

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

MARCHÉ PUBLIC DE FOURNITURES COURANTES ET DE SERVICES

**2026DAC0072L00 - Acquisition d'un microscope
électronique en transmission haute résolution 120kV
équipé de modules STEM et EDS**

Université Clermont Auvergne
49 Boulevard François Mitterrand
CS 60032
63000 CLERMONT-FERRAND

MICROSCOPE ELECTRONIQUE EN TRANSMISSION 120kV

EQUIPE DE MODULES STEM ET EDS

Le présent marché a pour objet la fourniture, la livraison, l'installation, la mise en marche, la garantie et la formation à l'utilisation d'un microscope électronique en transmission (MET) et de ses équipements annexes pour le Centre Imagerie Cellulaire Santé (CICS) de l'Université Clermont Auvergne.

Un Microscope Electronique en Transmission 120kV comprenant les caractéristiques ci-après, équipé de deux caméras et de deux modules supplémentaires (STEM, EDS) détaillés ci-dessous :

COLONNE 120kV ET SOURCE LAB6 :

- Indiquer la résolution de l'équipement à 80kV et 120kV
- Indiquer la gamme de tension d'accélération et le pas entre chacune
- Indiquer le type de lentille objectif : haut contraste vs haute résolution ou possibilité d'avoir les 2 dans la même colonne - décrire cette lentille si elle a des caractéristiques particulières
- Indiquer la gamme de grossissements selon le mode (HR ou HC) et les pas entre les grossissements à haute résolution ($> \times 200\,000$)
- Préciser l'angle possible de rotation de l'image et le pas entre chacun
- Indiquer la possibilité d'auto-alignement du faisceau, d'autofocus et d'auto-astigmatisme
- Indiquer le nombre de diaphragmes objectifs avec leurs diamètres respectifs
- Indiquer si les diaphragmes objectif et condenseur sont motorisés avec contrôle par le logiciel
- Inclure un porte échantillon 3 grilles minimum permettant une observation à haute résolution sans drift
- Rajouter un schéma du porte échantillon et une notice d'utilisation ou vidéo
- Inclure un porte échantillon 1 grille - Rajouter un schéma du porte échantillon et une notice d'utilisation ou vidéo
- Inclure un porte échantillon en béryllium pour l'analyse EDS - Rajouter un schéma du porte échantillon et une notice d'utilisation ou vidéo
 - Indiquer les tilts possibles pour ces 3 portes échantillon ainsi que le pas entre chaque tilt
 - Indiquer le temps de pompage lors de l'introduction d'un échantillon
 - Indiquer si les axes X, Y, Z sont motorisés et la possibilité de naviguer directement en cliquant sur l'image acquise de la totalité de la grille
 - Décrire le système de vide : nombre et type de pompes et leurs caractéristiques respectives
- La pompe primaire devra être silencieuse : isolation phonique ou mode silencieux
- Inclure 2 filaments LaB6
- Inclure une grille de référence type « cross grating latex » (carreaux 500nm) pour vérifier la calibration du MET et des caméras
- Inclure un refroidisseur air/eau
- Configurer l'équipement pour permettre son évolution vers la cryo-microscopie : inclure un piège froid, compatibilité avec les pièces polaires entre autres
 - Indiquer s'il est possible de réaliser des clichés de diffraction : diaphragme de diffraction présent et ses dimensions, beam stop, logiciel d'analyse des clichés de diffraction
 - Indiquer le délai de livraison du MET et le temps d'installation
 - Indiquer la date de sortie du MET et le nombre d'années de disponibilité des pièces.
- Formation initiale à l'utilisation du MET pour 4 personnes suivie d'une formation complémentaire avancée (notamment aux opérations de maintenance préventive et curative de premier niveau) réalisée après 6 mois ou 1 an d'utilisation. Préciser le contenu des formations initiale et avancée et leur durée.
- Inclure un compensateur de champs électromagnétiques ACTIF 6 boucles de type TWIN-MR3 Stefan Mayer double capteur AC-DC permettant de virtualiser un capteur central situé idéalement au niveau de la colonne, basse fréquence. L'installation doit être comprise. Les résultats avec le système de correction devront être conformes au pouvoir de résolution du MET annoncé par le constructeur.
- Inclure une table 100x50cm blanche pour préparer les échantillons + une lampe loupe professionnelle type Waldmann + 2 tabourets mousse à roulettes
- Inclure un meuble bas à tiroir sur roulettes en bois, dimensions à définir avec le CICS
- Fournir les manuels d'utilisation et les documentations techniques en français si possible

