dans les mêmes conditions que l'équipement principal.

- **PSE N° 1** à chiffrage facultatif :

Fourniture et installation de deux micromanipulateurs magnétiques, un gauche et un droit, (supports, bras et pointes), gamme DC-100 MHz minimum.

- **PSE N° 2** à chiffrage facultatif :

Fourniture et installation de quatre micromanipulateurs magnétiques, deux gauches et deux droits (supports, bras et pointes), gamme DC-100 MHz minimum.

- **PSE N° 3** à chiffrage facultatif :

Fourniture et installation d'un chuck auxiliaire pour accueillir un substrat de nettoyage des pointes fourni avec.

- **PSE N° 4** à chiffrage facultatif :

Chiffrer un contrat de maintenance préventive pendant **1 an** comprenant au moins : 1 visite préventive de maintenance par an, l'entretien, main-d'œuvre et déplacement inclus ainsi que le support technique et les mises à jour mineures et majeures des logiciels. Les prestations débiteront à la fin de la garantie.

- **PSE N° 5** à chiffrage facultatif :

Chiffrer un contrat de maintenance préventive pendant **3 ans** comprenant au moins : 1 visite préventive de maintenance par an, l'entretien, main-d'œuvre et déplacement inclus ainsi que le support technique et les mises à jour mineures et majeures des logiciels. Les prestations débiteront à la fin de la garantie.

2. Caractéristiques techniques

2.1 Spécifications techniques minimales

Tout manquement à ces spécifications techniques entraînera l'irrégularité de l'offre.

- L'équipement doit impérativement :
 - Intégrer un système anti-vibrations.
 - Être en mesure d'accueillir une carte à pointes et des micromanipulateurs magnétiques supports de pointes.
 - Être fourni avec un support de carte à pointes. Tout dispositif nécessaire à la fixation de la carte à pointes et de son support doit faire partie de l'offre.
 - Pouvoir être piloté (mouvement chuck, microscope) par logiciel et par console de commande. Un débrayage devra être possible pour effectuer les déplacements du chuck en mode manuel selon les axes X, Y et Z.
 - Avoir une caméra latérale pour pouvoir bien visualiser le contact entre les pointes et l'échantillon à tester.
 - Le PC chargé du contrôle de la station doit mettre à disposition au moins un port Ethernet (1 Gb/s compatible RJ45) pour la connexion au réseau du laboratoire ainsi que au moins deux ports USB 3.0 ou 2.0 pour des équipements de mesure. Le système d'exploitation du PC doit autoriser l'installation de logiciels utilisateur pour le pilotage d'appareils de mesure.
 - Si le système d'exploitation utilisé est Windows, sa version devra être supérieure ou égale à Windows 11. Car Windows 10 ne sera plus supportée par Microsoft d'ici fin d'année.
 - Permettre de sélectionner la zone d'aspiration des échantillons de façon logicielle.
 - Être fourni avec un générateur d'air sec tel que spécifié dans le chapitre «1. Généralités / Support ».
 - Être livré et installé dans la salle de test. Le déplacement de l'équipement du camion / quai de réception à la salle de test sera à la charge du titulaire du marché. Les informations nécessaires sont données § III.1 Livraison et installation.

- Comprends une garantie de 12 mois selon les modalités prévues à l'article V du présent document

2.2 Critères de sélection des offres

Les critères techniques évalués dans le cadre de la consultation sont décrits dans cette section. Le titre du paragraphe décrivant chaque critère est suffixé de (L xx CRT) qui indique la ligne correspondante dans le Cadre de réponse technique (CRT). Les pondérations associées aux critères sont précisées dans le CRT.

Critères concernant le matériel

- Surface nette utilisable du plateau (L1 CRT)

La surface du plateau doit permettre une utilisation optimale pour les tests de caractérisation. La surface nette sera la plus grande possible, l'ordre de grandeur visé est une surface totale minimale d'environ 60 cm x 60 cm soit 3600 cm², peu importe sa forme.

La notation sera proportionnelle à la surface nette réellement utilisable, calculée comme suit :

- **Surface nette utilisable** : Surface totale du plateau diminuée des zones réservées nécessaires au fonctionnement de la station (par exemple, surfaces occupées en permanence, occupées par les micromanipulateurs lorsque utilisés, requise pour des câbles, équipements fixes ou mobiles nécessitant une surface de dégagement).

