



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE MECANIQUE ET D'AEROTECHNIQUE

Marché Public de Fourniture

Achat d'une machine d'essais de fatigue à vérin électromécanique (de capacité 100 kN)

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES (CCTP N°E25-02F)

Mars 2025

Affaire suivie par Mme Florence HAMON et M Denis BERTHEAU

Institut P' - UPR CNRS 3346

Département Physique et Mécanique des Matériaux

Équipe ENDO (Endommagement et durabilité)

Identité de l'acheteur

Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique (ISAE-ENSMA)

Téléport 2 - 1, avenue Clément Ader - BP 40109

F86961 FUTUROSCOPE CHASSENEUIL Cedex

Mail : marches@isae-ensma.fr

Tél : 05 49 49 80 80

Ce document comporte 8 pages

Sommaire

1. Généralités	3
1.1. Contexte du marché.....	3
1.2. Objet du marché	3
1.3. Réglementations et normes.....	3
1.4. Garantie/Support technique/SAV.....	3
1.5. Documents techniques à fournir	4
1.6. Limites de prestation.....	4
2. Spécifications techniques	5
2.1. Description générale	5
2.2. Bâti machine	5
2.3. Vérin	5
2.4. Cellule de force	5
2.5. Système d'alignement	5
2.6. Commande et pilotage.....	6
2.7. Modes de pilotage	7
2.8. Logiciels	7
3. Installation.....	7
4. Formation	7
5. Tests de validation.....	7
6. Durée du marché	8
7. Visite préalable	8

1. Généralités

1.1. Contexte du marché

L'équipe Endommagement et Durabilité « ENDO » du Département de Physique et Mécanique des Matériaux « PMM » de l'Institut Pprime (UPR CNRS 3346) souhaite s'équiper d'une machine d'essais mécaniques de fatigue uni-axiale à vérin électromécanique qui évoluera ultérieurement avec un système de chauffage et un système d'extensométrie en lien avec les besoins scientifiques.

Cet ensemble permettra de conduire des essais de fatigue oligocyclique, des essais de traction, relaxation et fluage dans une gamme allant de la température ambiante jusqu'à plus de 1000°C.

Les échantillons seront sollicités cycliquement ou quasi-statiquement pour réaliser des essais sous chargement de traction/compression en contrôle de position, de force ou de déformation.

Compte tenu des dimensions et des caractéristiques mécaniques des matériaux étudiés, la capacité dynamique en charge axiale devra être à minima de +/- 100kN et la capacité de déplacement du vérin de + /- 50 mm.

1.2. Objet du marché

L'objet du présent marché porte donc sur **l'achat d'une machine d'essais de fatigue à vérin électromécanique (de capacité 100 kN)** qui sera installée dans les locaux de l'ISAE-ENSMA.

1.3. Réglementations et normes

L'installation et le matériel mis en place devront être conformes aux règles et normes en vigueur (CE).

1.4. Garantie/Support technique/SAV

La machine d'essais devra être garantie au minimum **2 ans** pièces, main d'œuvre et déplacement.

Indépendamment de cette garantie contractuelle demandée, le titulaire reste lié par ses obligations tenant à la garantie légale de conformité et à la garantie des vices cachés (cf. art. 7 du CCAP).

Il est demandé aux candidats de fournir, dans leur mémoire technique, une fiche descriptive détaillée de la garantie (incluant le dispositif de support technique et SAV) sur lequel ils s'engagent sur :

- Les modalités d'accès au SAV ;
- Le délai de réponse et d'intervention ;
- La durée de disponibilité des pièces détachées.

1.5. Documents techniques à fournir

1.5.1 Lors de la réponse à la consultation

L'entreprise fournira, aux formats papier et/ou numériques (pdf) l'ensemble des plans cotés du bâti de la machine d'essais ainsi que les plans cotés et tolérancés de la tête de vérin, de la cellule de force, de la traverse haute et des points de fixation s'ils existent.

