

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE MECANIQUE ET D'AEROTECHNIQUE

Marché Public de Fourniture

Modernisation des électroniques de pilotage et logiciels de machines d'essais de fatigue

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES (CCTP N°E25-06F)

Septembre 2025

Affaire suivie par M Guillaume BENOIT 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 11 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.....	4
1.5. Documents techniques à fournir	4
1.6. Limites de prestation.....	4
2. Spécifications techniques	5
2.1. Description générale	5
2.2. Machines d'essais	6
2.3. Electronique de commande et de pilotage.....	9
2.4. Modes de pilotage	9
2.5. Logiciels	10
3. Installation.....	10
4. Formation	10
5. Tests de validation.....	10
6. Durée du marché	11
7. Visite préalable	11

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 moderniser l'électronique et les logiciels de pilotage de 3 machines d'essais mécaniques de fatigue à vérin hydraulique.

1.2. Objet du marché

L'objet du présent marché porte donc sur **la modernisation des électroniques de pilotage et logiciels de machines d'essais de fatigue.**

Cette modernisation concerne 3 machines d'essais de fatigue à vérin hydraulique actuellement installées dans les locaux de l'ISAE-ENSMA.

Les 3 équipements sont les suivants :

- MTS 810 :
 - o bâti : 100kN, Modèle 810
 - o vérin : 100kN, Modèle 318.10, course +/-75mm
 - o cellule de charge : Instron 100kN Dynacell

- Instron 1271
 - o bâti : 100kN
 - o vérin : 50kN, course +/-50mm
 - o cellule de charge : Lebow 50kN

- Instron 8501
 - o bâti : 100kN, Model A1477-1001A
 - o vérin : 25kN, Model A726-75B, course +/-50mm
 - o cellule de charge : Instron 2518-101, 25kN Dynamique

ATTENTION : Les informations ci-dessus sont données à titre indicatif et devront faire l'objet d'une vérification par les candidats lors de la visite obligatoire.

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

Les équipements devront être garantis 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. article 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 et composants.

1.5. Documents techniques à fournir

1.5.1 Lors de la réponse à la consultation

L'entreprise fournira, au format numérique (pdf), l'ensemble des éléments détaillant les performances techniques des équipements proposés.

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.

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 (électronique, ordinateur, etc...) dans les locaux affectés à cet effet par le laboratoire :

ISAE-ENSMA
Bâtiment C - RdC
Téléport 2 – BP 40109
1 Avenue Clément ADER
86961 FUTUROSCOPE CHASSENEUIL CEDEX

- L'adaptation à chacune des machines, ainsi que la connexion, la configuration et la calibration des divers capteurs existants (cellule de force, LVDT, et les capteurs de mesure de déplacements (extensomètre) associés aux équipements) ;
- La fourniture et l'installation du poste informatique ainsi que des logiciels informatiques de pilotage associés à chacune des machines.