PUPITRE DE COMMANDE MET :

- Inclure un trackball pour le pilotage XY
- Inclure un pupitre de contrôle du MET
 - Indiquer la taille du pupitre, inclure une photo descriptive et préciser s'il est déplaçable
 - Expliquer les réglages présents sur le pupitre
 - Indiquer le nombre de réglages paramétrables sur le pupitre
 - Indiquer si le MET peut se piloter avec la souris via le logiciel

CAMERA SCREEN EN POSITION SIDE :

- La technologie requise est une caméra CMOS à scintillateur
- Son capteur devra être au minimum de 2k x 2k
- La caméra devra avoir une vitesse d'acquisition minimum de 30 fps en résolution 2k
 - Indiquer la résolution de la caméra screen
 - Indiquer le nombre d'images par secondes
 - Indiquer le nombre de pixel de l'image
 - Indiquer la taille du pixel
 - Préciser le grossissement réellement obtenu après capture par la caméra side au G x10 000 du MET
 - Indiquer la résolution des images obtenues et les formats possibles
 - Indiquer le nombre de bits possibles
 - Indiquer la possibilité de prêt d'une caméra identique en cas de panne et les conditions du prêt

CAMERA BAS DE COLONNE :

- La technologie requise est une caméra CMOS à scintillateur, couplée par fibre optique
- Son capteur devra être au minimum de 4k x 4k avec une taille de pixel inférieure ou égale à 10µm
- Le scintillateur devra être couplé au capteur CMOS par fibre optique avec un rapport 1 : 1 et avec un traitement optimisé pour minimiser la perte de lumière
- La caméra devra avoir une vitesse d'acquisition minimum de 20 fps en résolution 4k, 70 fps en 2k avec binning 2 et 150 fps en 1k avec binning 4
- L'efficacité quantique de détection (DQE) de la caméra devra être supérieure à 6% à 120kV
- La caméra devra présenter une saturation dynamique, par image unique, supérieure à 30 000 coups avec une accumulation d'images 16 bits et une technologie de lecture permettant d'optimiser sa plage dynamique intrinsèque, garantissant un contraste optimisé - décrire le système d'optimisation de contraste
- La caméra devra disposer d'une option de montage automatique d'images pour l'acquisition d'images à haute résolution sur des grands champs d'observation
 - Préciser la méthode utilisée pour le montage automatique : déplacement automatique de la platine, image shift...
 - Préciser la valeur de l'efficacité de conversion du scintillateur à 120kV
 - Préciser si la caméra peut acquérir des figures de diffraction sans masque de faisceau (sans beam stop) et sans phénomène d'étalement de charge (blooming) même sous une dose d'électrons élevée
 - Indiquer la limite de Nyquist
 - Préciser si une rotation de l'image existe entre les caméras side et bottom
 - Préciser le grossissement réellement obtenu après une capture par la caméra au G x10 000 du MET
 - Indiquer le système de refroidissement de la caméra
 - Indiquer la date de sortie de la caméra proposée et le nombre d'années de disponibilité des pièces de maintenance
 - Indiquer la résolution des images obtenues et les formats possibles
 - Indiquer le nombre de bits possibles
 - Indiquer la possibilité de prêt d'une caméra identique en cas de panne et les conditions du prêt
- Formation initiale à l'utilisation de la caméra bas de colonne suivie d'une formation complémentaire avancée réalisée après 6 mois ou 1 an d'utilisation pour 4 personnes en fonction des besoins. Préciser le contenu des formations initiale et avancée et leur durée.