1.5.2 À la livraison

L'entreprise fournira, aux formats papier et numérique (pdf), un dossier technique comprenant :

- Les notices techniques et les manuels d'utilisation de l'ensemble des équipements installés ;
- L'ensemble des documentations des logiciels informatiques ;
- Les plans de l'ensemble des éléments fournis (Bâti machine, tête de vérin, cellule de force, ...) ;
- Une notice d'entretien et de maintenance des installations.

1.6. Limites de prestation

Dans les prestations, sont à inclure par le titulaire :

- **La livraison, l'installation et la mise en service** de l'ensemble des éléments achetés, dans les locaux affectés à cet effet par le laboratoire :

ISAE-ENSMA
Bâtiment C - RdC
1 Avenue Clément ADER
86360 Chasseneuil-Du-Poitou Cedex

- Compte tenu de la spécificité et configuration des lieux, il est demandé au titulaire, dans la mesure du possible, que la livraison et le positionnement soient sous-traités à une société de manutention locale (suggestion : société Acoleva Poitiers qui intervient dans les locaux régulièrement).
- La fourniture et l'installation du poste informatique ainsi que des logiciels informatiques de pilotage associés.

2. Spécifications techniques

2.1. Description générale

La machine d'essais mécaniques devra permettre de réaliser une large gamme d'essais mécaniques tels que des essais de LCF pour des fréquences allant de 1Hz à $5 \cdot 10^{-5}$ Hz, des essais de fatigue dwell de type 1s-300s-1s, des essais quasi-statiques (traction / relaxation / fluage / etc.). Les sollicitations seront variées telles que rampe, trapèze, sinus, carré, triangle, mais aussi de type aléatoire généré à partir d'un fichier de points. Suivant la nature des essais, ceux-ci seront pilotés soit en contrôle de position de vérin, soit en force, soit en déformation.

2.2. Bâti machine

Bâti à 2 colonnes équipé d'une **traverse mobile à levage et serrage hydraulique intégré** permettant d'adapter la hauteur de l'espace de travail aux dimensions des échantillons et des futurs équipements et faciliter les interventions de maintenance.

Cet espace devra respecter **les dimensions minimales** suivantes :

- **Distance minimum libre entre la cellule de force équipée du système d'alignement et le vérin en position moyenne : 1100 mm.**
- **Distance minimum libre entre colonnes : 660 mm.**

2.3. Vérin

- Vérin électromécanique logé dans la traverse inférieure du bâti de la machine ;
- Capacité dynamique axiale : +/-100kN en traction/compression ;
- Course minimum de +/-50 mm ;
- Capteur de déplacement LVDT intégré au vérin ;
- Vitesse de déplacement vérin de 1µm/h mini à 300mm/min max sous charge maximale ;
- Système de guidage du vérin pour assurer l'alignement sous charge.

2.4. Cellule de force

Cellule de force d'une capacité sous sollicitation cyclique de +/-100kN, compensée en accélération.

2.5. Système d'alignement

Système de réglage de la concentricité et de la coaxialité des lignes d'amarrage sous charge de précontrainte (dit système d'alignement).

2.6. Commande et pilotage

Électronique de commande entièrement digitale avec reconnaissance et calibration automatique des différents capteurs, comportant **au minimum** :

- 8 conditionneurs dont 4 minimum permettant le pilotage (position de vérin, de force, de capteurs (Extensomètre, COD)) et 4 minimum permettant l'acquisition et le conditionnement de capteurs supplémentaires (température, déformation, mesure de potentiel, etc...) ;
- Résolution des conditionneurs : 19 bits. Minimum sur toute la gamme de mesure ;
- Résolution du générateur de consigne : 32 bits ;
- Possibilité de piloter à partir d'une consigne analogique externe (± 10 Volts) (cf. entrée analogique) ;
- Asservissement des paramètres en boucle fermée à la fréquence minimale de réactualisation de 10 kHz ;
- Transfert du pilotage par auto-équilibrage entre les canaux avec effet immédiat ou consigne prédéfinie ;
- Possibilité de changement de paramètre d'asservissement en cours d'essai ;
- Fonction de contrôle d'amplitude pour garder constante l'amplitude de sollicitation en cours d'essais cycliques afin de compenser les variations de rigidité des échantillons ;
- Fonction de calcul automatique des PID avant essai cyclique ;
- Fonction d'ajustement automatique des PID en cours d'essai cyclique ;
- Précision des mesures de force : $\pm 0,5\%$ de la valeur lue entre 0.5% et 100 % de la pleine échelle du capteur ;
- Précision des mesures de déplacement vérin : $\pm 0,5\%$ de la valeur lue entre 1% et 100 % de la pleine échelle du capteur ;
- Sorties analogiques : 8 voies (± 10 volts) programmables permettant de suivre divers paramètres d'essais ;
- Entrée analogique : 1 voie minimum permettant un pilotage externe ;
- Entrées/sorties digitales : 8 E/S digitales programmables afin de commander des équipements connexes ;
- Gestion des différents modes de sécurité (arrêt, maintien, changement de mode pilotage, etc..) sur dépassement de valeurs seuils (position, charge, déformation ou capteurs externes) ;
- Par ailleurs, l'électronique devra assurer le fonctionnement des groupes hydrauliques et les sécurités associées.

