CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Délégation Centre Limousin Poitou Charente

UNION EUROPEENNE
Fonds Européen de développement Régional

OBJET : Acquisition d'un dispositif indenteur – scratch pour la caractérisation mécanique de couches minces

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES (C.C.T.P.)

Procédure n° 2026-30

SOMMAIRE

1. Objet du marché 3
2. Caractéristiques de l'équipement 3
3. Garantie 5
4. Formation à l'utilisation de l'appareillage 5
5. Livraison, vérification et admission de l'équipement 5
6.1 Adresse de livraison 5
6.2 Livraison, installation et mise en service de l'équipement 5
6.3 Vérification de l'aptitude au bon fonctionnement des équipements (VABF) 6
6.4 Vérification de services régulier des équipements (VSR) 6

1. Objet du marché

Contexte

Une large part des matériaux étudiés au GREMI se présente sous la forme de revêtements de quelques dizaines de nanomètres d'épaisseurs allant jusqu'à deux micromètres. Ces revêtements sont en général à base de métaux de transition, purement métalliques ou de type oxydes/nitrures. Les plus fins d'entre eux peuvent être constitués de nanostructures carbonées tandis que d'autres peuvent inclure des hétérogénéités de type nanoparticules. Plus récemment, le laboratoire s'est intéressé à la synthèse ou la modification de surface de matériaux poreux de type mousses ou carbones désordonnés ainsi qu'à l'élaboration de matériaux mous tels que des matériaux biologiques. Actuellement, le laboratoire ne dispose pas d'équipement pour mesurer l'adhésion et les propriétés mécaniques de la surface de ces matériaux.

L'objet de la présente demande vise à acquérir ce type d'équipement. L'indenteur doit donc servir à mesurer les propriétés mécaniques réelles (module élastique, dureté, fluage, adhésion, …) d'objets microscopiques de manière très locale, en surface ou même en section transversale (après préparation) pour pouvoir mesurer les caractéristiques mécaniques des interfaces. Le dispositif scratch devra permettre de caractériser l'adhérence des revêtements. L'appareil demandé doit pouvoir être aussi efficace pour l'étude des matériaux « durs » (type métaux ou céramiques) que pour celle des matériaux « mous » tels que des polymères. Pour ces derniers, il est ainsi nécessaire de pouvoir mesurer des forces extrêmement faibles. L'appareil devra être installé dans une enceinte acoustique pour prévenir toute perturbation vibratoire extérieure.

NB : Les conditions générales de vente du Titulaire ne sont pas applicables

2. Caractéristiques de l'équipement

Dans le cadre de l'analyse des offres, les propositions qui se rapprocheront le plus des spécificités citées ci-après seront valorisées.

Spécifications générales communes à l'ensemble

Le système complet (à l'exclusion de l'informatique) devra être positionné sur une plateforme de caractérisation évolutive et capable de recevoir: l'indenteur lui-même, un dispositif de scratch test et un microscope optique (et éventuellement un autre dispositif ultérieurement). L'offre en réponse à ce cahier des clauses techniques particulières (CCTP) comprendra **au moins la fourniture des éléments et prestations respectant les spécifications ci-après**. Compte tenu des besoins exprimés précédemment, le dispositif doit respecter les caractéristiques minimales suivantes :

- Il est demandé que le dispositif complet avec tous les instruments de mesure soit le plus compact possible et qu'il puisse être contenu dans un espace L150mmxP2000mmxH2500mm maximum, opérateur compris. La plateforme doit tenir sur une table de 1000x1000mm. Le poids de l'appareil doit être compatible avec le faux plancher technique du laboratoire (et non directement sur la dalle béton).
- L'alimentation électrique de l'appareillage doit être monophasée 220 - 240 V, 50 Hz et 16 A maximum.
- Toutes les spécifications/servitudes (air comprimé, électricité, acoustique) doivent être fournies,
- Le dispositif comportera un système anti-vibration actif.
- Le dispositif doit être intégré dans une enceinte acoustique.
- Le système comporte un système d'acquisition et d'exploitation de données avec système informatique et logiciels inclus (possibilité d'installer les versions logicielles sur PC de bureautique pour le dépouillement de données).