- Ajouter une Licence supplémentaire (dongle ou licence réseau) du logiciel pilotant la caméra bas de colonne pour approfondir les analyses sur le poste de travail déporté, demandé dans cet appel d'offre.
- Inclure les éléments informatiques nécessaires au partage des écrans/souris/clavier pour travailler sur 1 écran de préférence (voir ci-après)

SYSTEME D'EXPLOITATION WINDOWS 11 ET LOGICIELS DE PILOTAGE DU MET, DE LA SCREEN CAMERA ET DE LA CAMERA BAS DE COLONNE :

- Le PC de pilotage du MET sera sous Windows® 11 et comprendra au minimum les caractéristiques suivantes : 64 bits, 8 Go de RAM, processeur 2GHZ minimum, et 2To d'espace de stockage. Le Pack Office® devra être intégré. Détailler la configuration du matériel informatique (processeur, RAM, cartes graphiques, périphériques).
- Fourniture d'un poste de travail ergonomique : 1 table adaptée pour 2 personnes à hauteur variable si possible, 1 fauteuil avec accoudoirs et tête, 1 souris verticale, 1 clavier sans fil et 1 écran incurvé de 49 pouces de préférence (ou 2 écrans de 28 pouces)
- Prévoir un système spécifique permettant un contrôle du MET, des 2 caméras et des 2 modules (STEM, EDS) sur 1 écran uniquement de préférence (ou sur 2 écrans)
- Prévoir l'intégration du logiciel de la caméra bas de colonne dans le logiciel de pilotage du MET si possible
- Inclure l'option nécessaire à la réalisation de mosaïque d'images grand champ et indiquer le nombre d'images maximal pouvant être prises en photo
- Inclure un poste de travail supplémentaire : PC fixe, écran plat 28 pouces, roller mouse Red Plus Contour, de puissance adéquate pour mener les analyses d'images et analyses EDS : Windows® 11 avec les Licences ou dongle nécessaires (logiciel de la caméra bas de colonne, logiciel EDS, logiciel d'analyse d'images...) et un Pack Office®. Détailler la configuration de ce PC d'analyse
 - Indiquer le coût d'une mise à jour du système d'exploitation Windows et quels éléments du MET et de la caméra bas de colonne doivent être changés
 - Indiquer le coût d'une mise à jour logiciel (V3.1 en V3.2) ou de changement de version (V3.1 en V4.1) sous contrat de maintenance et hors contrat de maintenance
 - Indiquer si le logiciel de pilotage du MET peut être pris en main à distance (allumage haute tension, prise de photos...)
 - Indiquer si le logiciel de pilotage du MET permet de suivre la maintenance de l'équipement
 - Indiquer la présence d'une fonction de pré-irradiation de l'échantillon type low-dose
 - Indiquer la possibilité de corriger le drift
 - Indiquer la possibilité d'utiliser la FFT pour aligner le faisceau, régler le focus et l'astigmatisme
 - Indiquer la possibilité de faire des mesures en mode live
 - Indiquer la possibilité de faire automatiquement du comptage et mesure de particules
- Un export direct des mesures effectuées sur une image devra être possible sous Excel®
 - Indiquer combien d'images est-il possible de conserver sur l'écran « mémoire tampon » (sans sauvegarder), directement accessibles
 - Indiquer la possibilité d'acquérir et de reconstruire des stacks de tomographie
 - Un logiciel d'analyse d'images type Amira® serait apprécié, le décrire et prévoir la formation adaptée à son utilisation le cas échéant
 - Une solution CLEM (porte-échantillons spécifique, logiciel...) serait appréciée, la décrire le cas échéant

MODULE STEM :

- Indiquer la résolution du STEM à 120kV
 - Décrire la géométrie complète du détecteur (anneaux, secteurs...) et les modes de détection possible (DF, BF)
 - Indiquer s'il est rétractable et motorisé

MODULE EDS :