Les candidats doivent fournir :

1. Les dimensions totales du plateau.
2. Les dimensions des zones réservées (une estimation suffira) pour les équipements fixes (micromanipulateurs, câbles, etc.) et celles des équipements mobiles (pièces en mouvement ou zone d'accès fréquent) nécessitant une surface de dégagement.

Ce critère est essentiel car les tests de caractérisation nécessitent l'installation simultanée d'équipements tels que des boîtiers blindés de mise en forme du signal, des LED ou lasers pour stimuler les échantillons testés.

- Assistance au réglage de la position des probes / échantillon (L2 CRT)

La station doit intégrer un mécanisme permettant de faciliter le réglage de la position des pointes sur les pads de l'échantillon testé (puces sur wafer ou individuelles). **Une fois un premier réglage manuel effectué (ou automatique si cela est possible) sur un échantillon, ce**

mécanisme doit faciliter les réglages suivants sur les autres échantillons. Il doit faire automatiquement les ajustements de position nécessaires, pour maintenir un bon contact électrique entre les probes et les plots sur l'échantillon testé, ceci indépendamment de l'endroit où l'on se situe sur le chuck et pour une température ambiante comprise entre 18 °C et 30 °C. Les candidats doivent présenter en détails leur solution, ses performances techniques et ses limites (par exemple : requiert un wafer dont la dispersion d'épaisseur ne dépasse pas $x \mu\text{m}$).

- **Accessibilité du wafer (L3 CRT)**

Les candidats doivent **préciser si le chuck peut être entièrement sorti de la probe station**. Si la sortie n'est pas totale, **le pourcentage de la course de sortie par rapport à la course totale doit être indiqué**.

Cette fonctionnalité est importante pour garantir une manipulation sécurisée des wafers et des puces amincies nécessitant une grande précaution en raison de leur fragilité et de leur rareté. Une course de sortie totale ou proche de la totalité sera valorisée pour limiter les risques lors des manipulations.

Les candidats sont invités à détailler les caractéristiques techniques et les éventuelles solutions de sécurité intégrées pour minimiser les risques lors de la manipulation.

- **Déplacement du chuck en XYZ (L4 CRT)**

La répétabilité intrinsèque doit être de préférence $\leq 1 \mu\text{m}$ en XYZ et la précision intrinsèque de préférence $\leq 2 \mu\text{m}$ en XYZ.

- **Déplacement du microscope en XYZ (L5, L6 CRT)**

a) La course en XY doit être de préférence $\geq 50 \text{ mm}$

b) La répétabilité intrinsèque doit être de préférence $\leq 2 \mu\text{m}$ en XYZ, la précision intrinsèque de préférence $\leq 5 \mu\text{m}$ en XYZ.

Sécurité sur le déplacement du microscope (L7 CRT)

La machine doit être équipée d'un **système de sécurité qui protège contre une collision entre le microscope et le wafer / les pointes**. L'objectif est d'éviter d'endommager le wafer et / ou la carte à pointes suite à une erreur de l'opérateur.

Décrire en détails la solution technique mise en place pour éviter la

collision, en particulier comment le système protège contre la collision et comment il est configuré.

- **Autofocus du microscope (L8 CRT)**

Un mécanisme permettant le suivi automatique du focus du microscope lors des mouvements du chuck en XY, ou toute autre solution équivalente facilitant les opérations de réglage, sera valorisée.

Les candidats sont invités à :

- Décrire en détail la solution proposée.
- Fournir des éléments prouvant ses performances techniques (par exemple, documentation technique, vidéos de démonstration, spécifications).

- **Résolution de la caméra du microscope (L9 CRT)**

Valeur de **résolution intrinsèque** (sans traitement logiciel) de la caméra, elle doit être de préférence $\geq 5 \text{ M Pixels}$.

- **Performances optiques microscope et objectifs (L10 CRT)**

Le microscope doit permettre de régler la position des probes sur des pads **de taille $50 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ à $100 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$** . Les candidats doivent proposer une caméra et un jeu d'objectifs qui permettent de couvrir cette dynamique de taille des pads. Ils devront justifier des performances (fiche technique, documentation).

