

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Fourniture d'un nanoindenteur instrumenté in situ MEB pour la réalisation d'essais de nanoindentation ainsi que d'essais micromécaniques

1. Contexte

La caractérisation des propriétés mécaniques aux très petites échelles est devenue un enjeu majeur avec le développement de matériaux toujours plus complexes comme les alliages métalliques multiphasés, les microstructures générées par fabrication additive, les empilements de couches minces multimatériaux, etc. Tous ont en commun une taille caractéristique de leur élément constitutif de l'ordre du micromètre, voire inférieure, nécessitant des mesures nano-/micro-mécaniques adaptées à ces dimensions.

Le présent marché porte sur l'achat, l'installation et la mise en service d'un dispositif de nanoindentation neuf, accompagné de son environnement informatique dédié, répondant à ces problématiques de mesure des propriétés mécaniques aux très petites échelles grâce à la réalisation d'essais mécaniques in situ dans un microscope électronique à balayage (MEB). Les essais mécaniques pouvant être effectués devront autant être de la nanoindentation, que des essais micromécaniques (compression de micropiliers, flexion de micropoutres, ...).

Le Laboratoire Georges Friedel (LGF UMR5307 CNRS) de l'École des Mines de Saint-Etienne (EMSE) a développé depuis de nombreuses années son expertise sur les essais micromécaniques en conditions extrêmes in situ MEB. Ce nouvel équipement viendra compléter les équipements actuels.

2. Descriptif détaillé

2.1 Configuration de base

- **In situ MEB** : Installation dans un MEB Zeiss SUPRA 55 VP en tenant compte des dimensions de la chambre d'analyse, de l'espace requis et des brides nécessaires à la connectique de l'appareil (cf. détails en annexe).
- **Vrai contrôle en déplacement** : pilotage en déplacement, et non pas un pilotage en force avec une boucle de régulation sur la profondeur.
- **Plage de chargement et résolutions** : possibilité de réalisation d'essais multiples :
 - essais micromécaniques avec une plage de $\pm$ quelques centaines de mN et une résolution inférieure à 1000 nN à 10 Hz ;
 - essais nanomécaniques avec une plage de $\pm$ quelques dizaines de mN et une résolution inférieure à 100 nN à 10 Hz.
 - La fréquence d'échantillonnage devra permettre également la réalisation des mesures en mode « fast mapping » (exemple : 1 indent/s à 100kHz)

- **Plage de déplacement z** : supérieure à quelques dizaines de μm .
- **Chargement dynamique** : Mesure de la raideur de contact en continu durant l'essai de nanoindentation pour réaliser des mesures continues de module d'élasticité et de dureté
- **Pointe d'indentation** : Flexibilité dans le choix du type de pointes proposées (géométries et matériaux), dont le remplacement devra être réalisable aisément en moins de 15 min par des personnels de l'EMSE (**le nanoindenteur doit inclure au moins une pointe Berkovich à la livraison**).
- **Echantillon** : Diamètre supérieur ou égal à 10 mm avec un système de fixation simple. **Au moins un échantillon de référence (silice fondue) doit être fourni avec le nanoindenteur** afin d'effectuer des vérifications opérationnelles et déterminer le défaut de la pointe.
- **Positionnement** : Les platines porte-échantillon et/ou déplacement de la tête d'indentation doivent avoir des axes X, Y, Z entièrement automatisables, contrôlés par une solution informatique dédiée, leur permettant d'assurer un mouvement supérieur ou égal à 10 mm avec une résolution de positionnement inférieure à quelques nm. La platine devra être parfaitement stable lors d'un maintien en position (pas de déplacements parasites).
- **Environnement informatique** : Le dispositif doit comporter une solution informatique dédiée opérationnelle sur un système Windows 10 (ou plus récent) permettant le contrôle complet du nanoindenteur, des mouvements mécaniques, l'acquisition des données et l'analyse des mesures. Elle permettra de programmer un large éventail de méthode d'essais (chargement à vitesse de déformation constante, relaxation à déplacement constant, ...). Le dispositif doit permettre l'exportation des données brutes et/ou traitées aux formats standards texte et/ou Microsoft Excel.

2.2 Prestations supplémentaires facultatives à chiffrer

Essais à température cryogénique : les candidats fourniront le descriptif technique ainsi que le prix associé s'ils sont en mesure de fournir ce système.

3. Livraison, installation, formation

L'équipement devra être livré et installé à l'adresse suivante :

Mines Saint-Etienne
Centre SMS
158 Cours Fauriel
CS62362
42023 Saint-Etienne Cedex 2

Il devra être livré avec l'intégralité de la documentation technique (français et/ou anglais) nécessaire à son utilisation. Les notices d'installation et d'utilisation des logiciels associés devront également être fournies.

Le titulaire est tenu de former les utilisateurs suite à l'installation.

Le délai de livraison devra être précisé quand l'offre et sera contractuel.
Les candidats indiqueront également le délai d'installation/formation si celle-ci n'est pas directement consécutive à la livraison.