- Le logiciel doit proposer un mode multi-utilisateurs, avec droits spécifiques. Le logiciel doit disposer d'une interface en langue française, et si possible également en langue anglaise. Le logiciel peut être installé et fonctionner sur au moins 10 ordinateurs (en mode dépouillement de données). Les données d'acquisition doivent pouvoir être exportées en format ASCII.
- La plateforme doit être équipée de tables motorisées X-Y-Z assurant le déplacement des échantillons. Les courses doivent au minimum être de 70 mm en X et Y pour assurer le déplacement de l'échantillon sous les modules et de 30 mm en Z, de façon à disposer d'une fenêtre de travail sous chaque module de plusieurs cm^2.
- Le pas minimum de ces tables X et Y devra être le plus faible possible pour assurer un bon positionnement.
- La plateforme doit être compatible avec des échantillons allant jusqu'à une taille 152.4 x 152.4 x 50 mm (et permettre ainsi l'analyse de wafer Si de 6 pouces ou d'échantillons « de grande hauteur »).
- La plateforme doit permettre de placer en simultanée 2 têtes de mesure en plus du microscope optique et donc notamment un élément d'indentation et un élément scratch.
- L'appareil devra être conçu pour intégrer éventuellement la salle blanche ISO7 du laboratoire.
-

Spécifications liées à l'indentation

- La tête de l'indenteur doit pouvoir être pilotée en force ou en déplacement. La résolution RMS et la gamme du capteur de force doit être spécifiée par le candidat et être la meilleure possible.
- La tête d'indentation doit être instrumentée pour des gammes de force jusqu'à 100 mN et en profondeur allant jusqu'à 50 µm. La résolution sur le signal de force doit être le plus faible possible. Une résolution inférieure à 0.1 µN et 0.1 nm est visée.
- L'indenteur devrait être équipé d'un système de correction permanente de la dérive thermique, conduisant à une excellente précision lors les expériences de longue durée. La valeur de dérive en z sur 5 à 10 min devra être indiquée pour un échantillon à faible fluage avec et sans correction.
- Le nanoindenteur devra être livré avec au minimum une pointe Berkovich certifiée, une pointe sphérique; et au moins un échantillon de calibration.
- Le logiciel doit proposer différents modes d'indentation (quasi-statique, dynamique, etc.).

Spécifications optiques

- Le microscope peut être utilisé de manière complètement indépendante de l'indenteur.
- Grossissements optiques avec un ou plusieurs objectifs permettant d'apprécier la position de l'échantillon macroscopiquement et localement.
- Le dispositif doit couvrir une plage globale de grossissement de 300 à 2000 minimum.
- Le microscope doit être simple d'utilisation en minimisant les mouvements des optiques.

Spécifications liées au dispositif de scratch

- La tête de scratch instrumentée pour des gammes minimales en force normale et tangentielle de 0 à 100 mN (résolution RMS de l'ordre du µN) et en profondeur de 0 à 600 µm (résolution RMS inférieure à 1 nm) comportera au moins une pointe diamant de type Rockwell certifiée et au moins un échantillon de calibration.
- La longueur minimale de rayure est de 50mm.

Documentations

Le fournisseur remettra la documentation au plus tard à la date de livraison de l'équipement. Si le document est rédigé dans une autre langue que le français, fournir obligatoirement une traduction en français ou en anglais. Elle comprendra au minimum le manuel d'installation et de maintenance.

3. Garantie

Les fournitures doivent être garanties contre tout vice de fabrication, défaut de matière, à compter du jour de la réception.
Le titulaire s'engage à fournir tout au long de la durée du marché des produits conformes à son offre initiale.
La garantie couvre tout défaut de matériel ou logiciel dans le cadre d'une utilisation normale de l'instrument. Elle couvre également les écarts de performances aux spécifications annoncées par le fournisseur dans cette offre.
La durée de garantie de l'équipement doit être de 2 ans minimum gratuite, à compter de la réception de l'appareil sur place au GREMI.
Néanmoins, le prestataire peut proposer une garantie complémentaire « gratuite » supérieure dans son offre.
La garantie doit inclure au moins une visite de contrôle sur les 2 années gratuite.