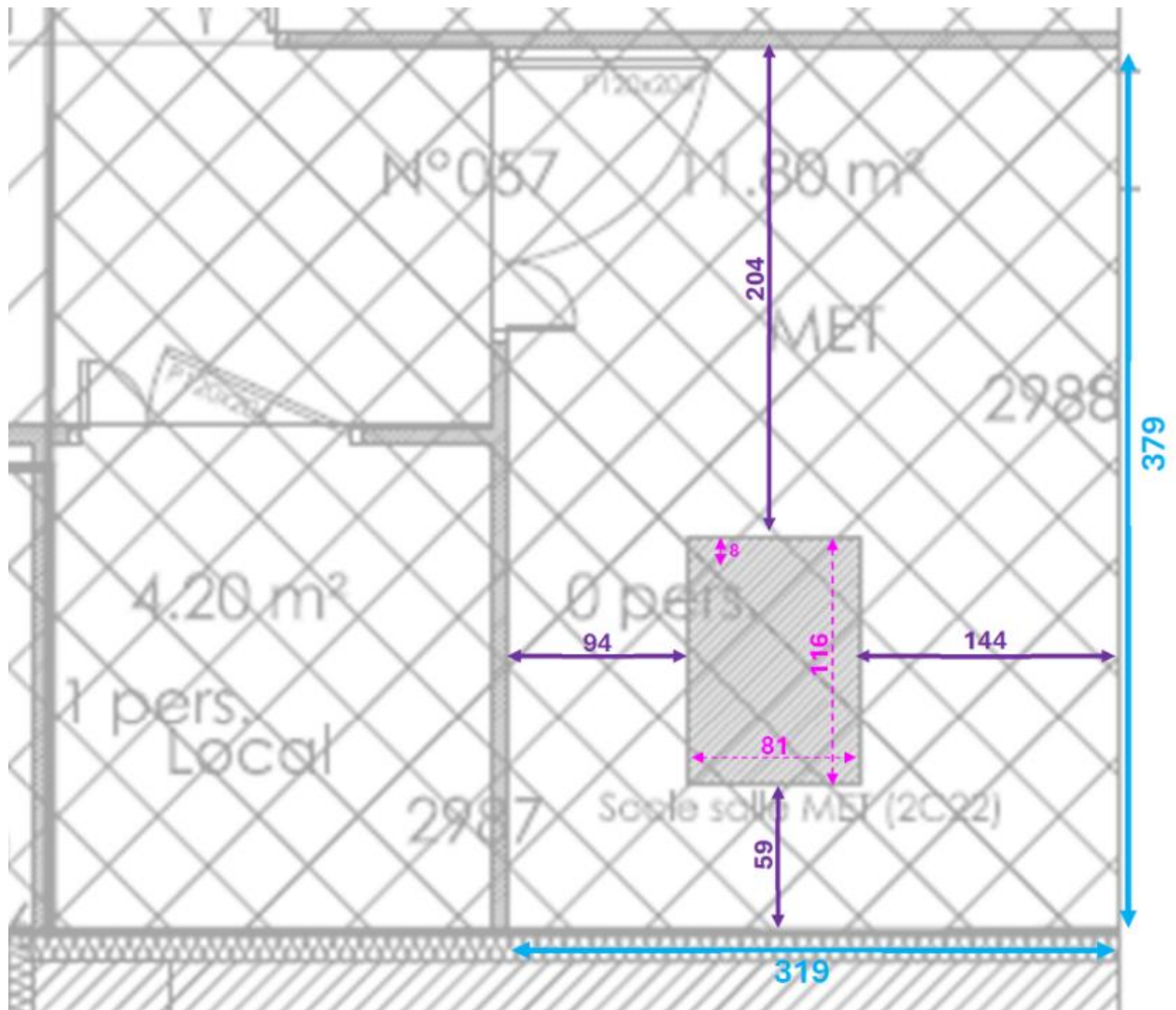
Ce système, basé sur la détection de rayons X (EDS - Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), permet l'analyse élémentaire d'échantillons de tailles nanométriques.