- **Performances du générateur d'air sec (L11 CRT)**

Les performances du générateur d'air sec, telles que spécifiées dans le § «1. Généralités / Support ».

Les critères de notation utilisés seront

- La norme d'air sec respectée ISO8573.1 classe 1.4.1 ou de préférence supérieure
- Le débit d'air, qui doit être de préférence supérieur ou égal à 50 L/min
- La taille du réservoir d'air

Critères concernant le logiciel

- Possibilités et ergonomie du logiciel (L12, L13 CRT)

Les candidats doivent présenter le logiciel de pilotage de la station et préciser, avec justificatifs (captures d'écran, documentation technique, etc), les fonctionnalités dont il dispose.

Les fonctionnalités minimales souhaitées, bien que non obligatoires, qui seront prises en compte dans l'évaluation sont les suivantes :

- Fonctionnalités de base : gestion de configurations projet (sauvegarde, rappel), pilotage du chuck (déplacement x,y,z), pilotage du microscope (illumination, zoom, déplacement x,y,z).
- Une sélection de mode superviseur-développeur / opérateur. Le superviseur-développeur disposant de toutes les fonctionnalités de la machine pour définir des séquences de test et les valider. L'opérateur disposant seulement des fonctionnalités minimales définies par le superviseur-développeur.
- Détection de la taille du wafer et création automatique d'une cartographie du wafer (wafermap).
- Déplacement d'un échantillon à l'autre sur le wafer par simple sélection sur le wafermap (clic de souris, index, ou technique équivalente).
- Alignement automatiquement d'un échantillon avec les pointes de test.
- Ergonomie et sécurités du logiciel, les points importants sont les suivants. La clarté de l'interface, la disponibilité de tutoriels / guides intégrés. Les sécurités mises en place pour éviter les erreurs de manipulation pouvant endommager la machine via des butées configurables, ou toutes autres techniques équivalentes.

- **Intégration logicielle de la station dans notre environnement de test (L 14 CRT)**

Les candidats doivent démontrer la possibilité de piloter la station de test sous pointes à partir d'une application utilisateur de façon à pouvoir l'intégrer dans notre environnement de test.

Les candidats doivent présenter en détails les solutions techniques qu'ils proposent et indiquer les langages de programmation supportés pour le développement des applications.

Nous privilégions Python, C++, C ou à défaut une solution qui permette un interfaçage vers ses langages.

Les fonctionnalités minimales attendues sont les suivantes :

- Langage de programmation Python, C++, C ou interface vers ces langages.
- Piloter la station par une application utilisateur qui s'exécute sur le PC de la station.
Une librairie, ou toute autre solution équivalente, doit mettre à disposition de l'utilisateur des fonctionnalités de pilotage de la station de haut niveau pour faciliter le développement. Par exemple : Initialisation de la station, chargement d'un wafer map, déplacement vers un échantillon par son index sur le wafer map, etc.
- Outils de développement et de débogage de l'application utilisateur disponibles et intégration dans l'environnement de la station.
- Piloter la station par une application utilisateur qui s'exécute à distance sur un PC relié à la station par le réseau du laboratoire.
- Pilotage de la station par les protocoles standards SECS/GEM du domaine du test de semi-conducteurs. SECS (SEMI Equipment Communications Standard) et GEM (Generic Equipment Model)

II. **Développement durable**

Les objectifs concernant les aspects de développement durable sont de garantir un degré de réparabilité et une disponibilité des pièces détachées élevés.

Les critères suivants seront évalués (L15, L16 CRT) :

- Le degré de réparabilité, chiffrer le pourcentage de la probe station qui est réparable.
- La durée de disponibilité des pièces détachées (minimum 10 ans).

III. Livraison, installation et formation

1. Livraison et installation

L'appareil sera livré (incoterm DDP) avec les consommables nécessaires à la mise en œuvre de toutes ses fonctions. Les fournitures objets du présent marché doivent être livrées **dans la salle de test** du bâtiment (voir annexe livraison) à l'adresse suivante:

CNRS - IPHC
23 Rue du Lœss – BP 28
67037 Strasbourg Cedex 2

Les contraintes d'accès sont les suivantes :

- Livraison uniquement sur rendez-vous préalable
- Enregistrement préalable à l'accueil à l'entrée et à la sortie, du personnel assurant la livraison et l'installation,
- L'IPHC ne fournira pas de matériel de manutention pour le transport et l'installation de l'équipement
- La largeur maximale pour le passage de l'équipement est de 150 cm, la hauteur minimale des portes est de 2 m. Une distance d'environ 50 m dans les couloirs doit être effectuée pour une livraison en salle de test avec le passage d'un plan incliné 5 m de long, 1.8m de large et de dénivelé 1,1 m. Parmi les couloirs traversés, un couloir (20m de long à plat) n'est pas indiqué dans le document joint pour la livraison en raison de critères de sécurité.

