

Appel d'offres – Matériel de laboratoire 3 lots

Lot n°1 : Microscope électronique à balayage

Cahier des clauses techniques particulières (CCTP)

Consultation n° CCAP n°25.024 du 05/12/2025

Pour plus de précisions, le candidat peut contacter le référent technique, porteur du projet :

Responsables du suivi technique :

Mme Aude Bolopion Chercheuse en microrobotique

Université Marie et Louis Pasteur - UFR ST (Sciences et Techniques)
INSTITUT FEMTO-ST Département AS2M Plateforme CMNR (Centre de Micro et Nano Robotique)
24, rue Alain Savary
25000 Besançon Cedex

Téléphone : 03 81 40 29 25

Courrier électronique (e-mail) : aude.bolopion@femto-st.fr

1 OBJET DE LA CONSULTATION ET DESCRIPTIF DES PERFORMANCES

Procédure d'achat d'un microscope électronique à Balayage pour réaliser de la micro-robotique in-situ à l'aide d'un bras robotique installé dans la chambre sous vide.

Nous recherchons un centre d'ingénierie et d'imagerie permettant la fabrication de micro/nano systèmes élémentaires 2D, leur caractérisation et leur assemblage en micro/nano systèmes 3D en remplacement de notre station actuelle appelée « Micro-Robotex » achetée en 2011, livrée en 2012 et 2013 sur le site du département AS2M, dans le centre de Micro et Nano Robotique.

1-Description de la station existante :

Notre station existante se compose :

D'un microscope électronique à balayage avec une très grande chambre de 60*60*60 cm, d'une colonne d'électron à émission de champs (FEG, Field Emission Gun) et de trois détecteurs, un détecteur Inlens, un détecteur secondaire SE2 et un détecteur ESB. Ce microscope est aussi équipé d'une platine à 5 degrés de liberté permettant de manipuler des objets dans la chambre sous vide et de les entrer par un SAS à l'aide d'une canne de transfert manuelle.

D'une colonne ionique, faisceau d'ion focalisé, FIB, à base de gallium, installé à 54° de la colonne d'électron qui permet de graver, creuser, découper la matière à forte puissance, qui permet de plier certains matériaux à puissance moyenne, qui permet de souder en ajoutant un gaz réactif à puissance douce et qui permet de faire des images à hautes résolutions.

D'un injecteur de gaz amovible et rétractable équipé de 3 cartouches de gaz, une cartouche de gaz de gravure à base de XeF₂, 2 cartouches de gaz de dépôt à base de naphthalène et de cyclopentadiényl-platine.

A l'intérieur de cet ensemble, MEB/FIB/GIS, nous avons installé un robot fabriqué à partir d'axes individuels -3 axes de translation X, Y, Z, et 3 axes de rotation θ X, θ Y et θ Z. Ce robot travaille en collaboration avec la platine (X, Y, Z) du microscope par l'intermédiaire d'un ordinateur -maitre- qui commande le robot et interroge toutes les 500 milli-secondes l'ordinateur du microscope -esclave- afin de récupérer un ensemble de paramètres pour définir les positions et états de chacun des composants du microscope. Grâce à cette communication développée en interne par les roboticiens de notre département, via l'API du système de gestion du microscope, le robot est susceptible de travailler en collaboration avec le microscope afin de réaliser toutes les opérations nécessaires à la réalisation de microsystèmes en 2 ou 3 dimensions actionnées. Le système de contrôle et de commande du robot utilise toutes les données utiles du microscope dont les images issues des détecteurs d'électrons afin d'atteindre des précisions de pilotage du robot de l'ordre de quelques centaines de nanomètres. Les deux systèmes robotiques à l'intérieur de la chambre sont destinés à travailler ensemble en temps réel afin de réaliser toutes les opérations de robotique nécessaires aux différents projets de la plateforme CMNR.

2 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Nous souhaitons acquérir une station MEB/FIB/GIS/robot avec des propriétés similaires à celle de la station actuelle, avec une chambre à vide de grande dimension au moins 300*250*500mm

Une de nos principales préoccupations outre les performances de l'ensemble de la station c'est de pouvoir réutiliser le langage de programmation, les éléments de connexion et de communication entre les 2 ordinateurs du robot et du microscope, tous les développements robotiques acquis durant plusieurs années pour pouvoir les réinstaller directement sur le microscope objet de cette procédure d'achat. Nous souhaitons pouvoir utiliser la même API et les mêmes éléments d'interrogations pour faire communiquer l'ordinateur du robot et l'ordinateur du MEB/FIB/GIS selon la même procédure de maitre et esclave afin d'obtenir une plus grande précision au niveau de la robotique et une plus grande précision de découpe, pliage, usinage, soudage et assemblage.

Nous souhaitons utiliser les informations visuelles extraites des images temps-réel électroniques (microscope électronique à balayage en mode SE, Inlens, BSE...) pour commander les autres composants dont les robots (platine eucentrique, robot manipulateur, pince), la colonne ionique et la colonne électronique. Cela exige donc :

- d'avoir une grande chambre pour installer outre la platine, des robots manipulateurs munis de pinces, une colonne ionique,
- d'avoir un accès aux paramètres de pilotage de la colonne électronique (grandissement, mise au point, temps de maintien, ...),
- d'avoir un accès aux flots vidéo des détecteurs SE, Inlens, BSE
- d'avoir un accès aux paramètres de pilotage de la platine à 5 ou 6 degrés de liberté,
- d'avoir un accès aux paramètres de pilotage de la colonne ionique.

