



MARCHES PUBLICS DE FOURNITURES COURANTES ET SERVICES

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARTS ET METIERS

CAMPUS DE CLUNY

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES (CCTP)

**ACQUISITION D'UN SYSTEME LASER DE CARACTERISATION
GEOMETRIQUE DE MMTs ET MACHINES-OUTILS**

Table des matières



.....	1
Article 1 : OBJET DU CONTRAT.....	3
Article 2 : DESCRIPTION DE LA SOLUTION SOUHAITEE	3
2.1 Généralités	3
2.2 Prestations	3
2.3 Les contraintes	4
2.3.1. Contraintes sécuritaires	4
2.3.2. Contraintes environnementales	4
Article 3 : DESCRIPTION DE LA PRESTATION	4
3.1 Description	4
3.1.1 Spécifications techniques du système laser	4
3.1.1 Spécifications techniques logicielles	5
3.1.2 Installation et formation	5
3.1.3 Eléments supplémentaires optionnels	6
3.1.4 Garantie	6
3.1.5 Livraison et mise en œuvre	6

Article 1 : OBJET DU CONTRAT

Le présent marché a pour objet l'acquisition d'un système laser de caractérisation géométrique permettant :

- D'identifier les erreurs géométriques d'une machine à mesurer tridimensionnelle (MMT) ou machine-outil à commande numérique (MOCN) 3 axes. Le nombre d'erreurs à identifier est de 21 erreurs dans le cas d'un modèle complet. Une considération optionnelle de modèles moins complets serait bienvenue selon le cas d'usage.
- D'identifier les défauts géométriques sur une MMT ou MOCN dotée d'un ou plusieurs axes de rotations (sur la chaîne cinématique portant la pièce ou celle portant l'outil).
- D'assurer une interopérabilité conforme aux exigences de l'Industrie 4.0 (i.e. en étant connectable aux machines et en assurant une interopérabilité).

Le système devra s'adapter à l'ensemble du parc machine du campus et répondre aussi aux exigences de machines grands et très grands volumes de certains partenaires industriels (i.e. quelques dizaines de mètres cubes ou de l'ordre de la centaine de mètres cubes).

Le fournisseur assurera la formation complète à la prise en main du système laser, au logiciel de pilotage et à la mise en œuvre sur machine.

Article 2 : DESCRIPTION DE LA SOLUTION SOUHAITEE

2.1 Généralités

La solution souhaitée s'inscrit dans le cadre des activités de recherche partenariale en usinage et métrologie au sein de la plateforme d'usinage de haute exactitude du campus EMSAN de Cluny. Ce dernier souhaite acquérir un système laser de caractérisation de machine à mesurer tridimensionnelle ou machines-outils multiaxes. Le dispositif sera utilisé pour obtenir des résultats de mesure qui seront considérés comme une référence. L'objectif terminal est la correction des machines ainsi que suivre périodiquement leurs évolutions. Par ailleurs, le système sera un référentiel permettant de comparer des méthodologies développées à la méthodologie employée. Ainsi, le système qui devra être traçable (i.e. raccordée à la définition du mètre SI). Finalement, ce système pourra aussi être utilisé dans le cadre de prestations avec certains de nos partenaires industriels.

N.B. Le campus pourra aussi proposer au fournisseur de jouer du système dans le cadre de formations avec soit des collaborateurs du fournisseur ou d'éventuels prospects en mettant à disposition le système laser ainsi qu'une machine et un personnel qualifié afin de réaliser une ou plusieurs démonstrations. Le tout serait encadré par un contrat de partenariat à mettre en place le cas échéant.

2.2 Prestations

Est à la charge de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers :

- ✓ la préparation avant installation suivant les recommandations du fournisseur
- ✓ le raccordement électrique (si besoin)
- ✓ le raccordement au réseau d'air comprimé également (si besoin)

Est à la charge du fournisseur :

- ✓ la livraison
- ✓ la formation

Le fournisseur devra se conformer au protocole de l'ENSAM.

2.3 Les contraintes

2.3.1. Contraintes sécuritaires

L'équipement devra être conforme aux normes et règlements en vigueur en France. Le fournisseur a l'obligation de respecter les règles techniques de conception prévues par le Code du travail et des exigences essentielles de santé et de sécurité.

2.3.2. Contraintes environnementales

L'équipement sera utilisé dans un environnement d'atelier ou de laboratoire de métrologie « standard » dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Température : 15 °C / 35 °C en atelier,
- Température : 19 °C / 21 °C en laboratoire de métrologie,
- Hygrométrie non contrôlée en atelier,
- Hygrométrie contrôlée en laboratoire de métrologie.

L'environnement de travail comprend la présence de fluides de coupe et d'éventuels copeaux.

Article 3 : DESCRIPTION DE LA PRESTATION

3.1 Description

Le système laser pourra selon la méthodologie proposée soit réaliser :

- La mesure directe des erreurs de mouvements d'axes linéaires/rotatifs ainsi que des erreurs d'emplacements et orientations de lignes droites de références des axes de translations et lignes moyennes d'axes de rotations.

