

MARCHES PUBLICS DE FOURNITURES COURANTES ET SERVICES

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES ARTS ET METIERS -
ARTS ET METIERS

CL 25.31-2
CAMPUS Cluny

**FOURNITURE, LIVRAISON, INSTALLATION ET MISE EN SERVICE
D'UN DIFFRACTOMÈTRE Á RAYONS X ET DE SES PERIPHERIQUES
(MATERIELS ET LOGICIELS)**

**CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES
(CCTP)**

Article 1 : OBJET DE LA CONSULTATION

Le présent marché a pour objet l'achat d'un diffractomètre à rayon X qui sera installé dans les locaux des Arts et Métiers, Campus de Cluny, 13 rue Porte de Paris, 71250 Cluny.

Article 2 : DESCRIPTION DE LA SOLUTION SOUHAITEE

2.1 Généralités

Le présent cahier des charges concerne la fourniture, la livraison, l'installation, la mise en service ainsi que la formation à l'utilisation d'un diffractomètre à rayons X (DRX) et de ses périphériques (matériels et logiciels). Cet équipement sera utilisé pour des activités de caractérisation des matériaux notamment pour l'identification et la quantification des phases cristallines pour des matériaux massifs ou des dépôts métalliques, céramiques, polymères ou composites avec ou sans gradient de propriétés. L'équipement pourra aussi, en fonction des options proposées par le fournisseur, être utilisée pour la détermination et l'identification des textures cristallines, la détermination des contraintes résiduelles, l'analyse des profils de raies de diffraction.

Il sera utilisé à des fins de recherches scientifiques, techniques et technologiques mais également à des fins pédagogiques et il doit être conforme au présent CCTP.

Les travaux qui seront réalisés sur cet équipement s'inscriront dans le domaine de la science des matériaux et de la caractérisation de ceux-ci en relation avec les procédés de fabrication, d'assemblage et les traitements de surface mis en œuvre ou étudiés au laboratoire LaBoMaP.

2.2 Prestations

Est à la charge des Arts et Métiers :

- La préparation du site d'implantation dans un local approprié identifié accueillant le futur équipement de diffraction du LaBoMaP ;
- L'amenée et raccordement des divers fluides (air comprimé, gaz neutre, eau de refroidissement) et électricité jusqu'à l'équipement ;
- Le câblage électrique entre le réseau et la protection générale de l'installation.

Est à la charge du titulaire :

- Le déchargement et transport à pied d'œuvre et mise sur le site, et la saisie du protocole Arts et Métiers ;
- La fourniture d'un plan de prévention à fournir au préalable, conforme au plan de prévention Arts et Métiers ;
- Le montage, la mise à niveau, les interconnexions des divers éléments ainsi que la mise en service ;
- Le fournisseur devra être autonome sur son chantier et particulièrement en ce qui concerne l'outillage nécessaire à la réalisation de la tâche ;
- La vérification de la conformité de l'installation par un organisme agréé et désigné par Arts et Métiers, et fourniture d'un rapport d'étalonnage des différents équipements du goniomètre (détecteurs, ...) après installation.

2.3 Contraintes

2.3.1. Contraintes sécuritaires

L'équipement devra être conforme aux normes et règlements en vigueur en France.

Un certificat de conformité à la norme NF C 74/100, établi par le fournisseur et le fabricant ainsi qu'un rapport technique signé et daté justifiant la conformité à la décision ASN 2017-DC-0591 seront

remis le jour de la livraison de la machine.

En particulier, les fabricants devront confirmer que, dans le cadre du marquage CE, leurs équipements sont conformes à :

- NF EN 61000-3-2/A2 Novembre 2009 - Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 3-2 : limites - Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils " $= 16$ A par phase)
- NF EN 61000-3-12 Avril 2012 - Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 3-12 : limites - Limites pour les courants harmoniques produits par les appareils connectés aux réseaux publics basse tension ayant un courant appelé " 16 A et " $= 75$ A par phase.

Par ailleurs, le titulaire devra émettre ses recommandations en ce qui concerne les surveillances à faire.