2.7. Modes de pilotage

Il est demandé que cette électronique puisse être pilotée suivant les deux modes suivants :

- **Par ordinateur.** Le logiciel de base doit permettre le réglage de la machine et la programmation d'essais simples ;
- **A partir d'un panneau de commande manuel** qui autorise tous les réglages de la machine, ainsi que la conduite d'essais simples et l'intervention en temps réel.

2.8. Logiciels

- Logiciel de base permettant la configuration et le réglage de la machine avec possibilité de réalisation d'essais simples ;
- Logiciel de programmation d'essais complexes à partir de blocs comportant des signaux prédéfinis ou issus d'enregistrement, acquisition multicritère des données d'essais sous format ASCII, changement de mode de contrôle sur seuils prédéfinis ou évènements, déclenchement ou arrêt d'équipements connexes.

3. Installation

Cet équipement sera installé dans le bâtiment C de l'ISAE-ENSMA d'une surface et d'une hauteur sous plafond de 4m desservi par un couloir. L'entreprise devra prendre en considération les contraintes d'encombrement et de géométrie imposée afin de permettre une intégration optimale de la machine d'essai.

4. Formation

L'entreprise titulaire assurera, une fois la livraison et la mise en service effectuées, une formation complète à l'utilisation de l'équipement et des logiciels, ce pour 4 personnes.

Dans le cadre de réponse, le candidat devra indiquer la durée de cette formation.

5. Tests de validation

A l'issue de la formation, il sera procédé à la réalisation de tests de validation du bon fonctionnement de l'équipement sur des éprouvettes que nous fournirons, à savoir :

- Tests de traction en pilotage vérin sur alliage métallique à vitesse de déformation de 10^{-4}s^{-1} ;
- Tests de fatigue dwell sur alliage métallique suivant le cycle 1s-60s-1s ;
- Tests LCF sur éprouvette métallique avec pilotage par extensomètre.

6. Durée du marché

La durée globale d'exécution du marché souhaitée par le laboratoire (livraison, installation, mise en service sur le site de l'ISAE-ENSMA, formation et jusqu'à la réception définitive prononcée par le pouvoir adjudicateur) **sera de maximum 30 semaines** (hors périodes de fermeture de l'ISAE-ENSMA) à compter de la notification du marché au titulaire.

L'attention des candidats est attirée sur le fait que, dans cette durée globale d'exécution, sont intégrées **6 semaines** réservées par le pouvoir adjudicateur après la mise en service et la formation, pour conduire des essais mécaniques sur la machine, les valider puis prononcer l'admission (signature du Procès-Verbal de réception définitive).

7. Visite préalable

Compte tenu de la spécificité des installations, **une visite préalable est obligatoire**. À l'issue de cette visite, une attestation de visite sera remise et devra être jointe à la proposition (cf. modalités à l'article 9 du Règlement de la consultation).

A Chasseneuil-Futuroscope, le 11/03/2025

Pour l'ISAE-ENSMA,

Le Directeur
Majdi KHOUDEIR

Acceptation du titulaire
(nom, qualité, signature et cachet commercial)