Soit

- La mesure indirecte de longueurs interférométriques sans recours à d'autres informations angulaires et procéder par approche volumétrique à l'identification des erreurs de mouvements d'axes linéaires/rotatifs ainsi que des erreurs d'emplacements et orientations de lignes droites de références des axes linéaires et lignes moyennes d'axes rotatifs.

3.1.1 Spécifications techniques du système laser

Le fournisseur devra fournir :

- Un système de mesure complet ;
- Une unité électronique source laser de classe 2 maximum permettre son utilisation sans port de protections oculaires nécessaires ;
- Les certificats d'étalonnages ;
- Une éventuelle unité de contrôle de l'unité laser ;
- Des capteurs de température de l'air, de pression de l'air, capteur d'humidité de l'air et des certificats d'étalonnages associés. Cela permettant de corriger la source laser par la théorie de Edlén. Ladite correction sera assurée par le fournisseur ;
- L'ensemble des optiques nécessaires au fonctionnement complet du système laser. La portée pourra s'étendre de 0,2 m jusqu'à 5 et 15 m. Le fournisseur s'engage à fournir des éléments permettant leur positionnement dans différentes configurations sur le coulant de broche ou coulisseau respectivement de machines-outils ou de MMT ;
- L'équipement de transport étanche à l'eau et à la poussière. L'option d'équipements roulants sera appréciée ;
- Des équipements permettant la mise en position et orientation en machine de l'unité laser ;
- Un trépied si l'unité laser doit être installée hors d'une machine. Il devra être rigide et thermiquement stable et doté d'un équipement de transport. Cette éventualité de

- recours à un trépied serait envisagée que si la boucle métrologique incluant l'unité laser ne peut être confinée à l'environnement interne de la machine ou si l'espace de travail de la machine est très grand (plusieurs dizaines de mètres cubes) ;
- Un système assurant une incertitude de mesure élargie ($k = 2$) à minima de $0,5 \mu\text{m} + 0,5 \mu\text{m/m}$;

3.1.1 Spécifications techniques logicielles

Le ou les logiciels devront permettre :

- Le traitement des données issues du système laser lors de la caractérisation des machines cartésiennes à 3 axes (i.e. machine à mesurer tridimensionnelle, centre de fraisage 3 axes), et pour les machines-outils 5 axes (3 axes linéaires et 2 axes rotatifs) ;
- La génération des trajectoires en hors ligne et des codes CN normalisés ;
- La détermination de haute exactitude des erreurs de mouvements d'axes linéaires/rotatifs ou des erreurs d'emplacements et orientations de lignes droites de références des axes linéaires et lignes moyennes d'axes rotatifs selon l'ISO 230 et l'ISO 10360 ;
- L'adaptation flexible à différents types et tailles de machines
- La détermination de l'incertitude des paramètres d'erreurs individuels par calculs d'incertitudes par loi de propagations des incertitudes selon le GUM ou par méthode de Monte Carlo selon le Supplément 1 au GUM ;
- La commande en ligne de la mesure sur la machine étudiée via un interfaçage possible (par ex. Siemens, Heidenhain, Hexagon, I++) ;
- L'information immédiate sur la répétabilité de la machine pendant la mesure et cela dans les deux sens de mouvement selon l'ISO 230 et 10360 ;
- L'évaluation automatique des mesures et affichage graphique ;
- La génération de rapports de contrôle ;
- La génération de données de corrections/compensations conventionnelles ou volumétriques pour contrôleur Siemens 840D et One (tables de compensation, VCS, paramètres CN), Heidenhain iTNC530, iTNC640 et TNC7 (paramètres KinematicsComp, tables de compensation, paramètres CN). Génération des corrections en format standard souhaité ;
- L'acquisition des coordonnées 3D par approche volumétrique pure de manière séquentielle ou en temps réel ;
- Le diagnostic suivant les lignes droites dans le volume de travail selon la norme ISO 10360-2 ou ISO 230-6. Le diagnostic permettra d'identifier des évolutions de la géométrie en un minimum de temps (moins d'une heure) ;
- La mise en exergue de phénomènes de dynamique de la machine

3.1.2 Installation et formation

- Une formation dispensée par le fournisseur est attendu pour assurer la mise en service ainsi que la montée en connaissance et en compétence sur le système
- Le fournisseur précisera, dans l'offre de prix, le montant d'une formation complète à l'utilisation du système et du logiciel ainsi que le nombre de jours de formation nécessaire
- La formation devra être dispensée sur le campus ENSAM de Cluny

3.1.3 Eléments supplémentaires optionnels

- Sonde de température permettant la prise en compte de la dilatation de la machine durant la mesure. L'interfaçage matériel et logiciel serait inclus. Cette option serait appréciée.

3.1.4 Garantie

- Permettre une assistance du fournisseur, aussi bien téléphonique que par visioconférence
- Le système doit être garanti 1 an minimum, pièces et main d'œuvre. Une extension de garantie serait appréciée.
- Le logiciel doit être garanti 2 ans. Une extension de garantie serait appréciée.

3.1.5 Livraison et mise en œuvre

- Le système devra être livré par un transporteur compétent et choisi par le fournisseur.
- L'ensemble de la documentation technique du système laser et du logiciel devra être fournie en version imprimée et en version numérique.
- La livraison, la mise en service et la facturation de la machine devront être réalisées avant le 01 septembre 2026