

**CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES**

Lot 4 : Acquisition d’un dispositif d’essais électrochimiques pour la microscopie électronique

M25.0072-4

**INSA LYON**

**Pôle Achats**

Direction des Affaires Financières

20 Avenue Albert Einstein

69621 VILLEURBANNE cedex

marches.public@insa-lyon.fr

TABLE DES MATIERES

[ARTICLE 1 - PRÉSENTATION DU BESOIN 3](#_Toc207121164)

[ARTICLE 2 – CONTENU DE LA PRESTATION 3](#_Toc207121165)

[ARTICLE 3 - SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES 3](#_Toc207121166)

[3.1 – principales spécifications techniques 3](#_Toc207121167)

[3 2 – principales spécifications fonctionnelles : 5](#_Toc207121168)

[ARTICLE 4 - PÉRIPHÉRIQUES ET ACCESSOIRES AU FONCTIONNEMENT DE L’ÉQUIPEMENT 5](#_Toc207121169)

[4.1- PSE 5](#_Toc207121170)

[4.2- Accessoires 6](#_Toc207121171)

[4.3 - Logiciel pour piloter l’équipement 6](#_Toc207121172)

[4.4 - Formation 7](#_Toc207121173)

[ARTICLE 5 – SERVICE APRES-VENTE 7](#_Toc207121174)

# ARTICLE 1 - PRÉSENTATION DU BESOIN

Ce lot correspond à l’acquisition, la livraison, l’installation et la mise en service d’un dispositif pour la microscopie électronique à balayage environnementale, permettant de réaliser des essais micromécaniques en température. Cette acquisition relève du périmètre du lot n°4 « acquisition platine d’essais micromécaniques pour la microscopie électronique à balayage environnementale ». Cet équipement est acheté dans le cadre du projet CPER-FEDER MULTI3.

# ARTICLE 2 – CONTENU DE LA PRESTATION

Le marché comporte :

* La fourniture du dispositif et de ses accessoires,
* L’emballage, le transport et la livraison du matériel,
* L’installation et la mise en service sur site,
* La réalisation des tests de bon fonctionnement et des tests souhaités par le fournisseur en présence du responsable de l’équipement,
* La formation à son utilisation de personnels identifiés par le CLYM pour la gestion technique de l’appareil et la formation des utilisateurs,
* La remise de la documentation
* Une garantie d’une durée de 12 mois.

Le coût de chacun de ces postes devra être détaillé dans l’annexe financière (Décomposition du Prix Global et Forfaitaire – DPGF).

Par ailleurs, l’INSA Lyon se réserve le droit de commander ou non, lors de la signature du contrat, des prestations supplémentaires éventuelles (PSE) en rapport direct avec l’objet du marché. Le CCTP comporte 1 PSE facultative.

# ARTICLE 3 - SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

## 3.1 – principales spécifications techniques

L’équipement devra pouvoir être utilisé dans le microscope électronique à balayage (MEB) environnemental Thermofisher QuattroS du Consortium Lyon Saint-Etienne de Microscopie (CLYM). Ce microscope possède déjà un grand nombre d’accessoires et une attention particulière sera portée au(x) port(s) utilisé(s) pour le(s) passage(s) de câble(s). Son poids devra être suffisamment faible pour être installé sur un goniomètre de précision.

L’équipement devra également pouvoir être installé dans le microscope double colonne (FIB/SEM) faisant l’objet du lot 1 du présent marché.

Les équipes du CLYM développant également un couplage avec la spectroscopie Brillouin, l’équipement devra également pouvoir être utilisé dans le microscope Brillouin disponible au sein de l’Institut Lumière Matière (ILM).

Il devra avoir au minimum les spécifications techniques suivantes.

**Détection et actuation :**

* Contrôle en déplacement : l’instrument doit inclure au moins un actionneur de déplacement piézoélectrique en boucle fermée ;
* Plage de déplacement : l’actionnement en déplacement doit être au moins 5 µm ;
* Résolution en déplacement : au moins 1 nm ;
* Capteur de force : Le capteur de force doit pouvoir être facilement échangé afin d’ajuster la plage de charge et la résolution à l’application requise ;
* Gamme de force : l’instrument doit pouvoir mesurer des forces normales sur une large gamme, incluant en particulier des forces faibles. Le fournisseur précisera la gamme de forces mesurables dans le microscope, et le bruit de fond associé.