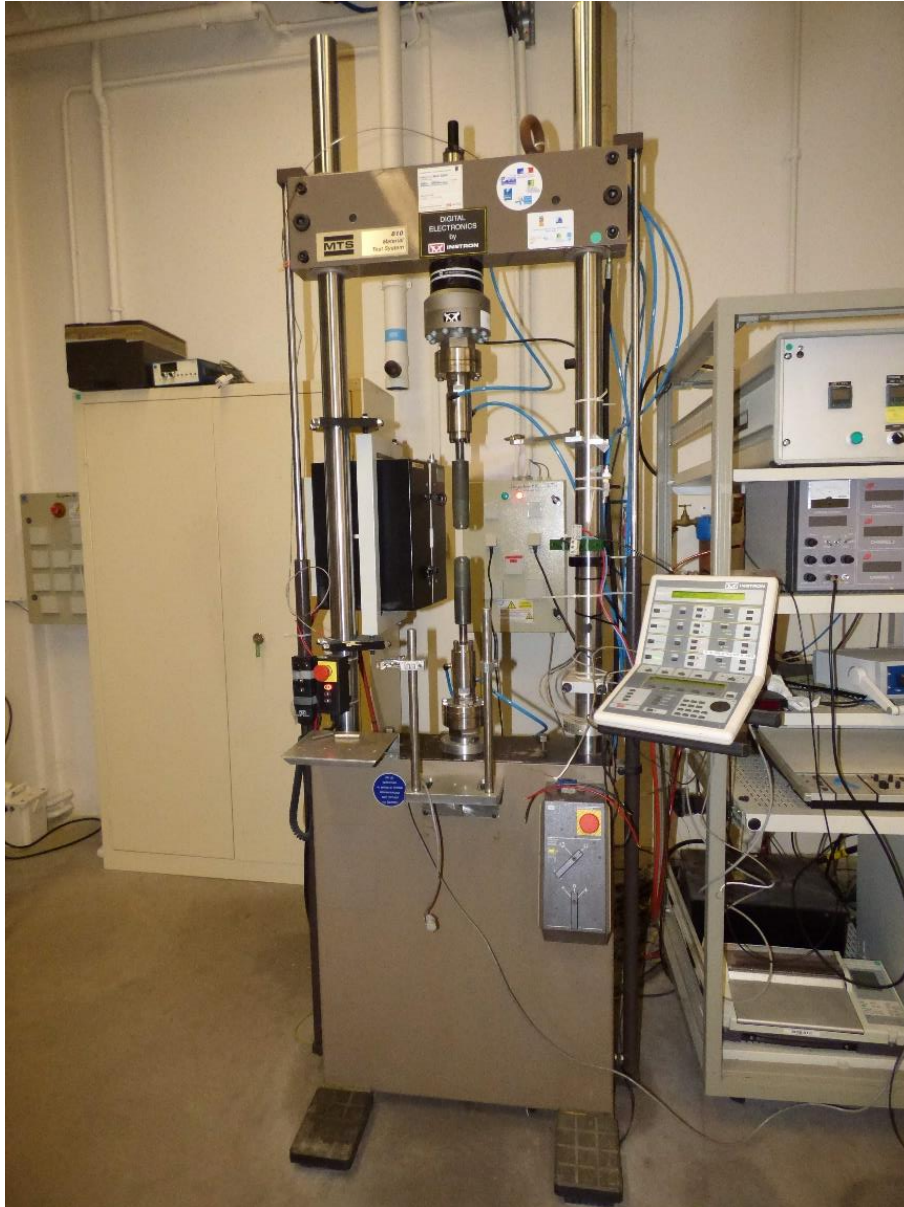
2. Spécifications techniques

2.1. Description générale

Les machines d'essais mécaniques à moderniser sont équipées de vérins hydrauliques alimentés individuellement par un groupe hydraulique haute pression. Ces machines permettent de réaliser une large gamme d'essais mécaniques principalement de fatigue, tels que des essais de fissuration, d'endurance, de fatigue avec temps de maintien, et sont équipées respectivement de fours haute température (MTS 810 et Instron 8501) et d'une enceinte sous vide avec un four haute température (Instron 1271). Suivant le type d'essai, les fréquences se situent dans la gamme allant de 40Hz à 1.10^{-5} Hz et les essais de fatigue avec temps de maintien sont de type 1s-300s-1s, 1s-120s-1s, 1s-10s-1s. Des essais quasi-statiques (traction / relaxation / fluage / etc.) sont aussi parfois réalisés avec des vitesses de déplacement de vérin pouvant descendre jusqu'à 5µm/min. Les sollicitations sont variées telles que rampe, trapèze, sinus, carré, triangle, mais aussi de type complexe, générées 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. Machines d'essais

2.2.1 MTS 810



- MTS 810 :
 - bâti : 100kN, Modèle 810
 - vérin : 100kN, MTS Modèle 318.10, course +/-75mm
 - cellule de force : Instron 100kN Dynacell

2.2.2 INSTRON 1271



- Instron 1271 :
 - o bâti : 100kN
 - o vérin : 50kN, course +/-50mm
 - o cellule de force : Lebow 50kN

2.2.3 INSTRON 8501



- Instron 8501 :
 - o bâti : 100kN, Model A1477-1001A
 - o vérin : 25kN, Model A726-75B, course +/-50mm
 - o cellule de force : Instron 2518-101 25kN Dynamique

2.3. *Electronique de commande et de pilotage*

Pour chacune des machines, l'achat porte sur une électronique de commande entièrement digitale avec reconnaissance et calibration automatique des différents capteurs, comportant **au minimum** :

- 8 conditionneurs permettant le pilotage et l'acquisition avec entre autres les paramètres de position de vérin, de force, de capteurs (Extensomètre, COD) ;
- 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) ;
- Asservissement des paramètres en boucle fermée à la fréquence minimale de réactualisation de 1 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 ;
- Sorties analogiques : 8 voies (+/- 10 volts) programmables permettant une acquisition externe des 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.

2.4. *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 notamment des changements de modes de pilotage.

2.5. 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 au format CSV, changement de mode de contrôle sur des seuils prédéfinis de valeurs mesurées ou d'évènements extérieurs, déclenchement ou arrêt d'équipements connexes. Ce logiciel devra également intégrer un module de calcul permettant par exemple de piloter en déformation plastique ou de conduire des essais de fissuration par fatigue (calcul de rigidité, calcul de la longueur de fissure par mesure de la complaisance ou par suivi de différence de potentiel, pilotage en facteur d'intensité de contrainte...).

3. Installation

L'installation inclura le démontage des électroniques actuelles qui seront conservées par le laboratoire, la connexion des nouvelles électroniques aux machines, aux groupes hydrauliques, l'adaptation aux machines d'essais, l'adaptation des différents capteurs aux électroniques, l'installation des logiciels, la calibration des capteurs et la vérification du bon fonctionnement des ensembles.

4. Formation

L'entreprise titulaire assurera, une fois la livraison et la mise en service effectuées, une formation complète à l'utilisation des nouvelles électroniques 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 $10^{-5}s^{-1}$;
- Tests de fatigue avec temps de maintien sur alliage métallique suivant le cycle 1s-60s-1s ;
- Tests de fissuration sur éprouvette métallique.

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 au maximum de 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 les machines, les valider puis prononcer l'admission (signature du Procès-Verbal de réception définitive).

7. Visite préalable

Compte tenu de la spécificité des différentes installations, et de la variété des capteurs à prendre en compte, **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 09/09/2025

Pour l'ISAE-ENSMA,

Le Directeur
Majdi KHOUDEIR

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