3. LE MARCHE COMPREND UN EQUIPEMENT PRINCIPAL ET TROIS PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES EVENTUELLES DONT LES SPECIFICATIONS SONT INDIQUEES CI-DESSOUS:

3.1 équipement principal

Composant	Spécifications	Valeurs minimales
Colonne Électronique	Colonne : - Lentille : - source : - tension d'accélération : - courant de faisceau : - résolution : - grandissement : - dwell time : - taille de l'image	- Colonne type beam booster présent sur la totalité de la colonne, simple condenser avec diaphragme multi trou de sélection de courant - 1 doublet électrostatique / magnétique - émission de champ (FEG) - 20V à 30kV sans utilisation de platine à décélération d'énergie - 5 pA à 20 nA - 0,9 nm à 15 kV et 1,7 nm à 1 kV, - 12x à 2.000.000x au format polaroid 4/3 - 25 ns/pixel - 16 bits et jusqu'à 32 768*24 576 pixels par image
Détecteurs	- détecteur SE Everhart-Thornley - détecteur SE dans la lentille - détecteur de courant d'échantillon. - caméra CCD infra rouge pour l'observation de la chambre - imagerie SEM + FIB	- 1 - 1 - 1 - 2 - Imagerie MEB haute résolution pendant le travail du FIB,
Vide	- pompage différentiel : - valeur de vide dans la chambre : - pompe ionique - valeur de vide dans la colonne :	- primaire et secondaire avec un mode silencieux - 10^{-7} mbar - pour la colonne d'électron et la colonne d'ion - en dessous de 10^{-10} mbar
Chambre	- Diamètre interne : - Hauteur :	- environ 350 mm - environ 300 mm

	- ports pour accessoires dont FIB et GIS, SIMS, EBSD...:	- 18 ports
Platine eucentrique	<ul style="list-style-type: none"> - platine - axes en translation : - course axes en translation : - résolution axes en translation : - répétabilité axes en translation : - axes en rotation : - course axes en rotation : - résolution axes en rotation : - répétabilité axes en rotation : 	<ul style="list-style-type: none"> - 6 axes supereucentrique - X, Y, Z - 100 mm - 100 nm - 3 µm - Tilt, Rotation - 360° - 0,1 ° - 0.1°
Système de contrôle	<ul style="list-style-type: none"> - PC : - Ecrans 19" : - Joystick de pilotage de la platine : - Acquisition : - Flot vidéo : 	<ul style="list-style-type: none"> - aux caractéristiques actuelles les plus performantes - 1 - 1 - oui - oui
Injecteur de gaz (GIS)	<p>Pour un volume de 10 µm x 2 µm x 1 µm sur wafer SOI (silicon-on-insulator) et une colonne électronique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - vitesse de dépôt platine : - vitesse de dépôt carbone : <p>Pour un volume de 10 µm x 2 µm x 1 µm sur wafer SOI et une colonne ionique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - vitesse de dépôt platine : - vitesse de dépôt carbone : 	<p>Réalisation de dépôt de fonctionnalisation ou de liaison mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> - de 5 à 100 nm /minutes - de 5 à 100nm /minutes - 500 s/minutes - 500 s/minutes
Unité de refroidissement	<ul style="list-style-type: none"> - Refroidissement d'eau en circuit fermé : - Echangeur d'air 	<ul style="list-style-type: none"> - oui - oui
Kit de développement C/C++	<ul style="list-style-type: none"> - Fonctions de réglage de la colonne électronique : - Fonctions d'accès au flot vidéo : - Fonctions de réglage de la platine : - Fonctions de réglage de la colonne ionique : 	<ul style="list-style-type: none"> - oui - oui - oui - oui
Service	<ul style="list-style-type: none"> - Pré installation : - Livraison : - Installation : - Formation sur site : - Garantie : 	<ul style="list-style-type: none"> - oui - 5 mois maximum - oui - 5 jours - 2 ans inclus,
Composant	Spécifications	Valeurs minimales

3.2 Prestations supplémentaires éventuelles

Composant	Spécifications	Valeurs minimales
SAS d'introduction	Sas d'introduction des échantillons dans la chambre	
Maintenance	Contrat de maintenance supplémentaire	-Pouvant aller jusqu'à 3 ans de plus
Colonne ionique (FIB)	<ul style="list-style-type: none">- type de la source :- résolution :- tension d'accélération :- courant de faisceau :- pompage différentiel :- FIB resolution	<ul style="list-style-type: none">- Gallium liquide ou un ion plus léger- 3nm à 30kV 7 nm à 30 kV- 500V à 30kV 1 kV à 30 kV- 1 pA à 100nA 20 nA, à 30 kV- oui

A.....le,.....

Lu et approuvé

L'entreprise, (cachet et signature)