2.3.2. Contraintes spécifiques d'installation et environnement machine : dimensions, poids, caractéristiques générales

La machine sera implantée dans la salle « Diffraction » au 1^{er} étage du Bâtiment dans la partie occupée par l'équipe IMS sur le Campus Arts et Métiers de Cluny.

L'encombrement de l'appareil, sa facilité d'installation, la technologie de son système de refroidissement ainsi que le bruit émis lors du fonctionnement seront des critères pris en compte lors de l'évaluation.

Article 3 : DESCRIPTION DE LA PRESTATION

3.1 Description

D'un point de vue général, ce cahier des charges a été établi en vue de l'acquisition de diffractomètre devant permettre impérativement l'identification et la quantification des phases cristallines. Les différents éléments de l'appareil de mesure sont décrits ci-dessous. De plus, l'appareil se devra d'être évolutif dans le temps afin de pouvoir permettre au LaBoMaP de pouvoir s'équiper de nouvelles possibilités de mesure.

Goniomètres, optiques et source à rayons X, formation :

- Goniomètre (mécanique) :
 - Goniomètre pour mesure en géométrie Bragg Brentano
 - Goniomètre θ/θ pour conserver l'échantillon horizontal au cours de la mesure.
 - Plage de mesure angulaire la plus grande possible couvrant au minimum la plage 0° - 130°
 - Préciser le mode de calibration du goniomètre
- Optiques rayons X :
 - Fentes pour mesure en mode Bragg Brentano. Idéalement, les fentes seront motorisées afin de conserver une taille de faisceau constante sur l'échantillon
 - Jeux de fentes de Soller à fournir permettant une mesure optimisant soit l'intensité du signal reçu, soit la résolution du signal. Préciser le type de fente de Soller inclus
 - L'appareil devra permettre un changement aisé des optiques de mesure c'est-à-dire sans réaligement manuel des dispositifs
- Source :
 - Générateur de rayon inclut dans le bâti de l'appareil
 - Source de rayon X : Cobalt. La durée de vie estimée de la source devra être précisée
 - Pilotage automatique de la source de rayon X par logiciel
 - Tension d'alimentation maximale de la source de 30KV (inférieure ou égale)

- Puissance maximale de la source voulue avec la contrainte de haute tension (point précédent)
- Puissance et valeur maximum de l'intensité à préciser par les fournisseurs
- La capacité à faire évoluer la source, notamment en pouvant changer le type de source de rayon X (Cuivre par exemple)
- Platines de mesure :
 - Platine avec rotation de l'échantillon pour mesure de poudres et de petits échantillons massifs
 - Platine pour mesure d'échantillons massifs encombrants de dimensions non standard. Encombrement minimum des échantillons : 60 mm (Longueur), 50mm (largeur) et 30mm (hauteur)
 - L'appareil devra permettre un changement aisé des platines de mesure c'est-à-dire sans réalignement manuel des dispositifs
- Sécurité :
 - Enceinte de protection intégrale et accès aisé au porte-échantillon garantissant une mise en place facile des échantillons
 - Possibilité de voir l'échantillon mesuré en cours d'analyse
 - L'offre précisera les dispositifs permettant d'assurer le fonctionnement du système en toute sécurité tels que le rangement de l'ensemble des optiques, accessoires... Idéalement dans la cabine de protection
- Formation
 - Le titulaire donnera les détails sur les formations dispensées pour les personnels techniques concernés (8 personnes) sur les matériels ou logiciels proposés.