La date d'installation sera déterminée conjointement entre le titulaire et les correspondants à l'IPHC.

Le candidat doit tenir compte dans son offre de tous les coûts éventuellement générés par la livraison et l'installation des fournitures (accès disponibles, contraintes, points de branchements, protections nécessaires ...).

Les risques afférents au transport et à la livraison des matériels sont à la charge du titulaire. Les coûts d'expédition, de transport, d'assurance de transport et les taxes éventuels seront à la charge du titulaire.

Le stockage des matériels ainsi que les frais afférents jusqu'à installation finale sont à la charge du titulaire, jusqu'à la salle de test par l'IPHC. Lorsque les matériels sont stockés dans les locaux du CNRS, celui-ci assume la responsabilité du dépositaire jusqu'à la décision d'admission.

Le titulaire devra reprendre tous les emballages et assurera l'élimination ou la valorisation finale du déchet dans les filières appropriées. Les emballages ne pourront être déposés dans les poubelles et conteneurs présents sur les sites du CNRS.

Le titulaire livrera le matériel sur site avec les consommables nécessaires à la mise en ordre de marche et accompagnées des notices et mode d'emploi en français et/ou en anglais en version papier et/ou électronique.

A l'issue de la mise en service, le titulaire remettra au CNRS un document indiquant la date de mise en ordre de marche effective.

Ce document, valant PV d'installation, devra être signé par un représentant du titulaire, ainsi que par la personne responsable de l'IPHC. Une copie du document signé devra être remise

à l'IPHC.

La livraison devra avoir lieu dans un délai de 7 mois maximum à compter de la notification du marché. Le délai de livraison constitue un critère de sélection

Formation (L18 CRT)

Les dates et horaires des formations seront déterminés après concertation entre l'IPHC et le titulaire.

1. Le titulaire s'engage à faire une **formation initiale de 1 à 2 jours** minimum, sur site, lors de la livraison et ce pour un nombre de **3-4 personnes**. Cette formation doit intégrer la **prise en main de la machine**, un test de **positionnement des pointes sur un ASIC et la vérification de la continuité** électrique, les **opérations de maintenance élémentaires**.
2. Le titulaire s'engage à faire une **formation d'approfondissement de 1 à 2 jours** minimum dans les 12 mois suivant l'installation pour **3-4 personnes**. Le but de cette formation sera d'effectuer **le test fonctionnel d'un ASIC avec une carte à pointes** développée au préalable par l'IPHC. La date de formation sera fixée par l'IPHC suivant ses projets.

Le titulaire livrera de préférence un support de formation complet en format électronique, en Anglais et/ou en Français, reprenant les sujets traités lors des formations. Cela peut être sous forme de fichiers et / ou de vidéos.

À l'issue de chaque formation, le titulaire délivrera un récépissé attestant de la réalisation de la formation par les utilisateurs.

Les critères de notation sont

- Réalisation d'un test de continuité pointes / ASIC
- Formation aux opérations de maintenance élémentaires
- Réalisation du test fonctionnel d'un ASIC avec une carte à pointes
- Qualité du support de formation : présentations, documentations, vidéos
- Expérience du ou des formateurs, d'au moins 5 ans et disposants d'une certification du fabricant de la machine ou de tout autre organisme reconnu

IV. Admissions des prestations

Par dérogation à l'article 28 du CCAG-FCS, les opérations de vérifications quantitatives et qualitatives démarrent à la mise en service du matériel (PV d'installation) ou le cas échéant à la fin de la formation initiale (première formation) des utilisateurs de l'instrument si celle-ci est postérieure à la mise en service.

Ces opérations de vérifications quantitatives et qualitatives sont destinées à constater que le matériel réponde aux stipulations du marché.