Il comprendra les caractéristiques suivantes :

- Le module EDS devra être compatible avec tous les MET du marché
- Le détecteur sera motorisé et refroidi par effet Peltier

- Sa surface active de détection sera de 80 mm² au minimum
- Le détecteur devra avoir une sensibilité aux éléments légers.
- Il permettra des analyses qualitatives et quantitatives avec ou sans standard, incluant l'acquisition d'images digitales et spectrales, la cartographie en temps réel, le profil spectral (lignes de profils qualitatives et quantitatives), la cartographie quantitative, la détection automatique de phases présentes
- Le logiciel de pilotage comprendra une option de correction de dérive des images lors de l'acquisition d'un spectre, d'une ligne de profil ou d'une cartographie
- Inclure un standard pour contrôler quotidiennement et facilement la calibration du système
- Le PC sera sous Windows® 11 et comprendra au minimum les caractéristiques suivantes : 64 bits, 16 Go de RAM et 2 To d'espace de stockage.
- Inclure une Licence supplémentaire déportée (dongle ou licence réseau) pour approfondir les analyses EDS sur le poste de travail déporté demandé dans cet appel d'offre.
- Inclure les éléments informatiques nécessaires au partage des écrans/souris/clavier avec le MET/caméras pour travailler sur 2 écrans uniquement
- Formation initiale à l'utilisation du système de microanalyses X pour 4 personnes, réalisée par le fournisseur, suivie d'une formation complémentaire après 6 mois ou 1 an d'utilisation
- Fournir les manuels d'utilisation et les documentations techniques en français si possible
 - Détailler les caractéristiques du détecteur proposé : résolution avec taux de comptage associé, limite de détection, type de fenêtre, taux de comptage maximal en sortie...
 - Décrire la totalité des fonctionnalités présentes dans le logiciel de pilotage du système
 - Préciser la ou les méthodes de filtrage du bruit de fond ainsi que la résolution des images obtenues
 - Préciser si le logiciel permet de calculer la densité de l'échantillon et la profondeur analysée
 - Indiquer la liste complète des options logicielles disponibles et leurs coûts
 - Détailler la configuration du matériel informatique : processeur, RAM, cartes graphiques, périphériques

SCHEMA D'IMPLANTATION : Proposer un schéma d'implantation par rapport à la dalle anti-vibration existante - voir plan des locaux ci-dessous



Une garantie minimale de 3 ans devra être intégrée dans l'offre pour le microscope électronique en transmission, la caméra bas de colonne et le STEM. Elle comprendra obligatoirement à minima une visite préventive par an et les visites curatives illimitées si pannes toutes pièces comprises. Une garantie d'un an à minima devra être intégrée dans l'offre pour le module EDS. Elle comprendra obligatoirement à minima une visite préventive par an et les visites curatives illimitées si pannes toutes pièces comprises

Une durée supérieure de garantie pour le microscope électronique en transmission et ses modules peut être contractualisée sur proposition du candidat. Si le titulaire a proposé dans son offre une garantie plus longue que la garantie minimale et/ou une offre plus étendue, les éléments de son offre qui sont plus favorables à l'Université Clermont Auvergne l'engagent pendant toute la durée du contrat.

A compter de la date d'admission, l'équipement est garanti gratuitement contre tout vice de fabrication ou défaut de matière pendant une durée minimale de trois années. Cette garantie couvre au minimum le démontage, le remplacement et le remontage des parties de l'équipement qui seraient à l'usage reconnues défectueuses. Cette obligation s'étend notamment à la couverture des frais consécutifs au déplacement, à l'emballage et au transport de matériel, nécessités par la remise en état ou le remplacement. En outre, le titulaire a un devoir de transparence et doit préciser dans son offre l'étendue de la garantie proposée et plus particulièrement les composants de son équipement qui répondent à la définition de « consommables » et qui ne seraient pas couverts par la garantie minimale. Les opérations de remise en état peuvent être effectuées sur le lieu d'utilisation de la prestation ou dans les établissements du prestataire.