**Positionnement de l’échantillon :**

* Mouvements de positionnement : l’instrument doit comporter une platine de positionnement permettant un positionnement de l’échantillon par rapport à la pointe dans les axes X, Y et Z ;
* Plage de positionnement suivant les axes X et Y : elle ne doit pas être inférieure à 10 mm ;
* Plage de positionnement suivant l’axe Z (axe de chargement) : elle ne doit pas être inférieure à 20 mm.
* Résolution sur le positionnement : au moins 1 nm selon les 3 axes X, Y et Z.

L’échantillon devra en outre pouvoir être orienté selon différentes directions pour une analyse avec différents détecteurs (imagerie vue de dessus, EDS, EBSD), sans avoir à sortir le dispositif du microscope.

**Intégration dans les microscopes :**

* Compatibilité MEB : l’instrument doit être entièrement fonctionnel dans le MEB du client, avec tous les composants de montage et de câblage/passage nécessaires inclus.
  + L’instrument devra permettre de visualiser l’échantillon pendant le test en utilisant des détecteurs d’électrons rétrodiffusés, secondaires avec une distance de travail aussi petite que possible. L’utilisation d’un détecteur d’électrons transmis (STEM) est également requise.
  + L’instrument doit être compatible avec l’utilisation d’un environnement gazeux dans le microscope, avec une pression allant idéalement jusqu’à 2600 Pa. Le fournisseur précisera la liste de gaz autorisés / déconseillés.
* Compatibilité FIB/SEM : l’instrument doit également être entièrement fonctionnel dans le FIB/SEM en cours d’acquisition par le client, dont le modèle sera à définir ultérieurement.
* Compatibilité microscope optique : le dispositif doit pouvoir être installé sur un microscope inversé Nikon Ti-U afin de permettre de collecter le signal de l’objet sous indentation en configuration de rétrodiffusion avec un objectif Nikon TU Plan EPI ELWD, la distance de travail étant de 4.5 mm. Deux configurations sont requises :
  + Une configuration de mesure à 90 ° de l’axe d’indentation,
  + Une configuration colinéaire à l’axe d’indentation (au travers du substrat ou de la pointe).
* Installation et démontage : l’instrument doit pouvoir être monté et retiré par un seul utilisateur formé, dans un temps aussi court que possible.

**Types d’essais mécaniques :**

* Modes de contrôle : l’instrument doit permettre de réaliser des tests en étant contrôlé soit en déplacement soit en force, au choix de l’utilisateur ;
* Nanoindentation : les essais de nanoindentation devront être possibles selon un protocole standard, pour déterminer la dureté et le module élastique en un endroit défini par l’utilisateur.
* Cartographie de nanoindentation : l’instrument doit permettre d’acquérir automatiquement des cartographies de la dureté et du module élastique d’un échantillon hétérogène, sur une zone de taille au moins 1 mm \* 1 mm.
* Essais dynamiques (DMA) : l’instrument doit permettre l’analyse des propriétés viscoélastiques de matériaux mous en fonction de la fréquence. Il précisera alors les caractéristiques de la solution (gamme de force, de fréquence, etc.).
* Essais tribologiques : l’équipement doit permettre la réalisation d’essais tribologiques et de frottement. Un capteur de force adapté doit être fourni pour mesurer à la fois la force normale et la force tangentielle. Le fournisseur précisera les valeurs maximales de déplacement et de forces (normale et tangentielle) possibles pour les tests de frottement, ainsi que la gamme de température accessible.
* Essais en température : l’équipement doit permettre de réaliser des tests à une température supérieure à la température ambiante.
  + Température maximale demandée : 1000°C ;
  + Mode de chauffage : contrôle indépendant de la température de la pointe et de l’échantillon ;
  + Environnement : le fournisseur détaillera les points de vigilance pour la réalisation d’essais en température sous environnement gazeux.