Détection des rayons X

Les détecteurs devront être intégrés au goniomètre. L'offre précisera :

- Types de détecteur et le mode 0D, 1D (nombre de canaux) et 2D (nombre de pixels). Un ou plusieurs détecteurs possibles et plusieurs modes possibles par détecteur ;
- Limitation de la fluorescence émise par les échantillons : l'offre indiquera les performances et la technologie utilisée ;
- Fourniture d'échantillons de référence permettant la calibration des détecteurs et du goniomètre.
- Préciser le mode de protection du détecteur en cas d'exposition au faisceau en direct. Idéalement, une non-détérioration du détecteur par exposition au faisceau direct est souhaitée

Logiciels, interface homme-machine (IHM) :

Le ou les logiciel(s) devront s'intégrer dans l'ensemble goniomètre/détection avec 2 fonctions principales :

Logiciels de commande, de supervision, etc. du goniomètre afin de :

- Permettre le pilotage de l'appareil afin de réaliser une analyse
- Permettre si possible le réalignement automatique des platines et accessoires
- Permettre la calibration des équipements (détecteurs, axes, ...) si cela est nécessaire.
- Logiciels spécifiques de traitement de données :

- Pour l'analyse de phases et la détermination des phases cristallines
- Base de données incluse pour l'analyse de phases et la détermination des phases cristallines : préciser la base de données fournie.

Ces logiciels devront être en Français dans la mesure du possible ou en Anglais. Le titulaire devra également spécifier les conditions de mise à jour de ces logiciels, ainsi que les tarifs.

Le titulaire devra indiquer les spécifications matériels et l'environnement requis pour l'utilisation de ces logiciels sur les ordinateurs des Arts et Métiers et les contraintes de raccordement de la machine au réseau informatique.

L'ensemble des logiciels devront être accessible au travers d'une prise en main du bureau à distance. Les logiciels d'analyses (phases, texture, etc.) devront pouvoir être installés et utilisés sur 10 postes de travail en plus du poste attaché au goniomètre.

L'offre précisera :

- Les formats de fichiers qui peuvent être lus et écrits par l'équipement et leur degré de compatibilité avec les autres systèmes DRX ;
- Le coût des éventuels modules logiciels optionnels ;
- La fréquence et le coût des mises à jour logicielles.

Le titulaire devra indiquer les contraintes de raccordement de la machine au réseau informatique.

Options souhaitées :

Plusieurs options non nécessaires à l'appareil peuvent être intégrées à l'offre sont décrites ci-dessous. La réponse devra préciser si une ou plusieurs des options sont incluses dans la fourniture de l'appareil et décrire le fonctionnement technique des solutions apportées.

Liste des options souhaitées :

- Tous dispositifs permettant une amélioration de la mesure de type couteaux d'obstruction du faisceau, fente de Soller, optiques, détecteurs... (PSE 1)
- Platine pour mesures en incidence rasante, notamment dans le cas de couches minces obtenues par dépôt. Un réglage précis de la surface d'analyse serait apprécié pour optimiser les mesures sur couches minces (méthode de réglage à préciser). (PSE2)
- Logiciel ou option logiciel permettant la quantification automatique de l'austénite résiduelle à faible teneur (entre 1 et 3%), notamment sur des échantillons massifs cimentés. (PSE 3)
- Dispositif permettant la mesure de texture et de contraintes résiduelles sur échantillon : logiciel, platine... (PSE 4)

3.2 Contenu de l'offre

La réponse devra comporter les éléments suivants :

- La documentation technique en Français et en Anglais sur l'équipement proposé ;
- Les informations en lien avec les contraintes du présent document en particulier taille de l'équipement proposé, masse, alimentation électrique, air comprimé gaz, fluide de refroidissement ;

3.2.1 Énergie / Fluides / Raccordements

L'équipement devra être raccordé électriquement au réseau existant au laboratoire. Concernant le

refroidissement il devra pouvoir fonctionner avec le réseau interne existant du laboratoire LaBoMaP, avec une mise à jour de celui-ci effectué par le titulaire le cas échéant.

L'offre précisera :

- L'ensemble des formes d'énergie nécessaires au fonctionnement de l'équipement. Pour chaque forme d'énergie, les caractéristiques précises nécessaires au fonctionnement de l'équipement seront détaillées (puissance, pression, débits, ...) ;
- L'ensemble des raccordements nécessaires et leurs caractéristiques (branchements électriques, branchements réseaux, ...) ;
- Les besoins d'arrivées d'énergies et raccordements localisés sur un plan détaillé ;
- Les besoins en climatisation du local.