4. Formation à l'utilisation de l'appareillage

Une formation gratuite en présentiel de prise en main de l'appareil, ainsi qu'une formation aux logiciels fournis, doit être prévue dans les locaux du GREMI. Ces formations en langue française doivent concerner au moins **2 agents utilisateurs**. Sa durée doit être précisée.

Si nécessaire, la formation doit aussi inclure la maintenance de premier niveau des appareillages.

Une visite supplémentaire dans les 2 années pour consolider les acquis peut également être proposée.

5. Livraison, vérification et admission de l'équipement

6.1 Adresse de livraison

La procédure d'acheminement sera à la charge et sous la responsabilité du fournisseur. L'appareil sera livré au

GREMI
14 rue d'Issoudun BP 6744
45067 Orléans Cedex 2

6.2 Livraison, installation et mise en service de l'équipement

L'installateur s'engage à respecter les règles de bon usage et de sécurité en vigueur dans l'établissement d'accueil.
Le soumissionnaire précisera les délais de livraison, d'installation et de mise en service de ces équipements. Ce délai devra être au maximum **de six mois** à compter de la réception du bon de commande du marché.
Le soumissionnaire installera le matériel dans les locaux du GREMI et vérifiera le bon fonctionnement de l'ensemble des appareillages. Le coût de l'installation devra être inclus dans l'offre. Tout le matériel nécessaire à l'installation devra être fourni.
Les risques afférents au transport et à la livraison des équipements sont à la charge du titulaire. La récupération des emballages relatifs aux matériels livrés est à la charge du titulaire.

Le titulaire est tenu de reprendre les emballages que les services prescripteurs ne souhaitent pas conserver (caisses volumineuses, gros cartons, emballages antichocs imposants…).

Le titulaire doit prendre toutes les dispositions en matière d'emballage et de conditionnement pour que les fournitures soient correctement protégées des avaries. Il devra acheminer les fournitures livrées jusqu'au lieu d'installation indiqué sur le bon de commande.

6.3 Vérification de l'aptitude au bon fonctionnement des équipements (VABF)

La VABF a pour but de constater que le matériel livré présente les caractéristiques techniques qui le rendent apte à remplir les fonctions précisées dans le cahier des charges et dans la réponse du titulaire.
Le Titulaire, lors de la mise en service de l'équipement, doit faire la vérification des performances et caractéristiques attendues en présence du responsable du projet d'achat de cet équipement. Et le Titulaire procède si besoin, aux réglages nécessaires.
Il appartient au Titulaire de prendre toutes les mesures nécessaires pour que cette mise en service soit effective dans les délais contractuels.

Cette vérification sera effectuée dans un délai de 15 jours maximum à compter de la mise en service. Lorsque les réverses sont formulées durant cette vérification, le délai de VABF s'applique à nouveau.

6.4 Vérification de services régulier des équipements (VSR)

La VSR a pour but de constater que l'ensemble des équipements livrés sont capables d'assurer un service régulier dans les conditions normales d'exploitation pour remplir les fonctions précisées dans le cahier des charges et dans la réponse du titulaire.
Cette vérification sera effectuée dans un délai de **30 jours maximum** à compter de la vérification d'aptitude au bon fonctionnement. Lorsque les réverses sont formulées durant cette vérification, le délai de VSR s'applique à nouveau à compter de la levée des réserves.

6.5 Développement durable

Dans le cadre des considérations environnementales, le titulaire devra présenter des emballages optimisés (volume, poids) et si possible fabriqués à partir de matériaux recyclables (carton PEFC…). Il sera apprécié de pouvoir réutiliser les caisses et emballages antichocs. Les candidats devront mentionner dans leur offre toutes les mesures environnementales que la société entreprend pour limiter l'impact de leur produit en terme de réchauffement climatique notamment.