**Pointes :**

* La pointe doit être facilement échangeable par l’opérateur. Le fournisseur détaillera la procédure de changement et de nettoyage de la pointe et proposera une solution technique permettant de ne pas endommager le capteur de force lors du montage/démontage de la pointe.
* Un système dans lequel la pointe n’est pas solidaire du capteur de force est souhaité, de manière à ce qu’une large variété de pointes puisse être utilisée avec le même capteur de force.
* L’équipement doit être fourni avec au minimum 4 pointes, incluant une pointe Berkovich, un coin cube, un poinçon plat (flat punch) et une pointe conique.
* La composition d’au moins une pointe devra être compatible avec une utilisation à haute température.

# ARTICLE 4 - PÉRIPHÉRIQUES ET ACCESSOIRES AU FONCTIONNEMENT DE L’ÉQUIPEMENT

## 4.1- PSE

**PSE n°1 :**

Le fournisseur propose une solution permettant de caractériser la réponse viscoélastique d’échantillons durs en fonction de la fréquence. Il précisera alors les caractéristiques de la solution (gamme de force, de fréquence, etc.).

## 4.2- Accessoires

Les accessoires souhaités avec cet équipement sont : un kit complet d’entretien contenant les outils et un ensemble de pièces de remplacement (vis, capillaires,…), une fourniture de 30 nanopuces au minimum pour la réalisation d’expériences d’électrochimie et la fourniture d’une station de pompage sous vide secondaire pour tester l’assemblage de la nanocellule avant insertion dans le microscope

## 4.3 - Logiciel pour piloter l’équipement

L’équipement devra être fourni avec son électronique de contrôle, un ordinateur portable et une suite logicielle incluant une interface utilisateur graphique dédiée aux différents principes d’essais mécaniques. L’interface doit permettre à l’utilisateur de :

* Piloter les déplacements de la pointe et/ou de l’échantillon,
* Détecter de manière automatique le contact entre la pointe et l’échantillon,
* Mesurer et ajuster séparément la température de la pointe et celle de l’échantillon,
* Contrôler les paramètres de charge/déformation appliquée,
* Effectuer les différents types de test (nanoindentation, nanoindentation CSM, compression/tension, essais de frottement, …) avec un contrôle de déplacement ou en force, au choix de l’utilisateur,
* Enregistrer les données de forces et de déplacement avec une fréquence d’acquisition aussi rapide que possible. La valeur de la fréquence d’acquisition sera à préciser par le fournisseur,
* Afficher les variables pertinentes dans des tableaux, des tracés 2D et 3D, selon le type de test.
* Exporter les données brutes en format texte,
* Visualiser et traiter les données de manière adaptée au type de test, afin d’obtenir des informations mécaniques quantitatives.

Une capture vidéo est également demandée de manière à réaliser une synchronisation avec les données acquises pendant les tests micromécaniques. Le fournisseur précisera la résolution de la capture vidéo.

Le logiciel de pilotage de l’instrument et d’analyse des données doit rester entièrement fonctionnel pendant toute la durée de vie de l’équipement.

Le fournisseur précisera les modalités de mise à jour de la suite logicielle.

**Evolutivité**

Le fournisseur donnera une liste complète des évolutions possibles de l’équipement, ainsi que les prix associés.

## 4.4 - Formation

Le fournisseur prévoira une formation sur site 2 jours pour un minimum de 4 personnes afin que les utilisateurs puissent utiliser l’équipement de manière indépendante. La formation comprendra :

* Une introduction aux principes techniques,
* Au fonctionnement pratique de l’équipement et des logiciels
* Au traitement des données

La formation doit être accompagnée d’un document technique détaillé en français et/ou en anglais qui sera transmis en format papier ou PDF.

Cette formation doit être effectuée à l’issue de la mise en service de l’équipement. Les dates précises de la formation seront déterminées en concertation avec le responsable de l’installation de l’équipement.

Le fournisseur détaille également les modalités d’échanges techniques et scientifiques avec les spécialistes applicatifs sur toute la durée de vie de l’équipement, notamment pour du développement méthodologique ou des applications avancées.

# ARTICLE 5 – SERVICE APRES-VENTE

L’offre doit inclure le prix et la description de l’étendue du service après-vente et de l’assistance technique fournis par le fournisseur.

Le fournisseur doit être en mesure de fournir des pointes de différentes compositions et géométries, en particulier pour la réalisation de tests en température, sous gaz.