Par dérogation à l'article 28.2 du CCAG-FCS, le délai pour procéder aux opérations de vérifications est **d'un mois maximum**.

A l'issue de ces opérations de vérification, le CNRS prononce l'admission du matériel, sous réserve des vices cachés, si elles répondent aux stipulations du marché.

L'admission prend effet à la date de notification au titulaire de la décision d'admission. Si le matériel ne répond pas aux stipulations du marché, le CNRS prend une décision de rejet ou d'ajournement dans les conditions prévues par le CCAG FCS.

La décision d'admission entraîne le transfert de propriété du matériel vers le CNRS, fait courir le début de la période de garantie et permet le paiement du prix du marché.

V. Garantie et service après-vente

Le matériel sera couvert par une garantie de 12 mois comprenant pièces hors consommables, main d'œuvre, et déplacement à compter de la notification de la décision d'admission du matériel.

Les consommables sont définis comme des composants ayant une durée de vie normale inférieure à 12 mois.

Si, à l'expiration du délai de garantie, le titulaire n'a pas procédé aux remises en état prescrites, ce délai est prolongé jusqu'à l'exécution complète des remises en état.

Le titulaire a un devoir de transparence lors de sa réponse à la consultation sur les composants des instruments qui répondent à cette définition de « consommables ».

Pendant toute la période de garantie, le titulaire a une obligation de résultat concernant la remise en état de fonctionnement opérationnel de l'instrument en conformité avec les performances techniques et fonctionnelles prévues initialement.

Sera inclus au minimum dans cette garantie, ainsi que ses éventuelles extensions :

- Le support sur la totalité des fournitures, consommables inclus
- Pièces, main-d'œuvre et déplacement et hébergement inclus, y compris l'échange standard, sans surcoût et illimité des pièces défectueuses
- Le conditionnement, l'emballage et le transport des équipements nécessaires en cas d'échange ou de remise en état dans les locaux du titulaire.
- Un service offrant la possibilité de contacter un technicien/réparateur qualifié par téléphone (appel non surtaxé) ou par mail devra être disponible de façon illimitée, tous les jours ouvrés, idéalement lors des horaires de bureau (de 9h à 17h heure française).
- Les mises à jour mineures et majeures (mise à jour et changement de version), sans surcoût, des logiciels, ainsi que la documentation technique concernant les modifications apportées.

En cas de panne/dysfonctionnement, le titulaire interviendra :

- soit via le conseil par téléphone, par mail, ou prise en main à distance (si cette option est

proposée),

- soit sur place via un technicien,
- soit en organisant le retour de l'équipement pour réparation.

Le délai dont dispose le titulaire pour effectuer une mise au point ou une réparation qui lui est demandée est celui qui est fixé par décision de l'IPHC, après consultation du titulaire. Si une réparation ne peut être effectuée dans ce délai, le titulaire devra indiquer ses délais de réparation et mettre en place une solution de dépannage temporaire, ou un mode de fonctionnement dégradé, si possible, dans les plus brefs délais.

Le titulaire s'engage à garantir un support en main-d'œuvre et en pièces détachées sur une période minimum de 10 ans après l'attribution du marché, ou de fournir, sans surcout, une solution fonctionnelle équivalente.

Le titulaire s'engage à proposer une solution à tout problème technique (conseil, dépannage), **à distance dans les 8 H et sur site dans les 10 jours ouvrables.**

Saisine du service d'assistance (L19 CRT)

- Indiquer les modalités de saisine (personne à contacter, mail, téléphone et visioconférence) et sa plage horaire de disponibilité qui doit être au moins 9H00-16H00.

Les critères d'évaluation de l'assistance à distance sont (L20 CRT)

- Le délai entre l'appel au support et la réponse d'un personnel technique
- Le nombre et le niveau de compétences (technicien / ingénieur) des intervenants mobilisables

Les critères d'évaluation de l'assistance sur site sont (L21 CRT)

- Le délai entre l'appel du SAV à l'intervention sur site
- Le nombre et le niveau de compétences (technicien / ingénieur) des intervenants mobilisables
- Le délai d'approvisionnement des pièces détachées

VI. Prestations de maintenance

Des prestations de maintenance débutant à la fin de la période de garantie sont prévues en PSE

Voir PSE N° 4 et 5, page 4 du présent document.