3.2.2 Consommables

Le titulaire devra fournir, en complément de son offre, un bordereau précisant la nature des consommables associés au matériel proposé (pièces d'usure, fréquences de remplacement recommandées), ainsi que les modalités de leur approvisionnement (prix unitaires indicatifs, etc.).

Les candidats préciseront également les modalités d'assistance technique, notamment les plages horaires d'ouverture du service après-vente et les modalités d'accès à l'assistance téléphonique.

3.3 Fourniture et intégration

Pour les matériels proposés, le titulaire fournira les caractéristiques techniques suivantes :

- La consommation des fluides et la qualité requise ;
- La consommation électrique ;
- L'espace requis par l'équipement.

Le titulaire fournira :

- Une documentation technique précisant les conditions et le mode d'installation de la machine ;
- Un mode opératoire, qui explique en détail le processus d'analyse d'une pièce.

Le titulaire prendra la responsabilité de tous les aspects de l'installation tout en s'appuyant sur l'assistance logistique fournie par les Arts et Métiers.

Le titulaire assurera une livraison des équipements « clé en main ». Il devra fournir également tous les accessoires nécessaires à l'installation. Il assurera la maintenance sur tous les matériels utilisés répondant aux spécifications d'exploitation.

Le titulaire s'engage à faire évoluer les configurations matérielles et logicielles à la demande des Arts et Métiers et conformément à ses spécifications. L'ensemble du matériel mis en œuvre sera la propriété des Arts et Métiers

Le titulaire est réputé fournir, après son intervention, une installation complète et en état de fonctionnement. En aucun cas, il ne pourra faire état d'une omission ou d'une mauvaise interprétation du dossier pour refuser la fourniture ou l'exécution de tout ou partie des prestations au complet achèvement et à la parfaite utilisation de l'appareil.

Article 4. SPECIFICATIONS SÉCURITÉ / HYGIÈNE / ENVIRONNEMENT

4.1. Conformité et références aux normes

Le titulaire devra impérativement fournir à Arts et Métiers une déclaration CE de conformité de l'équipement. Ce dernier devra respecter les normes françaises (NF) en vigueur relative à la sécurité générale et à l'équipement électrique de la machine. Toutes autres normes en vigueur relatives au type d'équipement fourni devront être respectées.

Le titulaire devra préciser la nature des nuisances générées par la machine : niveaux sonores émis, émission de polluants (rayons X, COV, poussières, odeurs, déchets ...), champs magnétiques ou électromagnétiques, vibrations...Les documents relatifs à ces nuisances seront fournis à Arts et Métiers en amont de l'installation. Le titulaire indiquera par écrit les mesures de préventions complémentaires à mettre en œuvre pour une utilisation satisfaisante de son équipement de travail. Des conceptions basées sur des protections collectives seront privilégiées. Le titulaire devra également fournir les procédures d'utilisation de l'équipement installé.

La machine devra impérativement être dotée d'un système d'arrêt d'urgence et d'un moyen de coupure permettant sa condamnation électrique.

L'affichage des messages d'erreur relatifs à la sécurité devra être clair et en français ou en anglais.

Il sera précisé le niveau de conformité de l'équipement par rapport à l'ensemble des dispositions de la directive machines et à ses amendements en vigueur, ainsi qu'aux directives européennes, aux normes harmonisées ainsi qu'aux normes et spécifications techniques européennes et nationales également en vigueur.

4.2. Installation en conditions d'intervention du fournisseur

L'installation, la mise en service, ainsi que les interventions ultérieures effectuées seront réalisées dans le respect des procédures définies dans le décret en vigueur, relatif aux travaux effectués dans un établissement par une entreprise extérieure.

D'autre part, les règles de sécurité propres aux Arts et Métiers s'appliquent aux personnels qui seront amenés à y intervenir. Un plan de prévention établi par Arts et Métiers sera fourni à l'entreprise. Un protocole de chargement/déchargement sera établi conjointement entre Arts et Métiers et l'entreprise chargé de la livraison de l'équipement.