La garantie de trois ans devra inclure les mises à jour et changements de version de tous les logiciels proposés dans l'offre : pilotage MET, caméra bas de colonne, EDS... La compatibilité entre tous les logiciels et le système Windows®11 doit être assurée. La mise à jour s'entend comme une évolution dans une même version du logiciel (passage d'une version 5.0 à 5.1). Le changement de version s'entend comme le passage d'une version 5.1 à 6.0. Les autres engagements du titulaire concernant les logiciels figurent dans son offre. Dans l'éventualité d'un changement majeur de version ou un changement complet de logiciel pendant une période de 5 ans, l'Université Clermont Auvergne apprécierait que ces derniers soient inclus dans l'offre de base ainsi que tous les coûts afférents (changement d'électronique, PC, etc.).

Le service après-vente du titulaire inclut un support technique, y compris sur les logiciels, gratuit et illimité pendant les jours ouvrés sur toute la période de garantie. Le support est accessible par téléphone (appel non surtaxé) et par courriel. Le titulaire s'engage sur un délai de réponse inférieur à 48H. Les autres engagements du titulaire concernant le support technique figurent dans son offre.

Pendant toute la période de garantie, le titulaire a une obligation de résultat concernant le respect des délais d'intervention sur site en cas de panne de l'équipement. Ce délai s'entend en jours ouvrés à compter de la demande d'intervention. La demande d'intervention par le CICS peut être effectuée par téléphone, confirmée par voie électronique. L'enregistrement de la demande d'intervention doit faire l'objet d'une confirmation écrite par le titulaire. Le délai d'intervention commence dès l'enregistrement de la demande d'intervention du CICS par le titulaire. Le délai maximal d'intervention après signalement d'une panne par le CICS est de 5 jours ouvrés.

Pendant toute la période de garantie, le titulaire a une obligation de résultat et de délai concernant la remise en état de fonctionnement opérationnel de l'instrument en conformité avec les performances techniques et fonctionnelles prévues initialement. 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 du CICS, après consultation du titulaire. Sauf décision écrite expresse du CICS, ce délai est inférieur à 7 jours ouvrés. Le point de départ de ce délai de mise au point ou de réparation en cas de panne commence à la date de première intervention sur site du titulaire ou en cas d'absence d'intervention du titulaire, à la date de la demande d'intervention du CICS.

En outre, le titulaire doit exécuter les réparations qui lui sont demandées même s'il fait des réserves sur la mise en jeu de la garantie technique ou sur les délais d'intervention définis ci-dessus. De plus, si le MET ou un de ses modules tombe en panne pendant la période de garantie, celle-ci sera prolongée de la durée de l'immobilisation de l'équipement concerné.

Avant de procéder à la livraison, le titulaire se met en relation avec le conducteur du projet pour l'Université Clermont Auvergne désigné lors de la notification du marché, afin notamment de convenir avec lui d'une date et d'une heure de livraison et d'installation. Les livraisons sont effectuées sans supplément de prix à l'intérieur des locaux. Le matériel livré est déposé à l'emplacement indiqué par les personnels de l'Université en service. Aucun colis ne doit être laissé à l'extérieur de l'établissement.

Les opérations de livraison réalisées par le titulaire incluent :

- Le transport jusqu'au lieu d'implantation, décharge du matériel compris,
- La fourniture de l'ensemble des matériels de manutention,
- La protection des espaces traversés : murs, sols, portes, etc.,
- L'enlèvement des emballages et déchets et leur élimination dans le respect de la réglementation en vigueur,
- Le nettoyage des zones traversées pour ôter toutes traces de passage.

L'emballage et l'étiquetage doivent assurer une information et une protection efficaces, tant du point de vue de la conservation que du point de vue de la manutention, jusqu'à destination finale. Ils doivent être conformes à tous règlements et normes. Les dégâts occasionnés par un emballage défectueux, mal adapté ou insuffisant, sont à la charge du titulaire.