4. À préciser ou détailler dans l'offre technique

- **Descriptif détaillé de toutes les spécifications techniques de l'équipement**
- **Documentation technique pour l'installation et l'utilisation des logiciels associés au dispositif**
- La taille maximale des échantillons pouvant être analysée, en particulier l'épaisseur, suivant les supports échantillons fournis
- La valeur de la raideur du système, calibrée avec un échantillon de référence (silice fondue).
- Les possibilités de formation avancée sur les logiciels d'exploitation
- Les conditions de passage dans les versions supérieures pour la partie informatique
- Les conditions de garantie du matériel
- La structure et l'organisation du SAV, notamment sa localisation géographique
- Le délai de livraison

Fournir un devis détaillé faisant mention de l'ensemble des éléments inclus dans le chiffrage

5. Evaluation technique de l'offre

- Prix. **70 %**
- Ouverture logiciel pilotage système et du logiciel de dépouillement **20%**
- Délai de livraison. **10%**

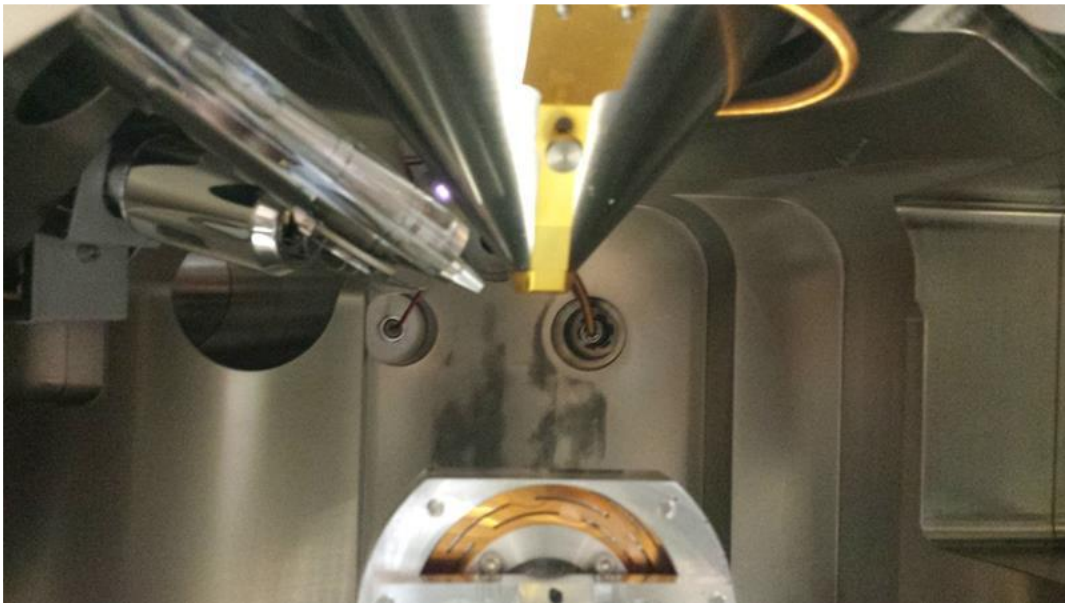
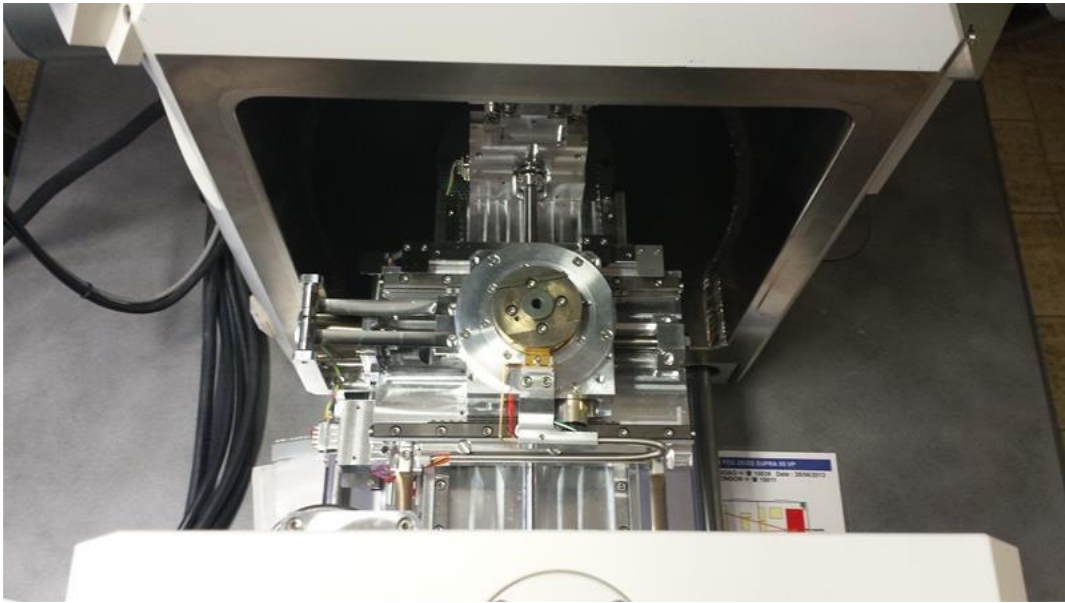
Les offres ne respectant pas les spécifications minimales décrites dans le présent document seront considérées comme non conformes et seront éliminées.

6. Annexe

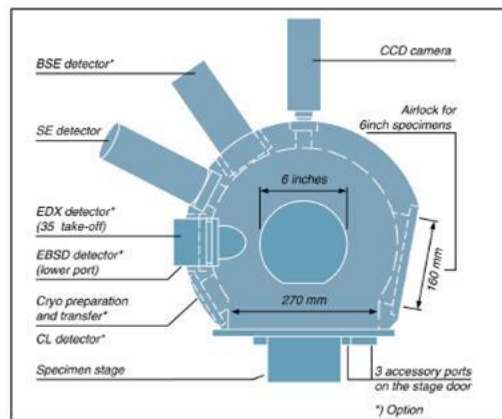
Photos du MEB FEG SUPRA 55 VP



Photos du MEB FEG SUPRA 55 VP



Plan Chambre du MEB FEG SUPRA 55 VP



SUPRA55 VP System configuration

